

УДК 621.9:62-503.56

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ КОЛЬЦЕВЫХ ШАХТНЫХ ПЕЧЕЙ

Сквирский В.Д., Мисюра С.В.

THE DEVELOPMENT OF MANAGEMENT ALGORITHMS OF FLOW-TRANSPORT SYSTEM OF ANNULAR SHAFT FURNACES

Skvirskiy V., Misyura S.

В статье приведены результаты анализа процессов работы современных кольцевых шахтных печей для обжига известняка. Сформулированы основные задачи управления. Определены уровни решения задач с разбиением агрегатов по типам и объединением агрегатов в функциональные комплексы. Предложены алгоритмы управления поточно-транспортной системой. Подтверждена работоспособность программы управления системой на базе алгоритмов.

Ключевые слова: система автоматического управления, поточно-транспортная система, алгоритм, синтез алгоритмов, siemens, step7, симуляция.

Актуальность работы. Размещение собственных производственных мощностей по обжигу природного ископаемого известняка на территории металлургического комбината существенно повышает его экономическую эффективность. Обжиг известня в кольцевых шахтных печах представляет собой консервативный технологический процесс. Поэтому повышение эффективности производства известня осуществляется за счет повышения эффективности работы инфраструктуры, обеспечивающей постоянную и бесперебойную работу печи. Одним из элементов инфраструктуры шахтных кольцевых печей является поточно-транспортная система (ПТС). Оптимальное функционирование ПТС должна обеспечивать система автоматического управления (САУ). Основопологающим фактором успешной реализации потенциала технологического оборудования и средств автоматизации САУ ПТС является разработка и реализация алгоритмов ее функционирования.

Цель работы – разработка и программная реализация алгоритмов для системы управления ПТС кольцевых шахтных печей.

Достижение поставленной цели связано с решением следующих задач:

1. Проведение анализа процессов в современных кольцевых печах обжига известняка как объекта управления.
2. Разработка алгоритмов управления поточно-транспортной системой.
3. Разработка и анализ работы программы управления с использованием на основе симуляционной модели и действующей ПТС.

Постановка задачи управления. Управление ПТС должно отвечать требованиям действующих инструкций безопасности [1], обеспечивать технологическую потребность печи в сырье, отводить готовую продукцию в проектных объемах, обеспечивать оптимальные режимы эксплуатации оборудования, минимизировать время простоев и количество аварийных ситуаций [2].

С учетом требований сформулированы следующие задачи управления:

- управление механизмами с взаимными блокировками, исключающими просып материала;
- задание оператором режимов работы в зависимости от технологических потребностей;
- автоматизированный пуск оператором всего комплекса в соответствии с заданием;
- автоматизированный останов оператором всего комплекса;
- организация обмена управляющими данными (пуск, останов трактов) между АСУ печи и ПТС;
- автоматический пуск/останов тракта по

сигналу АСУ печи;

– автоматическое распределение произведенной извести по бункерам.

Для реализации поставленных задач определены уровни их решения:

– на уровне 1 проводится разбиение агрегатов по типам, и разработка алгоритма осуществляется для каждого типа;

– на уровне 2 агрегаты объединяются в функционально и технически зависимые комплексы, выполняющие совместно поставленную задачу, и для них синтезируется комплексный алгоритм управления. На данном уровне реализуются поставленные задачи управления.

Уровень 1

Основными агрегатами ПТС являются:

- Вибропитатель;
- Конвейер;
- Грохот;
- Сбрасыватель.

Каждый тип технологических агрегатов имеет собственный набор входных параметров (табл. 1) и требует выдачи определенных управляющих воздействий. Алгоритмы управления агрегатами представляют собой линейные алгоритмы последовательного действия с циклическим выполнением (рис.1). Для агрегата типа Конвейер алгоритм представлен на рис. 2.

Таблица 1

Перечень параметров агрегата Конвейер

Вид параметра	Тип параметра	Состояние наличия сигнала
<i>Входные параметры</i>		
Автоматический выключатель включен	дискретный	1
Контроль напряжения	дискретный	1
Конвейер включен	дискретный	1
Отключение при перегрузке	дискретный	0
Скорость ленты низкая	дискретный	0
Кнопка "Пуск"	дискретный	1
Кнопка "Стоп"	дискретный	0
Кнопка "Аварийный стоп"	дискретный	0
Отключение канатным устройством 1	дискретный	0
Отключение канатным устройством 2	дискретный	0
Запрет включения	дискретный	1
Предпусковая сигнализация включена	дискретный	1
Предпусковая сигнализация. Включение	дискретный	1
Предпусковая сигнализация. Отключение	дискретный	0
Автоматический выключатель тормоза включен	дискретный	1
Показания тока двигателя	аналоговый	
<i>Выходные параметры</i>		
Включить предпусковую сигнализацию	дискретный	1
Пуск конвейера	дискретный	1

Для детализации операций алгоритма используются логические функции в базе И (^), ИЛИ (v), НЕ (!). Для проведения детализации операций введены условные обозначения, представленные в табл. 2.

