

В. А. Иванушкин, Д. В. Исаков

Нижнетагильский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (г. Нижний Тагил, Россия)

С. Ф. Сарпулов

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)

А. А. Рабек

ОАО «Уральский научно-технологический комплекс» (г. Нижний Тагил, Россия)

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЛОГИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Повышение уровня автоматизации технологических операций предъявляет особые требования к логическим преобразователям (ЛП) систем управления дискретного действия, основными средствами решения задач управления исполнительными механизмами (ИМ) которых в настоящее время являются программируемые логические контроллеры (ПЛК).

При формировании моделей ЛП часто применяются языковые, алгебраические, табличные и графические методы описания алгоритмов их функционирования [1, 2]. Методы синтеза моделей одноктактных и многотактных структур ЛП с использованием таблиц истинности, таблиц переходов, карт Карно, а также циклограмм детально рассмотрены в [3 - 5]. Так в [3] приводится метод построения структуры ЛП, работающих в режиме повторяющихся циклов, на основе тактового распределителя. Описанный метод характеризуется простотой, устойчивостью алгоритма функционирования (исключаются состязания в цепях элементов структуры), несложностью выполнения индикации отработки каждого такта, что существенно упрощает наладку и поиск неисправности. В [5] приводится аналогичный подход к проектированию ЛП с любым числом входных-выходных переменных. Там же приведены функциональные схемы ЛП, обеспечивающих остановку в конце цикла, возможность прерывания цикла в любом такте, а также с управлением от генератора импульсов.

Методика приведения последовательных структур ЛП к комбинационным и анализа их логики изложена в [4]. Методика предполагает применение набора типовых элементов памяти и синтез логических функций их установки и сброса в необходимое по циклу работы время на основе анализа циклограмм. Там же описан метод формирования модели ЛП на основе счетчика последовательности. Одновременно отмечается, что структуры ЛП, построенные на основе счетчика последовательности, сложнее структур построенных на основе логического анализа, особенно с общим сбросом. Основным преимуществом данного метода является простота проектирования.

В [1] при формировании структуры ЛП предполагается, что желаемая управляющая функция записана с помощью графа последовательного выполнения программы, с последующим кодированием состояний управляющего устройства по принципу «1 из n » либо применением кода Грея (при необходимости экономии элементов памяти). Приводимый метод дает возможность относительно быстро выполнить проектирование ЛП на основе системного подхода особенно тогда, когда прин-

цип минимизации затрат не является главным.

В случае формирования структуры ЛП по методу распределения [1] исходной базой являются модель процесса, составленная с помощью графа последовательного выполнения программы, блок-схемы программы или схемы работы, перечень датчиков и ИМ, а также перечень дополнительных условий, содержащий требования, необходимые для обеспечения надежности блокировки ИМ, и другие требования, которым должен удовлетворять ЛП. На этой основе каждому шагу процесса управления приводится (соответственно) одна двоичная ступень памяти и составляется последовательная цепочка ступеней памяти. Далее проектируется логика управления для ступеней памяти, соответствующая логическим условиям, выполнение которых ведет к осуществлению одного шага процесса и, соответственно, к установке одной ступени памяти. Затем формируется логика вывода, т. е. управление дискретными ИМ, если необходимо, ставится в соответствие устройство памяти команд и согласно схеме блокировки изображаются защитные блокировки между ИМ. В заключение прорабатываются схемотехнические вопросы ручного управления ИМ и другие требования, касающиеся индикации, управления и обслуживания. Следует отметить, что спроектированные по методу распределения ЛП не являются минимальными, однако по своей структуре эти ЛП хорошо обозримы и поэтому очень удобны при наладке, обслуживании и ремонте.

При построении модели ЛП с управлением ИМ в функции времени его алгоритм функционирования представляют в виде алгоритма формирования последовательности интервалов времени с использованием счетчиков последовательности импульсов заданной длительности или таймеров (последний подход удобен при отладке модели и коррекции значений интервалов времени) и алгоритма управления ИМ в соответствии с интервалами времени [6, 7]. Аналогичный подход используется и при управлении ИМ по состоянию объекта [6], когда алгоритм управления представляется также в виде двух частей: алгоритма формирования последовательности действий или шагов управления (отдельных операций, выполняемых в объекте управления), с использованием датчиков состояния объекта, информирующих ЛП об окончании текущей операции, и алгоритма управления ИМ в соответствии с шагом управления.

Для систем дискретного управления объектами с конечным числом состояний, у которых алгоритм перехода из одного состояния в другое определяется значениями параметров объекта и не имеет жесткой последовательности действий, используются известные алгоритмы цифровых автоматов, например конечного автомата Мура [8 – 12]. Модель конечного автомата предусматривает задание наборов входных и выходных сигналов ЛП, обозначаемых соответственно символами из входного и выходного алфавитов, кроме того, вводится алфавит внутренних состояний и две функции – переходов и выходов. Работа ЛП рассматривается на дискретной шкале времени. При этом конечный автомат задается таблицей (таблица переходов, матрица соединений) или графом, элементы которого помечаются символами указанных выше алфавитов.

