

УДК 621.9.06

А. И. Гуровский, В. В. Аристов

A. I. Gurovskij, V. V. Aristov

Омский государственный технический университет, г. Омск

Omsk State Technical University, Omsk

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУПЕРВИЗОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

DESIGN ISSUES OF SUPERVISORY CONTROL SYSTEMS

Аннотация. В работе рассматривается проектирование супервизорной системы управления по дискретно-событийной модели рассредоточенного объекта. Предложен способ проектирования по графу функционирования и блок-схемы алгоритма. Получена модель процесса управления в виде сети Петри.

Abstract. This paper suggests design of supervisory control systems, using discrete event system model of distributed object.

Ключевые слова: синтез дискретных событийных систем управления; логическое управление; дискретный автомат; граф функционирования; сеть Петри; супервизорное управление.

Keywords: synthesis of discrete event systems of control; logical control; discrete automaton; functional graph; Petri net; supervisory control.

Современные системы управления технологическими процессами строятся, как правило, на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые в зависимости от сложности технологического объекта могут быть объединены в распределенную систему управления. Для программирования ПЛК до сих пор широко используется язык релейных схем (Ladder Diagram) как инструмент достаточно наглядной разработки программ. Однако современные системы управления требуют реализации достаточно сложных алгоритмов, таких, как управление группой объектов или системы аварийного останова. Для того чтобы реализовать заданный алгоритм, применяют различные методики синтеза конечных автоматов, являющихся математической моделью программы ПЛК.

В этой связи представляет интерес метод синтеза дискретных супервизорных систем управления. Эта методика основывается на теории супервизорного управления, которую впервые предложили В. М. Уонхэм и Дж. Г. Рамадж [3]. Среди отечественных исследователей существенный вклад в развитие теории внес А. А. Амбарцумян [1].

Контроллер и объект управления представляются в виде дискретно-событийной системы (ДСС), которая моделируется тройкой $\langle G, K, S \rangle$, где G – мно-

жество конечных автоматов, описывающих неуправляемое поведение i -го объекта управления; K – спецификация, регламентирующая поведение объектов управления (например, последовательность действий); S – супервизор.

Язык спецификации $K \subseteq L(G)$ задается автоматом, который генерирует строки из событий. Ограничение свободного поведения $G = \langle G^1, G^2, \dots, G^n \rangle$ с целью выполнения K осуществляет супервизор S , встроенный в контур обратной связи ДСС. Поведение G под контролем S обозначается S/G , а соответствующий язык $L(S/G)$.

Суть супервизорного метода синтеза заключается в том, что сначала описывается неуправляемое поведение объекта, затем супервизор S , который управляет поведением G , синтезируется так, чтобы выполнялась спецификация K .

Рассмотрим методику на примере. Пусть имеется реактор (рис. 1), в состав которого входят электроприводные задвижки – Зд. 1, Зд. 2, Зд. 3; электродвигатель с мешалкой – Д; дискретные датчики уровня SQ1, SQ2, SQ3.

