

УДК 681.32

Э. В. Казарян, М. К. Багдасарян

Сеть Петри в задаче моделирования технологических объектов

(Представлено академиком НАН Армении В.В. Алексеевским 17/IX 1997)

Важной составляющей при решении проблемы комплексной автоматизации является создание отказоустойчивых методов управления технологическими объектами, которые занимают значительное место в машиностроении, энергетике, химической промышленности и других отраслях. Организация управления технологическими объектами с помощью традиционных методов, основанных на теории дискретных устройств, оказывается неэффективной. Это связано в первую очередь с отсутствием формальной модели управления объектами, на основе которой можно было бы установить появления неисправностей. Поэтому в данной работе делается попытка создания модели, описывающей поведения узлов многорежимных объектов, с установлением места и вида неисправностей.

Эффективным средством формального описания алгоритмов управления технологическими объектами является математический аппарат сети Петри. Преимуществами этого аппарата является его наглядность, возможность проведения формальными методами исследования процесса и удобство анализа при помощи ЭВМ.

Сеть Петри N задается совокупностью множеств $N(P, T, F^+, F^-, M_0)$, где P – множество позиции ($P = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$); T – множество переходов ($T = \{t_0, t_1, \dots, t_m\}$); F^+ – функция входных инциденций; F^- – функция выходных инциденций; M_0 – начальная маркировка сети.

Функции входных и выходных инциденций задают отношение между позициями (условиями) и переходами (событиями) сети (1,2). Считается, что в системе в любой момент времени выполняются определенные условия, которые могут изменить последовательность некоторых событий. Наличие того или иного условия в сети Петри интерпретируется с помощью меток-маркеров, изображаемых в виде точек внутри позиций.

Изменение технологических величин инициируется управляющими воздействиями и зависит от технологических условий, определяющих влияние на

данную величину внешних событий и других величин. Технологической величине при работе объекта соответствуют различные режимы, характеризуемые определенным законом изменения (возрастанием, убыванием, постоянством) этой величины.

Предположим, что технологический объект характеризуется величинами σ_1 и σ_2 .

Перемещение σ_1 определяется воздействиями Z_{11} и Z_{12} , перемещение σ_2 – управляющими воздействиями Z_{21} и Z_{22} ; внешним событиям соответствуют переменные I_1 и I_2 .

Рассмотрим причинно-следственные связи моделируемого технологического объекта в пространстве условий и событий. Имеем следующий набор условий: 1) величина σ_1 готова для разгона; 2) набор управляющих воздействий $Z_{11} Z_{12}$ инициирует возрастание σ_{10} до σ_{11} ; 3) управляющее воздействие Z_{11} инициирует возрастание величин σ_1 от значения σ_{11} до значения σ_{12} ; 4) управляющее воздействие $Z_{11} Z_{12}$ инициирует убывание величины σ_1 от σ_{12} до σ_{10} ; 5) параметр $\sigma_2 = \sigma_{20}$ готов для разгона; 6) управляющее воздействие $Z_{21} Z_{22}$ инициирует изменение величины σ_2 от σ_{20} до σ_{21} ; 7) $Z_{21} Z_{22}$ инициирует изменение величины σ_2 от σ_{22} до σ_{21} ; 8) Z_{22} инициирует убывание σ_2 от σ_{21} до σ_{20} .

При этом могут происходить следующие события: 1) установление исходного значения σ_{10} величины σ_1 ; 2) σ_1 достигает значения σ_{11} ; 3) возрастание σ_{11} до σ_{12} ; 4) величина σ_1 убывает от крайнего правого (σ_{12}) до крайнего левого (σ_{10}) значения; 5) установление исходного значения σ_{20} величины σ_2 ; 6) σ_{20} достигает значения σ_{22} ; 7) величина σ_2 убывает от σ_{22} до σ_{21} ; 8) величина σ_2 убывает от σ_{21} до σ_{20} .

