

02, июнь 2018

УДК 681.5.017

Алгоритм управления робототехническим комплексом для герметизации сварных швов кабины автомобиля, построенный на основе сетей Петри

Пигусов А.А., бакалавр

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Робототехнические системы и мехатроника»
pigusovaa@gmail.com*

*Научный руководитель: Котов Е.А., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Робототехнические системы и мехатроника»
kotov-358@mail.ru*

Аннотация: В данной статье приводится описание работы сетей Петри и пример использования такой сети для разработки алгоритма управления робототехническим комплексом (РТК), выполняющим операцию герметизации каркаса кабины грузового автомобиля после выполнения сварочных работ. Для понимания функций рассматриваемого РТК приведен порядок его работы, а также перечислены входящие в его состав устройства и системы. Для анализа сети Петри на существование ошибок в работе алгоритма, который она моделирует, было построено дерево достижимых маркировок, позволяющее отследить нежелательные пути исполнения алгоритма управления. Преимуществом данного метода представления алгоритма управления является его высокая информативность, а также возможность исправления ошибок на стадии разработки алгоритма.

Ключевые слова: алгоритм управления (control algorithm), робототехнический комплекс (robotics complex), сеть Петри (Petri net), технологический цикл (technological cycle), процесс герметизации (sealing process).

Введение

Существует несколько способов представления алгоритмов управления [1]:

- словесный – представляет собой описание последовательности этапов обработки данных и задается в произвольной форме на естественном языке;

- графический (в виде блок-схем) – изображение отдельных этапов алгоритма в виде соответствующих геометрических фигур, соединяемых линиями (стрелочками);
- программный – это алгоритм, записанный на языке программирования, с целью последующего исполнения на компьютере.

В данной статье описывается способ представления алгоритма управления на основе сети Петри. Такой способ менее распространен, однако имеет ряд преимуществ над остальными, например, возможность анализа состояния системы в любой момент времени и выявление тупиковых и бесконечных ветвей алгоритма с целью их устранения. Таким образом, сети Петри должны обеспечивать построение более рационального алгоритма управления, что позволяет добиться повышения производительности работы РТК.

1. Основные понятия сетей Петри

Сеть Петри – это двудольный граф [2], имеющий два типа вершин – позиции и переходы. Позиции обозначаются окружностями, а переходы – отрезками. Позиции и переходы соединяются направленными дугами, причем дугой можно связать только вершины разных классов, то есть каждая дуга может связывать только позицию с переходом или наоборот.

Позиция сети Петри – это состояние, в котором она может находиться в тот или иной момент, а переход – это действие, которое необходимо совершить, чтобы изменить состояние системы. Для описания работы сети Петри вводится понятие «Фишка». Фишка обозначается точкой внутри состояния, а совокупность всех фишек в позициях называется «Разметкой сети». Разметка сети определяет возможность открытия соответствующих переходов и изменения состояния системы. Пример простейшей сети Петри изображен на рис. 1. В данной сети позиции обозначаются буквой «р», а переходы буквой «t». Стоит отметить, что переход может быть открыт только тогда, когда число фишек в позициях, совпадает с числом дуг, которые входят в данный переход. Например, в состоянии сети Петри, описанном на рис. 1 возможно срабатывание (т.е. занесение количества фишек, соответствующего числу дуг, выходящих из перехода, в соответствующие позиции) переходов t1 и t2 (переходы равновероятны). При этом переход t3 пока закрыт, поскольку число фишек в позиции p3 меньше, чем число дуг, входящий в позицию t3. Однако его срабатывание станет возможным после срабатывания перехода t1. Заметим, что после срабатывания перехода из позиции, дуги которой входят в данный переход, вычитается количество фишек, равное числу дуг, соединяющих позицию с переходом. Следующие возможные состояния приведенной сети Петри представлены на рис. 2. Стоит отметить, что

показанная сеть имеет тупик, т.к. после определенного числа переходов дальнейшее срабатывание какого-либо из них окажется невозможным в следствие отсутствия фишек в нужных позициях.

