

СООБЩЕНИЯ

УДК 004.4'22

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *UML*-ДИАГРАММ И СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ВОДОНАПОРНОЙ СТАНЦИИ*

А.В. МАРКОВ

Разработку программного обеспечения можно разбить на несколько стадий: проектирование, написание кода, тестирование, анализ и т. д. В данной работе описана возможность проектирования и анализа ПО при совместном использовании *UML*-диаграмм и сетей Петри на примере части системы водонапорной станции. Данная часть отвечает за откачку воды из скважин. В общем, *UML*-диаграммы используются для моделирования структуры системы, а также для моделирования динамических свойств. Сети Петри необходимы для анализа смоделированной динамики при помощи *UML*-диаграмм.

Выполняется моделирование при помощи диаграммы активности динамической части системы, отвечающей за своевременное включение насоса и открытия задвижек оператором, т. е. ручное управление системой. Спроектированная диаграмма транслировалась в сеть Петри при помощи правил, применяемых к подобным операциям, для анализа свойств и выявления логических ошибок: тупиковых состояний, заикливания и т. д. Полученная сеть Петри состоит из девяти мест и семи переходов. Анализ свойств выполняется при помощи генерации и исследования пространства состояний, который показал положительные результаты. Таким образом, использование *UML*-диаграмм и сетей Петри возможно для проектирования систем автоматики.

Ключевые слова: *UML*-диаграммы, диаграмма активности, сети Петри, пространство состояний, локальная автоматика, водонапорная станция, правила преобразования, методика использования *UML*-диаграмм и сетей Петри.

ВВЕДЕНИЕ

На стадии проектирования разработчики используют различные средства автоматизации и анализа данного процесса: *UML*-диаграммы и сети Петри. *UML*-диаграммы разрабатывались для моделирования различных систем, а сети Петри для анализа спроектированных моделей [1–13]. Сеть Петри – это ориентированный граф, в котором взаимосвязаны между собой вершины двух типов: места и переходы [1]. Данные вершины соединены между собой направленными дугами; вершины одного типа не пересекаются. По сети воз-

* Статья получена 29 ноября 2013 г.

можно движение меток (фишек) при срабатывании перехода, которые символизируют всевозможные ресурсы системы.

При совместном использовании этих инструментов разработчик получает возможность не только наглядно и полно представить проектируемое ПО, но и возможность проанализировать проектируемые модели на наличие логических ошибок таких как: заикливание, незадействованные ветки алгоритма и т. п.

Для UML-диаграмм и сетей Петри [2–4] используют разный набор диаграмм: диаграмма вариантов использования, диаграмма классов, диаграмма объектов, диаграмма состояний и т. д. Сети Петри применяют для анализа динамических диаграмм, отвечающих за поведение модели. Преобразование поведенческих диаграмм в сети Петри осуществляются по набору правил [2, 3].

Целью работы является моделирование части системы водонапорной станции, отвечающей за подачу воды. Данная процедура осуществляется при помощи диаграммы активности и соответствующей ей сети Петри. Данная система была смоделирована в [3] при помощи предлагаемой в этой же работе методики.

1. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ВОДОНАПОРНОЙ СТАНЦИИ

Водонапорная станция представляет собой систему с огромным количеством элементов: насосов, задвижек, ёмкостей для хранения воды и пр. Опишем элементы водонапорной станции, отвечающие за откачку воды из скважины. К ним относятся насос и две заслонки (рис. 1).

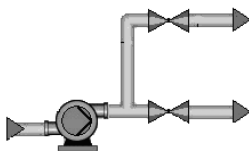


Рис. 1. Часть системы водонапорной станции по откачке воды

Для данной системы свойственно определение и поддержания давления воды на стенке водопровода, которая регулируется при помощи увеличения или уменьшения мощности работы насоса.

Работа данной системы при ручном управлении начинается при включении оператором насоса и последующим открытию задвижек. Задвижки могут находиться в трёх положениях: открыты, закрыты, либо находятся в полуот-

крытом состоянии. Насос также может находиться в трёх состояниях: работает, не работает, неисправен. Отметим, что задвижки могут находиться в любом состоянии при включенном насосе, но при выключенном или неисправном насосе задвижки должны закрываться или быть закрытыми.