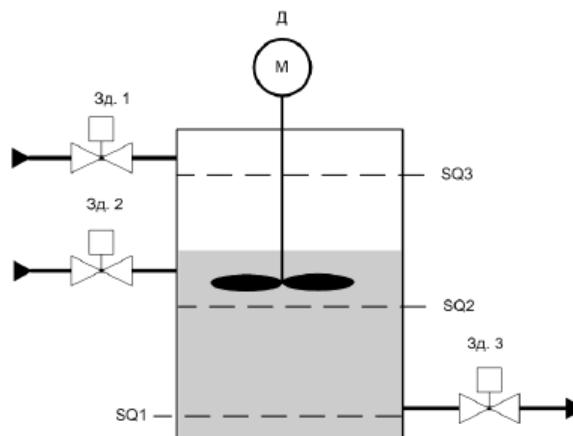
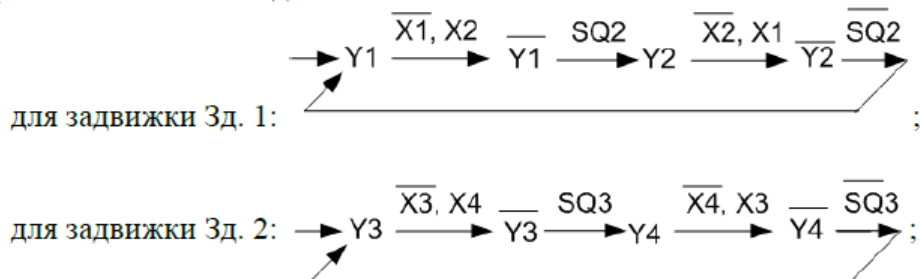
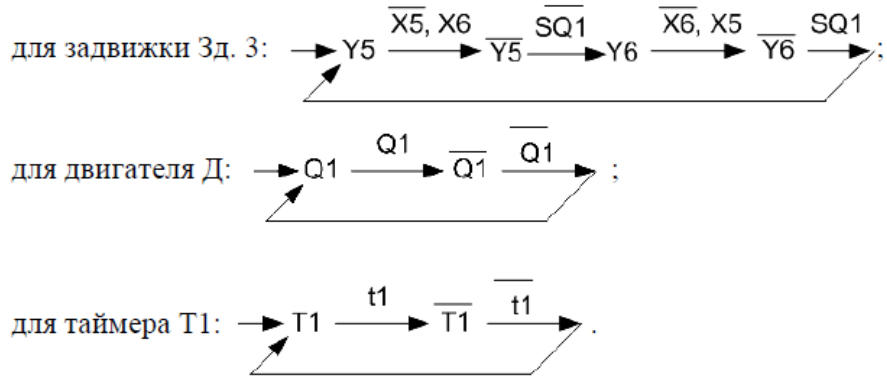


Рис. 1. Объект управления

Помимо реальных элементов управления введем виртуальный элемент – таймер T1, который реализуется внутри контроллера.

Для описания поведения каждой компоненты объекта используем граф функционирования, вершинами которого являются управляющие события, а на ребрах отмечаются ожидаемые события:





Здесь $Y1, Y3, Y5$ – управляющие команды «открыть задвижку»;
 $Y2, Y4, Y6$ – управляющие команды «закрыть задвижку»;
 $X1, X3, X5$ – ожидаемые события «задвижка открыта»;
 $X2, X4, X6$ – ожидаемые события «задвижка закрыта»;
 Q – управляющая команда «включить двигатель»;
 $T1$ – управляющая команда «включить таймер»;
 $t1$ – ожидаемое событие «прошло время, равное $t1$ ».

С целью сохранения исходного структурирования ДСС в результате проектирования синтез супервизора в предлагаемой методике осуществляется на сетях Петри. Будем использовать общепринятые обозначения для сетей Петри [2].

Сеть Петри определяется через структуру и разметку. Структура – это двудольный ориентированный граф $S = (P, T, Pre, Post)$, где P – множество из m позиций; T – множество из n переходов (множества конечны, не пусты и в графической форме S изображаются двумя типами вершин: кружками и полочками. $Pre: P \times T \rightarrow N$ и $Post: P \times T \rightarrow N$ – входная и выходная функции инцидентности переходов. При графическом представлении СП разметка позиции представляется точками в кружке, которые называют метками (или фишками). Количество меток в позиции p_j обозначается $\mu(p_j)$. Переход t_i допустим для S на разметке μ_j , если в каждой его входной позиции число меток больше или равно требованиям функции Pre на паре (p, t) . Формально: $(S, \mu_j) \Leftrightarrow \forall p \in pre(t_i): \mu(p) \geq Pre(p, t)$. Динамика состояний (достижимых разметок) СП определяется срабатыванием (запуском) переходов. Переход t_j срабатывает, если он допустим в текущей разметке S и при срабатывании число меток во всех его входных позициях, в соответствии с функцией Pre , уменьшается, а в выходных позициях, в соответствии с $Post$ – увеличивается. При моделировании ДСС переходы взвешиваются именами событий.