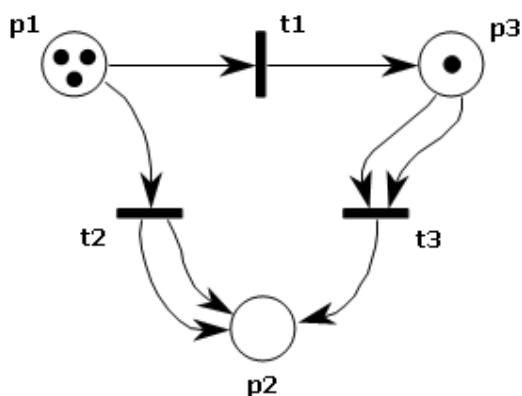


Рис. 1. Пример простейшей сети Петри

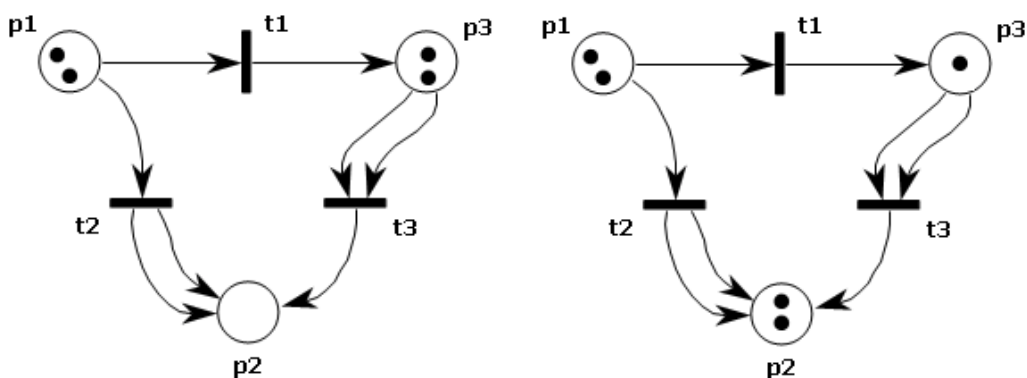


Рис. 2. Возможные состояния сети Петри относительно ее начальной разметки

2. Описание исследуемого робототехнического комплекса (РТК)

Перед разработкой алгоритма управления РТК необходимо определить принцип его работы, а также устройства и системы, участвующие в работе. Рассматриваемый нами РТК служит для выполнения задачи герметизации кабины кузова грузового автомобиля, т.е. нанесения герметика на места сварных стыков деталей каркаса кабины. Рабочий процесс будет построен следующим образом: кабина подъезжает на стоянку герметизации на имеющемся на производстве подвесном конвейере, фиксируется выдвижными упорами для повышения точности позиционирования, после чего 2 манипулятора, на фланцах которых закреплены дозирующие устройства, в емкостях которых имеется герметизирующее вещество, отрабатывают заранее запрограммированную траекторию с определенной технологическим процессом скоростью. На рис. 3 показано, что манипуляторы установлены таким образом, чтобы каждый из них имел возможность загерметизировать

половину кабины. По окончании отработки манипуляторами определенной программы происходит перезаправка дозаторов, продвижение кабины далее по технологической цепи и повтор операции. Таким образом, в РТК задействованы следующие устройства и системы:

- система подачи кабины на стоянку герметизации;
- система пневматических упоров, необходимых для фиксации кабины;
- два манипулятора с устройствами дозирования герметика;
- система заправки дозаторов герметиком.