Опишем работу данной системы при помощи *UML*-диаграммы активности (рис. 2).

Разработанная диаграмма активности представляет ручное управление оператором, при котором происходит включение насоса, после чего открытие задвижек и выставление определенной мощности для поддержания давления на стенки трубопровода. Далее насос начинает откачку воды из скважин через задвижки, а трубопровод отправляет воду на следующую стадию или к потребителю.

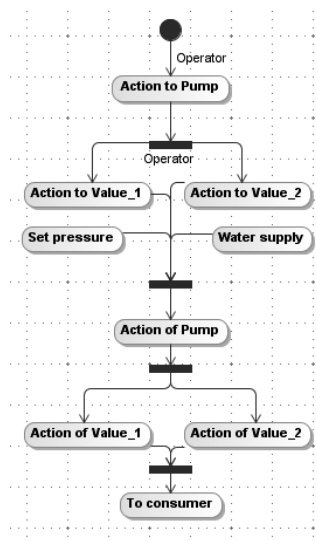


Рис. 2. Диаграмма активности системы водонапорной станции по откачке воды

2. АНАЛИЗ СМОДЕЛИРОВАННОЙ ДИАГРАММЫ АКТИВНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ СЕТЕЙ ПЕТРИ

При помощи правил преобразования [2] из *UML*-диаграмм в сети Петри представим диаграмму активности (рис. 2) в виде соответствующей ей сети Петри. Данная сеть Петри (рис. 3) состоит из девяти мест:

$$P = \{Operator, Pump, Value_1, Value_2, Pressure, Water, Consumer, Water\ flow\ to\ Value_1, Water\ flow\ to\ Value_2\}$$

и семи переходов:

$$T = \{Action\ to\ Pump, Action\ to\ Value_1, Action\ to\ Value_2, Set\ pressure, Action\ of\ Pump, Action\ of\ Value_1, Action\ of\ Value_2\}.$$

С начальной маркировкой:

$$m_I = \{9, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0\}.$$

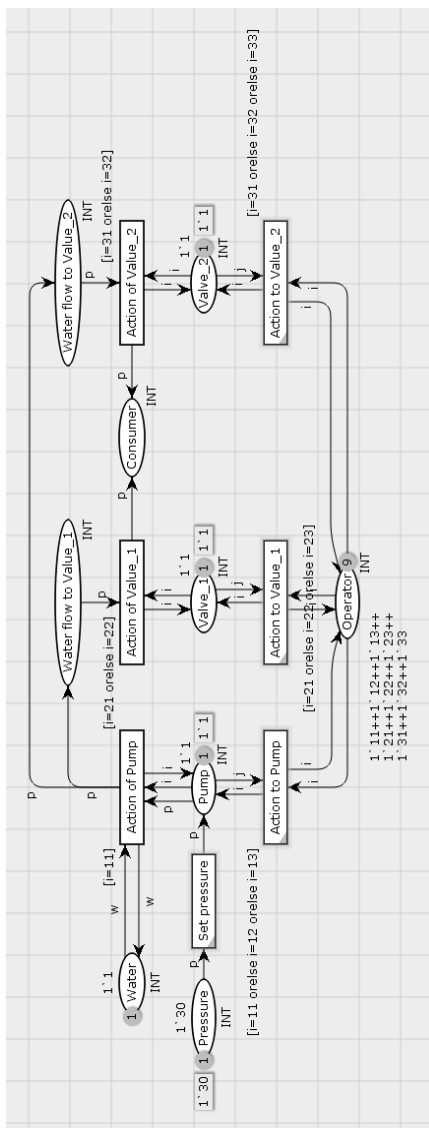


Рис. 3. Сеть Петри, полученная из диаграммы активности

Стоит отметить, что для реализации сети Петри пришлось незначительно отойти от правил преобразования, чтобы корректно реализовать алгоритм работы водонапорной станции. Например, для перехода *Action to Pump* был задан самый высокий приоритет срабатывания, чтобы избежать возможности открытия задвижек (*Action to Value_1*, *Action to Value_2*).