Пусть в нашем примере спецификация K для ДСС представлена реактором в виде блок-схемы алгоритма управления (рис. 2). Отмечаем на блок-схеме в виде

кружков, помеченных порядковыми номерами, переходы, на которых должно происходить переключение управления от одной компоненты к другой, например, от Зд. 1 к Зд. 2. Получаем 6 переходов (меток).

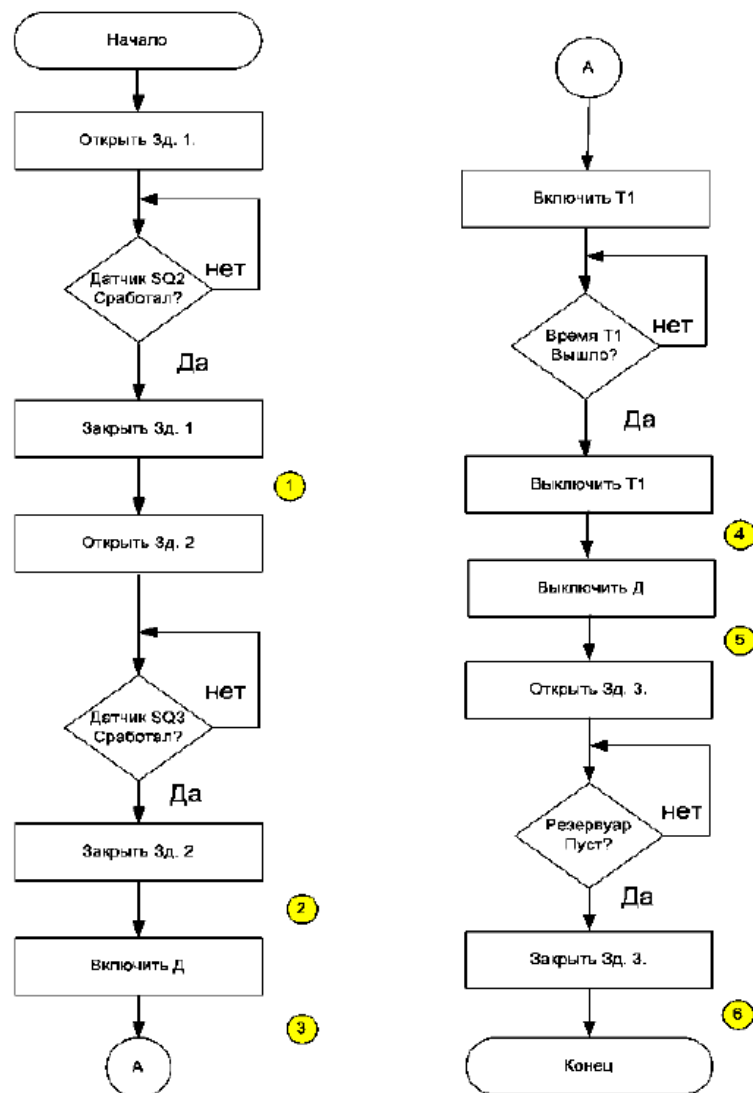


Рис. 2. Алгоритм управления

На рис. 3 изображена сеть Петри, моделирующая ДСС. Позиции и переходы, которые выделены пунктиром, моделируют компоненты управления. Позиции, размещенные вне пунктира, относятся к супервизору, при этом позиции супервизора делятся на два типа: позиции, моделирующие процесс наполнения и слива продукта в реакторе – P35, P36, P38, P39, и позиции контроллера (количество позиций соответствует количеству меток) – P0, P37, P40, P41, P42, P43.