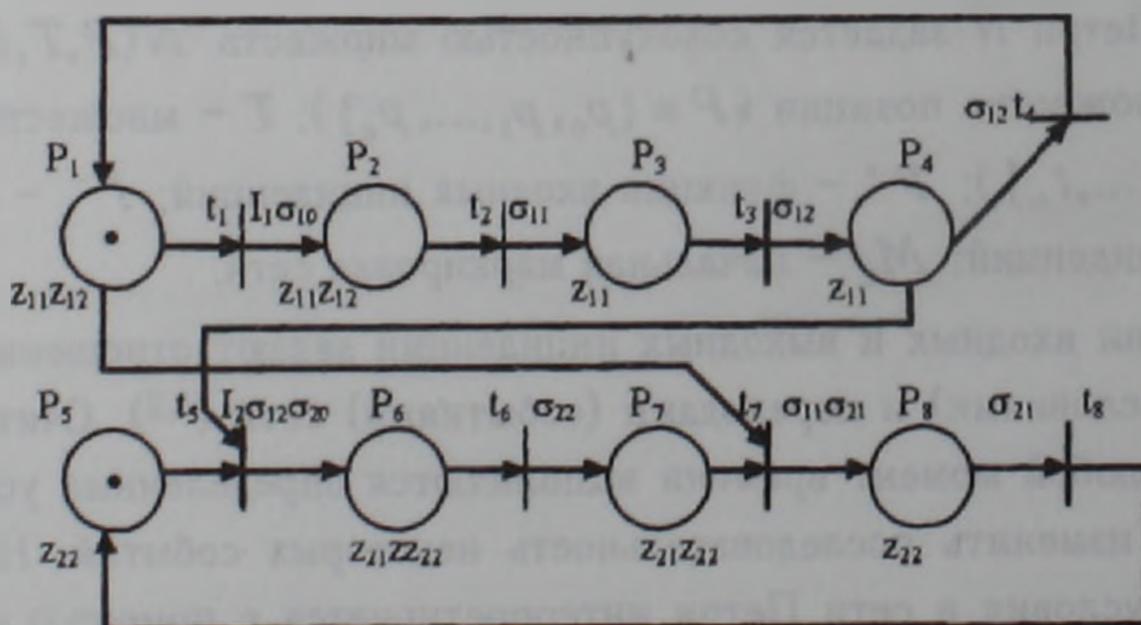


Рис. 1.

Граф операций представлен на рис. 1. При наличии точки в позициях P_4 и P_5 в результате срабатывания перехода $t_5(I_2 \sigma_{21} \sigma_{20})$ из позиций P_4 и P_5 точки

убираются, точка вносится в позицию P_6 и начинается соответствующая ей операция P_6 . Однако при этом переход t_4 уже сработать не может. Таким же образом после ухода точки из позиции P_1 в результате срабатывания перехода t_7 ($\sigma_{11}\sigma_{21}$) исключается срабатывание перехода t_1 ($I_1\sigma_{10}$). Отсюда следует, что в графе операций (рис.1) имеются конфликты между переходами. Их можно устранить, заменив операции (позиции) P_1 и P_4 двумя другими операциями (рис.2). Сетевая модель для рассматриваемого случая определяется компонентами: $P = \{p_i\}, i = \overline{1,10}$; $T = \{t_j\}, j = \overline{1,8}$; $M_0 = (1,1,0,0,0,0,1,0,0,0)$. Моделирование технологических объектов, представленное сетями Петри, можно привести в виде совокупности трех основных процедур:

- нахождение следующей маркировки;
- проверка условий возбуждения всех переходов и выбор переходов, разрешенных при данной маркировке;
- проверка наличия неисправных ситуаций