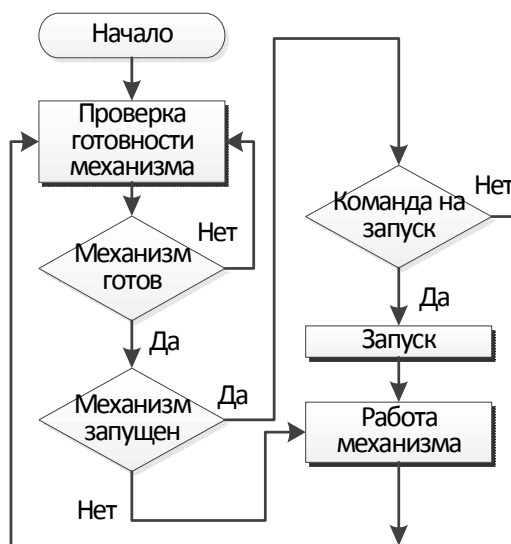


Рис. 1. Блок-схема упрощенного алгоритма управления механизмом

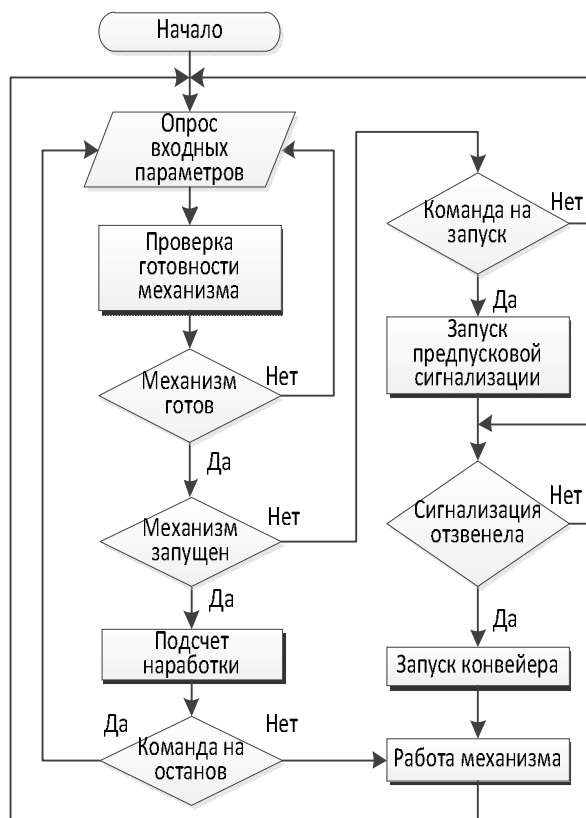


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления Конвейером

Таблиця 2

Условные обозначения параметров

Вид параметра	Условное обозначение
<i>Входные параметры</i>	
Автоматический выключатель включен	QF
Контроль напряжения	K1
Конвейер включен	KM1
Отключение при перегрузке	KK
Наличие скорости ленты	A1V
Кнопка "Стоп"	SB1_2
Кнопка "Аварийный стоп"	SBA
Отключение канатным устройством 1	SQ1
Отключение канатным устройством 2	SQ2
Запрет включения	S
Предпусковая сигнализация включена	KA
Автоматический выключатель тормоза включен	QF1
Показания тока двигателя	аналоговый
Сброс ошибок	SBROS_PC
Блокировка включения	BLOCK
<i>Выходные параметры</i>	
Включить предпусковую сигнализацию	Q_KA
Пуск конвейера	Q_KM1
Сигнал готовности	G

Логическая функция операции проверки готовности механизма имеет вид:

$$G = QF \wedge K1 \wedge !KK \wedge SB1_2 \wedge SBA \wedge !SQ1_S \wedge !SQ2_S \wedge !S \wedge !QF1 \wedge !UA_H1 \wedge !KM_NEVKL \wedge KA_NEVKL \wedge SPL$$

где

$$\begin{aligned} SQ1_S &= (SQ1 \vee SQ1_S) \wedge !SBROS_PC \\ SQ2_S &= (SQ2 \vee SQ2_S) \wedge !SBROS_PC \\ KM_NEVKL &= Q_KM1 \wedge !KM1 \vee KM_NEVKL \wedge \\ &\quad \wedge !SBROS_PC \\ KA_NEVKL &= Q_KA \wedge !KA \vee KA_NEVKL \wedge \\ &\quad \wedge !SBROS_PC \end{aligned}$$

Уровень2

Обобщенный алгоритм автоматизированного пуска тракта подачи известняка представлен на рис.3. Данный алгоритм реализует задачу автоматизированного пуска оператором всего комплекса в соответствии с заданием.

