СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ УСТРОЙСТВ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Иванушкин Виктор Андреевич,

доцент, кандидат технических наук, Нижнетагильский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижний Тагил, e-mail: atps_nt@mail.ru

Исаков Дмитрий Викторович,

заведующий кафедрой, кандидат технических наук, Нижнетагильский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижний Тагил, e-mail: Isakov-DV@ntiustu.ru

Миронов Станислав Евгеньевич,

доцент, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: stival@yandex.ru

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE DESIGN OF LOGICAL CONTROLS CYCLIC PROCESSES

Ivanushkin Viktor Andreevich,

Docent, Ph.D., Nizhny Tagil technological Institute (branch) Ural Federal University, Nizhny Tagil, e-mail: atps_nt@mail.ru

Isakov Dmitry Viktorovich,

Head of the Department, Ph.D., Nizhny Tagil technological Institute (branch) Ural Federal University, Nizhny Tagil, e-mail: Isakov-DV@ntiustu.ru

Mironov Stanislav Evgenjevich,

Docent, Ph.D., Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin», Ekaterinburg, e-mail: stival@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены основные этапы системного подхода к проектированию устройств логического управления циклическими процессами.

Abstract. The basic steps of a systematic approach to the design of logical controls cyclic processes.

Ключевые слова. Устройство логического управления, управляющий автомат, системный подход, программируемый логический контроллер, операционный автомат, граф-модель.

Key words. The device control logic, managing machine, system approach, programmable logic controller, the operating state machine, graph model.

Применение в системах управления циклическими процессами программируемых логических контроллеров (ПЛК) существенно уменьшает объем проектно-конструкторских работ, связанных с созданием устройств логического управления (управляющих автоматов - УА). Кроме того, одним из важнейших преимуществ использования ПЛК является возможность выполнения работ по составлению алгоритмов и программированию параллельно и независимо от процесса изготовления системы управления в целом, что сокращает сроки ее внедрения.

В то же время необходимо отметить, что наиболее трудоемким и длительным этапом (стадией) выполнения проектов УА является разработка принципиальных алгоритмических схем (алгоритмов управления и функциональной диагностики), создание которых в подавляющем большинстве своем ведется интуитивными (несистемными) методами и требует специалистов высочайшей квалификации (каковых

единицы) с многолетним практическим опытом решения подобных задач. Более того, интуитивный подход неизбежно порождает многообразие схемных решений, что приводит к усложнению технического обслуживания, увеличению затрат на эксплуатацию и обучение персонала.

Практический инженерный опыт создания и внедрения УА циклическими процессами на базе ПЛК показывает целесообразность использования системного подхода к проектированию и формальных методов синтеза алгоритмов управления и диагностики, существенно снижающих сроки проектно-конструкторских работ. Рассматриваемый в статье системный подход базируется на применении граф-моделей управления и функциональной диагностики.

В общем случае разработка систем управления циклическим процессом предусматривает проектирование УА и объекта управления (операционного автомата - ОА). Создание последнего, в свою очередь, предполагает выбор и установку исполнительных механизмов и датчиков (т.е. определение информационного обеспечения УА), а также разбиение объекта на подобъекты и описание условий работы каждого подобъекта в заданном циклическом процессе с учетом взаимных связей между подобъектами и режимов управления.

Проектирование УА обычно включает следующие этапы: формулирование условий работы, функциональный синтез общей структуры (или иначе - крупноблочный синтез композиционного УА), декомпозиция подавтоматов общей структуры, выбор способа задания и абстрактный синтез элементарных автоматов, а также контрольный анализ синтезированных алгоритмов управления.

Рекомендуемая последовательность системного подхода к проектированию УА следующая:

1. *Формулирование условий* работы, предусматривающее определение функций УА, требуемых режимов управления ОА, а также необходимых реакций на нерегулярные ситуации (аварийный останов, технологический останов, стоп операции, стоп цикла и т.п.).

2. *Функциональный синтез* общей структуры. На этом этапе общая структура УА представляется в виде композиционного автомата [1], построенного из других автоматов (подавтоматов) с отражением их связей и функционального назначения.

3. *Декомпозиция* подавтоматов общей структуры - разложение подавтоматов общей структуры в композицию более простых (элементарных) автоматов, имеющих меньше количество внутренних состояний, а также входных и выходных переменных.

4. *Выбор способа задания* элементарных автоматов часто зависит от субъективных причин. Способ задания должен быть простым и наглядным, давать возможность одновременного решения двух задач – управление циклическим процессом и диагностический контроль последовательностей выполнения технологических операций исполнительными механизмами объекта. Наиболее полно этим требованиям отвечают граф-модели переходов автомата [2]. Графический способ задания нагляден и поэтому является, по нашему мнению, наиболее целесообразным. При этом представление операций управления и контроля их исполнения желательно в виде ориентированного нагруженного графа (графа управления и диагностического контроля). В такой граф-модели операции управления сопоставляются с вершинами графа (состояниями управления), а контроль исполнения операций с переходами от одной операции управления к другой, причем стрелка на переходе (ребре) указывает последовательность перехода от операции (операций) к операции (операциям). Координирующие сигналы (с верхним и подчиненным нижним уровнями) и управляющие воздействия на исполнительные механизмы своего уровня записываются над

вершинами графа (в том числе на счетчики, таймеры и т.п.). На ребрах граф-модели указываются логические условия перехода от операции (операций) к операции (операциям). Исходному состоянию граф-модели соответствует начальная вершина, соответствующая ее режиму ожидания, иницируемая конъюнкцией инверсных переменных рабочих состояний автомата. Основное преимущество такого способа задания - сохранение конкретного технологического (содержательного) смысла каждой переменной условий переходов, каждого состояния управления и каждого координирующего и управляющего воздействий. Кроме того, при записи условий переходов в виде дизъюнкции конъюнкций, каждый член которой содержит необходимые входные переменные в прямом или инверсном виде, получаемом непосредственно из естественного языка суждений, существенно упрощает определение причин неисполнения операций управления.