Однако практическое применение такого способа описания алгоритма функционирования ЛП ограничено объектами с последовательной работой их ИМ (отсутствии параллельно работающих узлов). Для обеспечения последовательно-параллельной работы ИМ используют композиционно-автоматные способы описа-

ния поведения ЛП [12], основанные на предварительной декомпозиции и представлении ЛП в виде композиции элементарных конечных автоматов, образованной путем отождествления выходных каналов одних автоматов с входными каналами других. При наличии в процессе параллельных ветвей, одновременно реализуемых в разных частях технологического объекта, для формирования модели ЛП используют также различные типы маркированных графов, в частности сети Петри [13], диалогический (билогический) граф, [12, 14, 15], а также граф операций [16].

Известно [16], что синтез структуры модели ЛП циклической системы обычно предусматривает последовательное решение трех задач: проектирование объекта управления: определение информационно-управляющих каналов (выбор и установка датчиков и ИМ); разбиение объекта на подобъекты и описание условий работы каждого подобъекта в заданном циклическом процессе с учетом взаимных связей между подобъектами; построение для каждого подобъекта структуры ЛП. Описание условий работы ЛП при этом должно с одной стороны быть формализованным и тем самым допускать применение регулярных методов синтеза дискретных управляющих устройств [8], а с другой стороны иметь достаточную наглядность, быть функционально полным (отражение всех возможных режимов и программ управления ИМ объекта) и обеспечивать возможность непосредственного построения его структуры в терминах языков программирования ПЛК.

Анализ методов построения моделей ЛП и многолетний опыт проектирования систем управления дискретного действия на базе ПЛК показывает, что описание алгоритма функционирования системы дискретного действия целесообразно выполнять в графоаналитической форме. При этом последовательность операций управления дискретным технологическим процессом удобно представлять в виде композиции элементарных ориентированных нагруженных графов [17,18], обеспечивающих: последовательное решение сложной логической задачи по частям; упорядоченность процедур реализации многопрограммных и многорежимных алгоритмов; наглядность и унификацию алгоритмов управления и функциональной диагностики, а также методов их синтеза и анализа и, кроме того, существенное сокращение сроков подготовки специалистов в области проектирования систем управления дискретного действия и обучения их обслуживающего персонала.

Следует особо отметить, что сформированные элементарные ориентированные нагруженные графы, являясь изначально по своей сути управляющими, одновременно обеспечивают решение второй очень важной составляющей ее задаче – функциональной диагностике.

Список использованных источников

1. Шенфельд Р. Автоматизированные электроприводы: Пер. с нем. / Р. Шенфельд, Э. Хабигер // Под ред. Ю.А. Борцова. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985. – 464 с.: ил.
2. Элементы и схемы пневмоавтоматики. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. - 246 с.: ил.
3. Автоматизация производственных процессов и установок / Н.Г.Попович, А.В. Ковальчук, Е.П. Красовский. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311 с.

4. Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики. – М.: Машиностроение, 1989. - 304 с.: ил.
5. Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справочник / Е.В. Герц, А.И. Кудрявцев, О.В. Ложкин и др. Под общ. ред. Е.В. Герц. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.: ил.
6. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Издательский центр “Академия”, 2004. – 576 с.
7. Прокопов А.А. Компьютерные технологии автоматизации: Учеб. пособие / А.А. Прокопов, Н.И. Татаринцев, Л.И. Цирлин. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 2001.
8. Глушков М.А. Синтез цифровых автоматов. – М.: Физматгиз, 1962. – 476 с.
9. Корбицкий Н.Е. Введение в теорию конечных автоматов / Н.Е. Корбицкий, Б.А. Трахтенброт. – М.: Физматгиз, 1962. - 404 с.
10. Лазарев В.Г. Синтез управляющих автоматов / В.Г. Лазарев, Е.И. Пийль. – М.: Энергия, 1970. - 400 с.
11. Мелихов А.Н. Ориентированные графы и конечные автоматы. – М.: Наука, 1971. - 416 с.
12. Проектирование дискретных систем автоматики / С.А. Юдицкий, А.А. Тагаевская, Т.К. Ефремова. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.: ил.
13. Petri C.A. Kommunikation mit Automaten-Schriften des Rheinisch-Westfalischen Institutes für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn, Hft 2. Bonn, 1962.
14. Рыжков А.П. Правильная биологическая граф-модель параллельного вычислительного процесса и ее свойства. – Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. - 1976. - № 2. – С. 96 - 104.
15. Estrin G. Automatic assignment of computations in variable structure computer system / G. Estrin, R. Turn. IEEE Trans. Electric Comput. 1963, vol, 12, No 6. - p. 755.
16. Добролюбов А.И. Автоматизация проектирования систем управления технологическими машинами / А.И. Добролюбов, С.И. Акунович. – М.: Машиностроение, 1974. – 224 с.
17. Пневматические комплексы технических средств автоматизации / Т.К. Ефремова, А.А. Тагаевская, А.Н. Шубин. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.: ил.
18. 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.