Как говорилось ранее, у насоса и задвижек возможно три состояния, в которых они могут находиться. Соответственно, насос может начать откачку воды только в исправленном состоянии, так для перехода *Action of Pump* установлено условие срабатывания $i = 11$, что означает – откачка возможна только при исправной работе насоса. Это касается и двух задвижек: они способны пропускать поток воды только в открытом или полуоткрытом состоянии, что регулируется при помощи условий срабатывания для переходов *Action of Value_1*, *Action of Value_2*.

Анализ полученной сети Петри показал, что в сети отсутствуют мертвые маркировки и переходы, зацикливание, а также все переходы являются живыми. Полученные результаты говорят о корректном построении диаграммы активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во время проектирования программного обеспечения разработчики используют инструменты, позволяющие корректно выстроить модели и сэкономить время. К ним относятся язык ДРАКОН, workflow модели, *UML*-диаграммы, ИВТ сети, сети Петри и т. д.

Ярким представителем инструментов проектирования ПО является использование *UML*-диаграмм и сетей Петри и методики их применения к системам локальной автоматики [3] и распределенным системам [2, 4].

В данной работе при помощи *UML*-диаграммы активности была смоделирована часть системы водонапорной станции, отвечающей за динамические свойства системы откачки воды из скважин. Диаграмма активности была транслирована в сеть Петри при помощи правил [2], которая анализировалась при помощи генерации и исследовании пространства состояний, осуществляемых в программной среде CPN Tools (version 3.4.0).

Стоит подчеркнуть, что использование *UML*-диаграмм и сетей Петри возможно и применимо для систем автоматики.

Автор выражает благодарность за содействие в написание статьи кандидату технических наук Д.О. Романникову.

- [1] Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование: пер. с англ. / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984.
- [2] Коротиков С.В. Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного контроля и управления: дис. ... канд. техн. наук / С.В. Коротиков. – Новосибирск: НГТУ, 2007.
- [3] Романников Д.О. Разработка программного обеспечения с применением UML-диаграмм и сетей Петри для систем управления локальным оборудованием: дис. ... канд. техн. наук / Д.О. Романников. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012.
- [4] Марков А.В. Автоматизация разработки программного обеспечения с использованием сетей Петри: дис. магист. / А.В. Марков – Новосибирск: 2012.
- [5] Марков А.В. Моделирование процесса поиска пути в лабиринте при помощи сетей Петри / А.В. Марков // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2010. – № 4(62). – С. 133–141.
- [6] Романников Д.О. Пример применения методики разработки ПО с использованием UML-диаграмм и сетей Петри / Д.О. Романников, А.В. Марков // Научный вестник НГТУ. – 2012. – № 1(67). – С. 175–181.
- [7] Марков А.В. Развитие системы «Перемещение манипулятора в пространстве с препятствиями» при помощи рекурсивных функций / А.В. Марков, А.А. Воевода // Автоматика и программная инженерия. – 2013. – № 2(4). – С. 35–41.
- [8] Воевода А.А. Применение UML-диаграмм и сетей Петри при разработке встраиваемого программного обеспечения / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Научный вестник НГТУ. – 2009. – № 4 (37). – С. 169–174.
- [9] Воевода А.А. Редуцирование пространства состояний сети Петри для объектов из одного класса / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Научный вестник НГТУ. – 2011. – № 4 (45). – С. 146–150.
- [10] Воевода А.А. О модификации полного покрывающего дерева и графа разметок сети Петри / А.А. Воевода, С.В. Коротиков // Научный вестник НГТУ. – 2005. – № 1 (19). – С. 171–172.
- [11] Коротиков С.В. Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного управления и контроля / С.В. Коротиков, А.А. Воевода // Научный вестник НГТУ. – 2007. – № 4 (29). – С. 16–30.
- [12] Марков А.В. Инверсия простой ординарной сети Петри / А.В. Марков, А.А. Воевода // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 4 (53). – С. 146–150.
- [13] Марков А.В. Инверсия сетей Петри / А.В. Марков, А.А. Воевода // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2013. – № 4 (74). – С. 97–121.