5. *Абстрактный синтез* элементарных автоматов включает следующие этапы.

5.1. *Абстрактный и структурный синтез* элементарных автоматов. Абстрактный синтез предполагает получение абстрактного автомата, обладающего соответствующим поведением, и его математической модели (алгоритма функционирования) [1]. Структурный синтез – второй этап построения автомата. Основные его задачи – выбор элементной базы и преобразование математической модели, полученной на этапе абстрактного синтеза, к виду, удобному для ее аппаратной реализации. Следует отметить, что в случае применения ПЛК алгоритмы функционирования, записанные на автоматных языках (в частности, с использованием ориентированных нагруженных граф-моделей), являются по своей сути программой для ПЛК. Последнее обстоятельство исключает необходимость выполнения второго этапа построения элементарных автоматов, что в свою очередь позволяет разработчику сосредоточить основное внимание абстрактному представлению дискретных автоматов.

5.2. *Минимизация элементарных автоматов*. Под минимизацией в теории конечных автоматов подразумевается построение автомата с минимальным числом внутренних состояний, обладающего заданным поведением [1]. Решению этой задачи во многом способствует наглядность принятого способа задания автомата с помощью ориентированных нагруженных графов. Кроме того, наглядность такого графа позволяет визуально определить возможность разложения автомата на ряд подавтоматов с минимальным числом внутренних состояний, а также входных и выходных переменных. Как отмечается в [3] - «Граф переходов преобразует абстрактную модель в физическое изображение, усиливающее интуицию исследователя, и дает возможность ему «отчетливо представить» различные процессы и свойства, которые без такого изображения оставались бы рядом сухих математических фактов».

5.3. *Синтез алгоритмов функционирования*. Одной из основных задач проектирования систем управления является нахождение (составление) алгоритмов управления, т.е. математического описания процедуры, вводимой в УА информации с целью выработки желаемых управляющих воздействий. Функционирование элементарного автомата задается [4]:

- уравнениями переходов (функции возбуждения - логические функции);
- уравнениями внутреннего состояния с привлечением функций памяти (или просто уравнениями состояния);
- уравнениями памяти команд управления (с привлечением функции памяти, либо логической функции ИЛИ – поддержка команды при смене состояния автомата),
- уравнениями установки выходов (чаще логические функции).

Указанные уравнения списываются непосредственно с ориентированного нагруженного графа минимизированного автомата (так как граф в процессе абстрактного синтеза неизбежно ими «нагружается»).

6. *Анализ синтезированных алгоритмов.* Основной задачей анализа созданных алгоритмов управления и диагностического контроля последовательностей выполнения технологических операций исполнительными механизмами объекта рассмотренным системным подходом является установление корректности реализации заданного отношения между исходными данными (воздействиями) и результатами (реакциями) [1]. Удобным практическим методом при анализе (контрольном тестировании) алгоритмов управления дискретных систем в настоящее время являются структурное моделирование [5].

Особо отметим, что в случае разработки алгоритмов управления циклическим процессом (принципиальных алгоритмических схем) интуитивным (несистемным) методом задачей анализа является создание последовательностей выполнения технологических операций исполнительными механизмами объекта путем мысленного исследования алгоритмов управления, представленных, например, в виде релейно-контактных символов. Для решения данной задачи другому разработчику потребуется, как минимум, изучение механической конструкции и принципа работы объекта, выявление из интуитивно заданных алгоритмов управления локальных циклов, определение последовательности работы локальных циклов в общей схеме выполнения циклического процесса и т.д. [6], что неизбежно увеличивает сроки проектирования. В случае же системного подхода алгоритм диагностики является непосредственным развитием алгоритма управления.

Выводы. При реализации устройств управления циклическими процессами на базе ПЛК интуитивные методы синтеза, основанные на опыте проектировщика, становятся неэффективными. Использование изложенного системного подхода к проектированию и формальных методов синтеза алгоритмов управления и функциональной диагностики дает возможность создания устройств логического управления циклическими процессами с меньшими затратами на проектирование, отладку и эксплуатацию оборудования.

Список использованных источников

1. Словарь по кибернетике. Под редакцией академика В.М. Глушкова. Главная редакция Украинской советской энциклопедии. - Киев, 1979. - 623 с.: ил.
2. Конечные автоматы судовых энергетических установок. Василев В.Н., Пивченко А.Н., Винницкий А.А., Михайлов С.А. – К., Одесса: Выща шк. Головное изд-во, 1985. – 159 с.: ил.
3. А. Гилл. Введение в теорию конечных автоматов. Пер. с английского. / Под редакцией П.П. Пархоменко. Изд. «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1966. – 272 с. : ил.
4. Структурное моделирование электротехнологических систем и механизмов / В.А. Иванушкин, Д.В. Исаков, В.Н. Кожеуров, Ф.Н. Сарапулов; под общ. ред. Ф.Н. Сарапулова; Нижнетагил. технол. ин-т (фил.) УГТУ-УПИ. - Нижний Тагил: НТИ (ф) УГТУ-УПИ, 2006. – 400 с.: ил.
5. Гулятьев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс – СПб: Питер, 2000. – 432 с.: ил.
6. Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики. – М.: Машиностроение, 1969. – 304 с.: ил.