Переходы сети Петри соответствуют графу переходов. Так, например, позиция T1 – установить управляющее воздействие «открыть задвижку»; T2 – ожидаемое событие (задвижка съехала с концевого выключателя «задвижка закрыта»); T3 – ожидаемое событие (задвижка открылась, что вызвало подъем уровня), сработал датчик SQ1 (переход T30); T4 – снять управляющее воздействие «открыть задвижку»; T5 – ожидаемое событие (уровень поднялся, сработал датчик SQ2); T6 – установить управляющее воздействие «закрыть задвижку»; T7 – ожидаемое событие (задвижка съехала с концевого выключателя «задвижка открыта»); T8 – ожидаемое событие (задвижка закрылась); T9 – снять управляющее воздействие «закрыть задвижку».

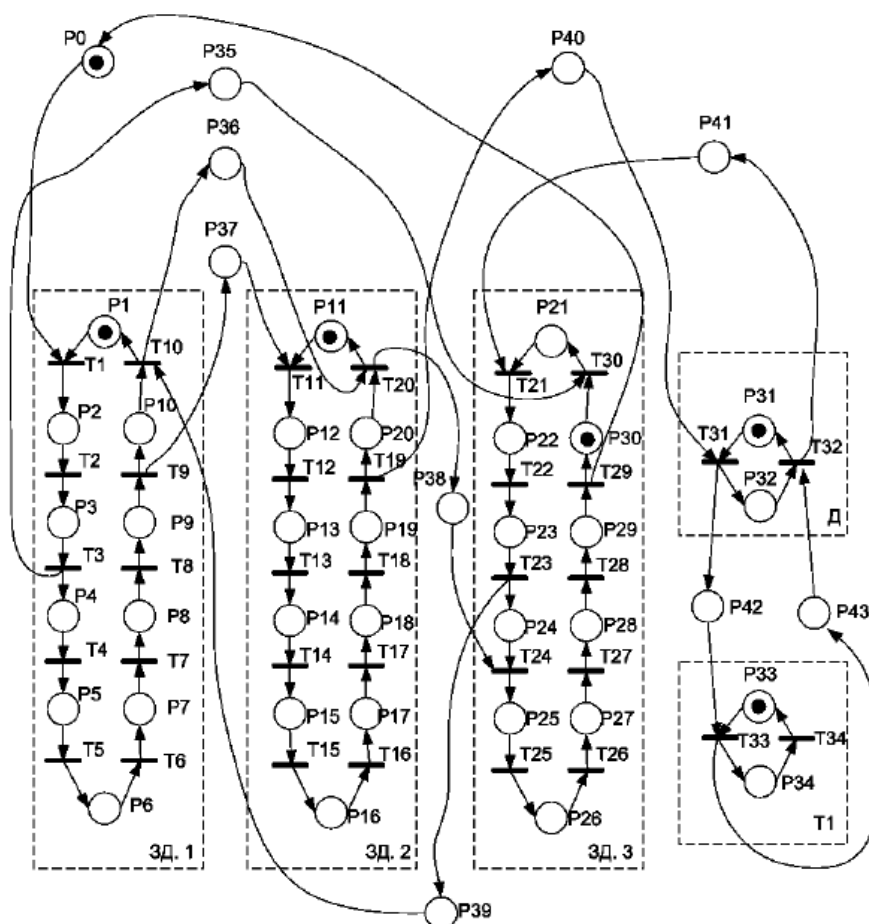


Рис. 3. Сеть Петри, моделирующая процесс управления

Выше нами было рассмотрено проектирование супервизорной системы управления по дискретно-событийной модели объекта управления с применением графов функционирования и блок-схем алгоритмов. Получена модель процесса управления в виде сети Петри.

Библиографический список

1. Амбарцумян, А. А. Моделирование и синтез супервизорного управления на сетях Петри для рассредоточенных объектов / А. А. Амбарцумян // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 8. – С. 151–169.
2. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
3. Ramadge, J. G. Supervisory control of a class of discrete event processes / J. G. Ramadge, W. M. Wonham // SIAM Journal of Control and Optimization. – 1987. – № 25. – PP. 206–230.