Для проведения детализации операций введены условные обозначения, представленные в табл. 3. Операция запуска тракта представляет собой систему логических уравнений:

$$\begin{aligned} KL6_P1 &= T_P \wedge G \wedge B7 \wedge !B6 \\ KL6_P2 &= T_P \wedge G \wedge B6 \wedge !B7 \\ KL5_P &= T_P \wedge G \wedge (KL6_KM1 \vee KL6_KM2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GROH_P &= T_P \wedge G \wedge KL5_KM \\ KL4_P &= T_P \wedge G \wedge GROH_KM \\ KL3_P &= T_P \wedge G \wedge KL4_KM \\ KL2_P &= T_P \wedge G \wedge KL3_KM \wedge (B1 \vee B2) \\ KL1_P &= T_P \wedge G \wedge KL2_KM \wedge B1 \\ V111_P &= T_P \wedge G \wedge B3 \wedge !KL3_KM \\ V110_P &= T_P \wedge G \wedge B2 \wedge !KL2_KM \\ V109_P &= T_P \wedge G \wedge B1 \wedge !KL1_KM \end{aligned}$$

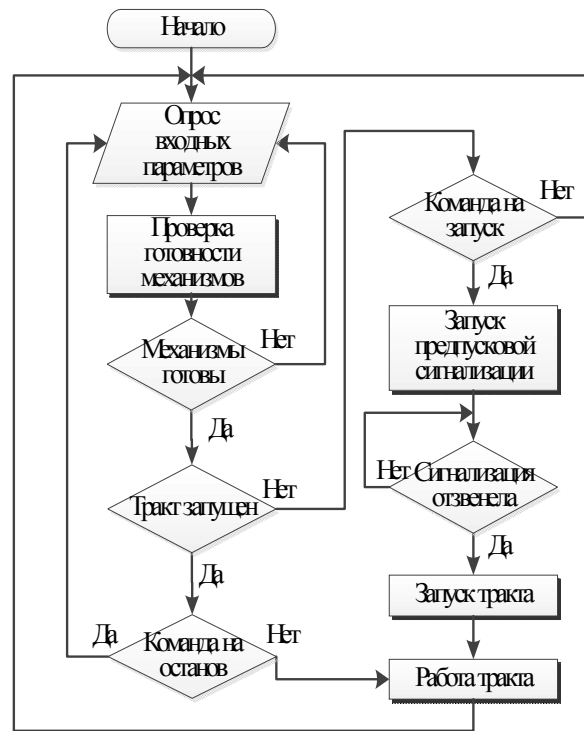


Рис. 3. Блок-схема упрощенного алгоритма управления трактом

Детализация операций с помощью логических функций максимально упрощает переход к реализации алгоритмов в программном коде. Программирование контроллера позволило реализовать поставленные задачи управления в программе управления ПТС.

В качестве аппаратной базы для управления ПТС используются контроллеры фирмы Siemens S7-300 [3]. Программа управления реализована в среде Step-7 [4], включает в себя все разработанные алгоритмы, объединенные в комплексный проект управляющий работой как отдельными агрегатами индивидуально, так и ПТС в целом в автоматическом режиме.

Для проведения тестирования программы разработана симуляционная модель объекта управления. Модель создана с применением того же подхода, что и основная программа. По завершению симуляционного тестирования программа опробована на действующем объекте управления.

Таблиця 3

Перечень параметров

Вид параметра	Тип параметра	Состояние наличия сигнала	Условное обозначение
<i>Входные параметры</i>			
Грузить в бункер Б-6	дискретный	1	B6
Грузить в бункер Б-7	дискретный	1	B7
Конвейер КЛ-1. Запущен	дискретный	1	KL1 KM
Конвейер КЛ-2. Запущен	дискретный	1	KL2 KM
Конвейер КЛ-3. Запущен	дискретный	1	KL3 KM
Конвейер КЛ-4. Запущен	дискретный	1	KL4 KM
Конвейер КЛ-5. Запущен	дискретный	1	KL5 KM
Конвейер КЛ-6. Запущен вперед	дискретный	1	KL6 KM1
Конвейер КЛ-6. Запущен назад	дискретный	1	KL6 KM2
Вибропитатель 109. Запущен	дискретный	1	V109 KM
Вибропитатель 110. Запущен	дискретный	1	V110 KM
Вибропитатель 111. Запущен	дискретный	1	V111 KM
Грохот. Запущен	дискретный	1	GROH KM
<i>Выходные параметры</i>			
Пуск по тракту	дискретный	1	T_P
Включение предупредительной сигнализации	дискретный	1	KA_P
Конвейер КЛ-1. Пуск	дискретный	1	KL1_P
Конвейер КЛ-2. Пуск	дискретный	1	KL2_P
Конвейер КЛ-3. Пуск	дискретный	1	KL3_P
Конвейер КЛ-4. Пуск	дискретный	1	KL4_P
Конвейер КЛ-5. Пуск	дискретный	1	KL5_P
Конвейер КЛ-6. Пуск вперед	дискретный	1	KL6_P1
Конвейер КЛ-6. Пуск назад	дискретный	1	KL6_P2
Вибропитатель 109. Пуск	дискретный	1	V109_P
Вибропитатель 110. Пуск	дискретный	1	V110_P
Вибропитатель 111. Пуск	дискретный	1	V111_P
Тракт включен	дискретный	1	TRUCT_VKL