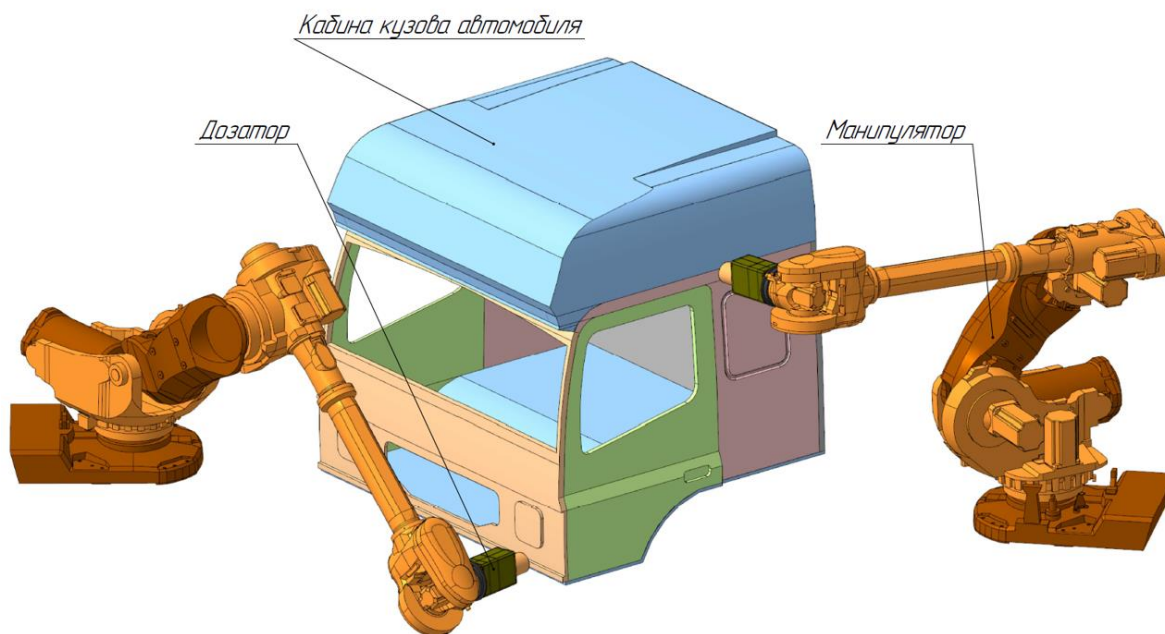


Рис. 3. Иллюстрация выполнения манипуляторами рассматриваемой технологической операции

3. Алгоритм управления на основе сети Петри

Составление сети Петри начинается с выделения позиций, описывающих начальное состояние системы. При этом: дозаторы манипуляторов заправлены (P1 и P3), стоянка герметизации свободна (P2), фиксирующие упоры убраны (P4). Далее производится «наслоение» всех последующих позиций с учетом возможности перехода системы в новое состояние на основании предшествующего. Полученная в результате сеть Петри показана на рис. 4.

При рассмотрении начальной разметки сети видно, что может открыться только переход t_2 . После его открытия появляется возможность переместить фишки в позиции P5, P6 и P7. После попадания фишек во все 3 указанные позиции становятся возможными переходы t_1 , t_3 и t_4 , которые сводят состояние РТК к готовности начать герметизацию (позиции P8, P9 и P10). После открытия перехода t_5 и прохождения процесса герметизации, фишки попадают в состояния P11 и P12. Можно начинать стадию отката системы к

начальному состоянию. Она состоит в заправке дозаторов, отмене фиксации кабины и освобождении стоянки герметизации, то есть открытия переходов t_6 , t_7 и t_8 , после чего система снова произвести цикл герметизации, но уже для следующей кабины.