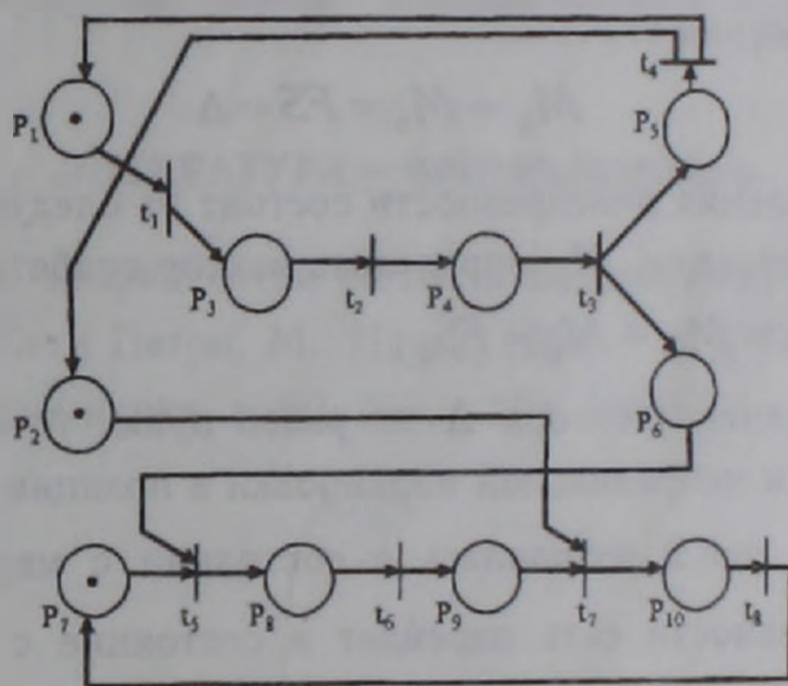


Рис.2.

Функционирование сети Петри можно представить в виде следующих уравнений:

$$M_{k+1} = \delta(M_k, t) = M_k + (F^+ - F^-) = M_0 + FS, \quad (1)$$

$$t_k = f(M_k), \quad (2)$$

где δ – функция следующего состояния; F – матрица инцидентий сети; S – вектор запусков переходов; f – функция возбужденных переходов.

Срабатывание конкретного перехода t_k зависит от условий (Z_k). Поэтому запишем

$$t_k = \varphi(T_k, Z_k), \quad (3)$$

где φ – функция выбора очередного перехода.

В рассмотренном примере (рис.2) T состоит из следующих пар векторов:

$$\begin{aligned}
t_1 &= (1,0,0,0,0,0,0,0,0,0), (0,0,1,0,0,0,0,0,0,0) \\
t_2 &= (0,0,1,0,0,0,0,0,0,0), (0,0,0,1,0,0,0,0,0,0) \\
t_3 &= (0,0,0,1,0,0,0,0,0,0), (0,0,0,0,1,1,0,0,0,0) \\
t_4 &= (0,0,0,0,1,0,0,0,0,0), (1,1,0,0,0,0,0,0,0,0) \\
t_5 &= (0,0,0,0,0,1,1,0,0,0), (0,0,0,0,0,0,0,1,0,0) \\
t_6 &= (0,0,0,0,0,0,1,0,0,0), (0,0,1,0,0,0,0,0,1,0) \\
t_7 &= (0,1,0,0,0,0,0,0,1,0), (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1) \\
t_8 &= (0,0,0,0,0,0,0,0,0,1), (0,0,0,0,0,0,1,0,0,0)
\end{aligned}$$

При этом из (1) следует, что $M_1 = \delta(M_0, t_1) = (1,1,0,0,0,0,1,0,0,0)$; $M_2 = \delta(M_1, t_2) = (1,2,0,0,0,1,1,0,0,0)$; $M_3 = \delta(M_1, t_1) = (0,1,1,0,0,0,1,0,0,0)$; $M_4 = \delta(M_3, t_2) = (0,1,0,1,0,0,1,0,0,0)$; $M_5 = M_6 = \delta(M_4, t_3) = (0,1,0,0,1,1,1,0,0,0)$; $M_7 = \delta(M_{10}, t_8) = (0,1,0,0,1,1,1,0,0,0)$; $M_8 = \delta(M_7, t_5) = (0,1,0,0,1,0,0,1,0,0)$; $M_9 = \delta(M_8, t_6) = (0,1,0,0,1,0,0,0,1,0)$; $M_{10} = \delta(M_9, t_7) = (0,1,0,0,1,0,0,0,0,1)$.