Выводы. В результате получены алгоритмы в виде блок-схем для решения задачи управления отдельными агрегатами и логические функции, детализирующие операции, представленные на блок-схеме. Алгоритмы реализуют полный функционал необходимый для работы всех типов агрегатов как самостоятельных единиц и позволяют синтезировать любой агрегат в общую систему управления всем трактом. Путем синтеза получены алгоритмы, управления САУ ПТС, реализующие комплексность и целостность системы, полностью отвечающие поставленным задачам. Детализация алгоритмов с помощью логических уравнений в базе И, ИЛИ, НЕ позволила с минимальными изменениями реализовать алгоритмы в виде программы управления. В результате отладки программы на симуляционной модели и действующей ПТС определена полная работоспособность программно-реализованных алгоритмов. Таким образом, в результате исследований получено подтверждение правильности разработанных алгоритмов управления.

Литература

1. НПАОП 27.0-1.01-08. Правила охраны праці в металургійній промисловості. — 2008.
2. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы

управления. Общие требования. — 1985.

3. Simatic. Системные и стандартные функции для S7-300 и S7-400 // Справочное руководство. — Siemens AG, 2006. — Т. 1/2.
4. Бергер Ганс. Автоматизация посредством STEP 7 с использованием LAD и FBD и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300/400. — Siemens AG, 2001.

References

1. NPAOP 27.0-1.01-08. Pravila ohoroni praci v metalurgijnij promislovosti. — 2008.
2. GOST 24.104-85. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija. Obshhie trebovanija. — 1985.
3. Simatic. Sistemnye i standartnye funkcii dlja S7-300 i S7-400 // Spravochnoe rukovodstvo. — Siemens AG, 2006. — Т. 1/2.
4. Berger Gans. Avtomatizacija posredstvom STEP 7 s ispol'zovaniem LAD i FBD i programiruemih kontrollerov SIMATIC S7-300/400. — Siemens AG, 2001.

Сквірський В. Д., Місюра С. В. Розробка алгоритмів керування потоково-транспортною системою кільцевих шахтних печей

У статті приведені результати аналізу процесів роботи сучасних кільцевих шахтних печей для випалення вапняку. Сформульовані основні завдання управління. Визначені рівні рішення завдань з розвитком агрегатів по

типах і об'єднанням агрегатів у функціональні комплекси. Запропоновані алгоритми керування потоково-транспортною системою. Підтверджена працездатність програми управління системою на базі алгоритмів.

Ключові слова: система автоматичного керування, потоково-транспортна система, алгоритм, синтез алгоритмів, siemens, step7, симуляція.

Skvirskiy V., Misyura S. The development of management algorithms of flow-transport system of annular shaft furnaces

Article includes the results of workflow analysis for the modern annular shaft furnaces for lime burning. Basic management goals were formulated. There was defined the levels of solving problems with aggregates division by type and combining the aggregates into functional complexes. Detailing of transactions was carried out with the help of logical functions, which greatly simplifies the transition to the implementation of algorithms in software code. The programming of controller allowed to implement the assigned management tasks in the program of controlling the system of traffic flows. The algorithms of controlling the system of traffic flows were proposed. Was confirmed the efficiency of the system control program based on algorithms.

Keywords: automatic control system, thread-transport system, algorithm, algorithms synthesis, siemens, step7, simulation

Сквірський Віктор Давидович – к.т.н., доцент, зав.каф. теоретичної і прикладної інформатики Луганського національного університету імені Тараса Шевченка.

Місюра Станіслав Валерійович – провідний інженер АСУ ТП Центральної лабораторії автоматизації і механізації ПАО «Алчевський металургійний комбінат»

Рецензент: **Коробецький Ю.П.**, д.т.н., професор кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій СХУ ім. В.Даля

Стаття подана 12.04.2013