REFERENCES

- [1] Peterson J. Petri nets theory and modeling. M.: Mir, 1984, 264 p.
- [2] Korotikov S.V. Primenenie setej Petri v razrabotke mnogopotochnogo programmnoho obespecheniya s ogranichennymi razdelyaemymi resursami na primere centrov distancionnogo upravleniya i kontrolya: dis. ... kand. tehn. nauk Novosibirsk: NGTU, 2007.
- [3] Romannikov D.O. Razrabotka programmnoho obespecheniya s primeneniem UML-diagramm i setej Petri dlya sistem upravleniya lokalnym oborudovaniem: dis. ... kand. tehn. nauk Novosibirsk: NGTU, 2012, 195 p.
- [4] Markov A.V. Avtomatizaciya razrabotki programmnoho obespecheniya s ispol'zovaniem setej Petri: dis. mag. Novosibirsk: NGTU, 2012.
- [5] Markov A.V. Modelirovanie processa poiska puti v labirinte pri pomoshhi setej Petri. Sb. nauch. tr. NGTU, 2010, no. 4 (62), pp. 133–141.
- [6] Romannikov D.O., Markov A.V. Example application of the methodology of software development using UML-diagrams and Petri nets. Nauch. vestnik NGTU, 2012, no. 1 (67), pp. 175–181.
- [7] Markov A.V., Voevoda A.A. Development of the system «Moving the manipulator in space with obstacles» using recursive functions. Avtomatika i programnaya inzheneriya, 2013 no. 2, pp. 35–41.
- [8] Voevoda A.A., Romannikov D.O. Applying UML diagrams and Petri nets in developing embedded software. Nauch. vestnik NGTU, 2009, no. 4 (37), pp. 169–174.
- [9] Voevoda A.A., Romannikov D.O. Reducirovanie prostranstva sostoyanij seti Petri dlya obektov iz odnogo klassa. Nauch. vestnik NGTU, 2011, no. 4 (45), pp. 146–150.
- [10] Voevoda A.A., Korotikov S.V. O modifikacii polnogo pokryvayushhego dereva i grafa razmetok seti Petri. Nauch. vestnik NGTU, 2005, no. 1 (19), pp. 171–172.
- [11] Korotikov S.V., Voevoda A.A. Primenenie setej Petri v razrabotke programmnoho obespecheniya centrov distancionnogo upravleniya i kontrolya. Nauch. vestnik NGTU, 2007, no. 4 (29), pp. 16–30.
- [12] Markov A.V., Voevoda A.A. Inversion of ordinary Petri nets. Nauch. Vestnik NGTU, 2013, no. 4 (53), pp. 146–150.
- [13] Markov A.V., Voevoda A.A. Inversion of Petri nets. Sb. nauch. tr. NGTU, 2013, no. 4 (74), pp. 97–121.

Марков Александр Владимирович – аспирант кафедры автоматике Новосибирского государственного технического университета. Основное направление исследования – анализ *UML*-диаграмм и сетей Петри. Имеет более 20 публикаций. E-mail: muviton3@gmail.com

A.V. Markov

Application procedures sharing *UML*-diagrams and Petri nets FOR pumping station

Software development can be divided into several stages: design, coding, testing, analysis, etc. In this paper describes possibility of design and analysis software for sharing *UML*-diagrams and Petri nets as an example of system pumping station. This part is responsible for pumping water from wells. In general, *UML*-diagrams are used to model the structure of the system and also for simulation of dynamic properties. Petri nets are needed to analyze dynamics of modeled using *UML*-diagrams.

Simulation using activity diagram of dynamic part of system responsible for timely placement of pump and valves opening statement, i.e. manual control system. Designed diagram broadcast Petri net, using the rules applicable to such operations, to analyze the properties and identify logical errors: deadlock states, cycling, etc. Resulting Petri net consists of nine places and seven transitions. Analysis of properties is performed by generating research and state-space, which showed positive results. Thus, use of *UML* diagrams and Petri nets possible for design automation systems.

Key words: *UML*-diagrams, activity diagram, Petri nets, state space, local automation, pumping station, conversion rules, the technique of using *UML*-diagrams and Petri nets.