Для анализа неисправных состояний в качестве дефектов будем рассматривать искажение вектора текущего маркирования Δ (3) и наличие лишних переходов. Из уравнения (1)

$$M_k - M_0 = FS = \Delta \quad (4)$$

Алгоритм выявления неисправности состоит из следующих шагов:

- в каждом состоянии M_k определить вектор срабатывания S_k ;
- вычислить $\Delta = M_k - M_0 - FS_k$;
- если i -ый элемент вектора Δ не равен нулю, то отказ имеет место и связан с появлением неправильной маркировки в позиции P_i .

Пусть сеть на рис.2 находилась в состоянии с маркировкой M_2 , и в результате неисправности сеть перейдет в состояние с маркировкой $M_2^* = (1,2,1,0,0,1,1,0,0,0)$. Вычислим Δ , если срабатывает переход t_4 ,

$$FS = (1,1,1,1,0,0,0,0,0) \begin{bmatrix} -1,0,1,0,0,0,0,0,0,0 \\ 0,0,-1,1,0,0,0,0,0,0 \\ 0,0,0,-1,1,1,0,0,0,0 \\ 1,1,0,0,-1,0,0,0,0 \\ 0,0,0,0,0,-1,-1,1,0,0 \\ 0,0,0,0,0,0-1,1,0 \\ 0,-1,0,0,0,0,0,-1,1 \\ 0,0,0,0,0,0,10,0,-1 \end{bmatrix} = (0,1,0,0,0,1,0,0,0,0)$$

$$\begin{aligned}
\Delta &= (1,2,1,0,0,1,1,0,0,0) - (1,1,0,0,0,0,1,0,0,0) - (0,1,0,0,0,1,0,0,0,0) = \\
&= (0,0,1,0,0,0,0,0,0,0).
\end{aligned}$$

Полученный результат свидетельствует о том, что неисправность имеет место в позиции P_3 .

Описанная сетевая модель технологических объектов представляет собой основу для построения отказоустойчивых моделей функционирования технологических объектов и их функциональных узлов.

Армянский государственный инженерный университет

Է. Վ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Մ. Ք. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

Պետրիի ցանցը տեխնոլոգիական օբյեկտների մոդելավորման խնդրում

Պետրիի ցանցի մաթեմատիկական ապարատի հիմքով առաջարկված է մոդել, որը հնարավորություն է տալիս նկարագրել բազմառեժիմ տեխնոլոգիական օբյեկտների և նրանց առանձին հանգույցների պահվածքը: Միաժամանակ առաջարկված մոդելը թույլ է տալիս ի հայտ բերել և տեղայնացնել առկա անսարքությունները: Բերված է բազմառեժիմ տեխնոլոգիական օբյեկտների մոդելի ստեղծման հիմնական էտապները, ինչպես նաև նրանցում անսարքությունների հայտնաբերման ընթացակարգը, որպես թերություն դիտարկելով ընթացիկ նշագծման վեկտորի փոփոխությունը և ավելորդ անցումների առկայությունը:

ЛИТЕРАТУРА – ՓՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Дж. Питерсон, Теория сетей Петри и моделирование систем, М., Мир, 1984. ² В.Е.Котов, Сети Петри, М., Наука, 1984. ³ М.К.Багдасарян, Изв. НАН Армении. Технические науки, т. 50, №3, с.253, (1997).