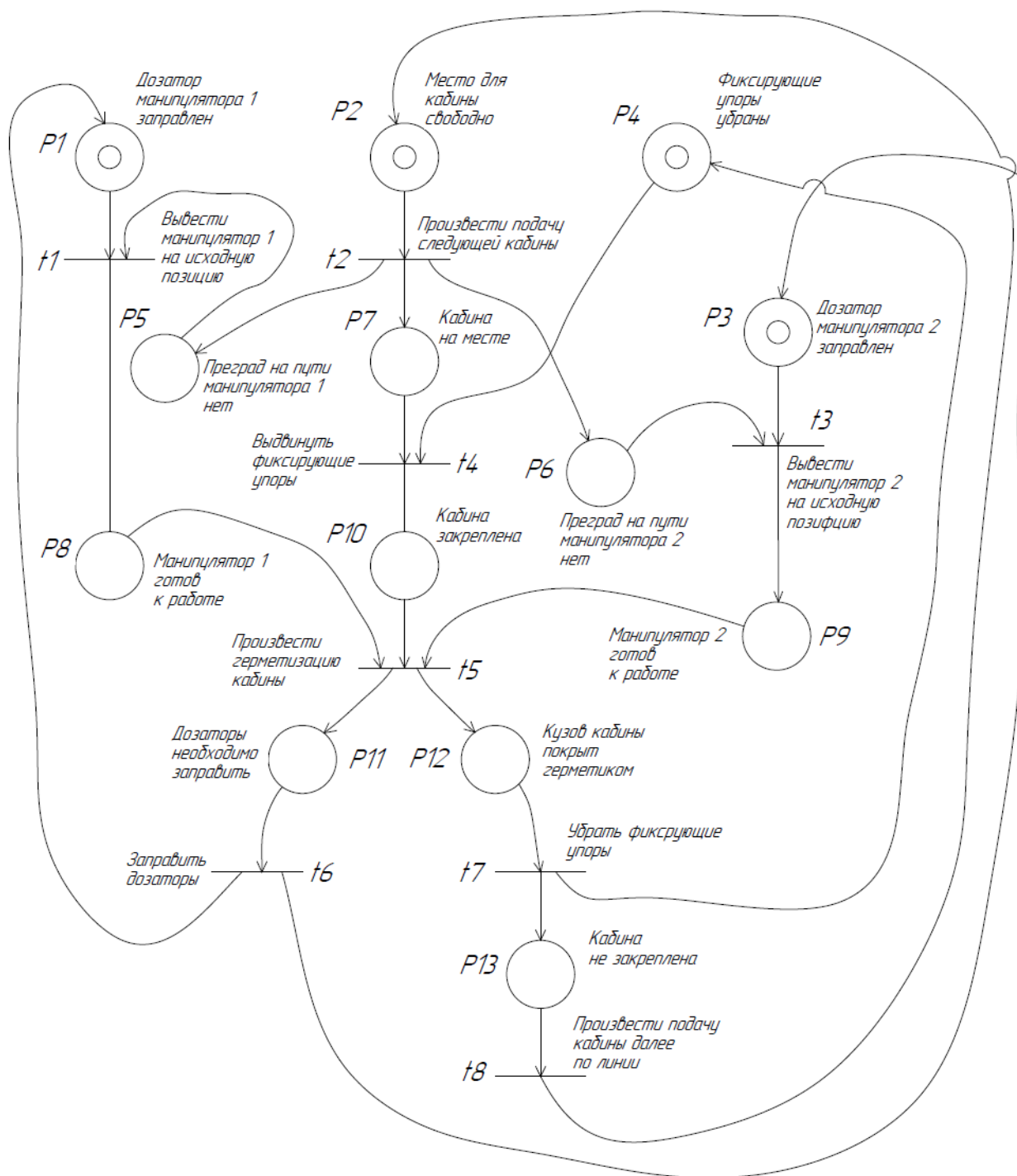


Рис. 4. Сеть Петри, описывающая алгоритм управления РТК для герметизации

В процессе проектирования сети Петри могут возникать тупиковые ветви и бесконечные ветви. А поскольку рассматриваемая операция должна выполняться циклично в рамках одного технологического процесса, то такие ветви алгоритма являются

недопустимыми и должны быть устранены. Для выявления тупиков необходимо составить дерево достижимых маркировок [3], т.е. граф, описывающий все возможные состояния рассматриваемой сети Петри. Дерево достижимых маркировок составляется путем перечисления количества фишек в каждой позиции после срабатывания каждого перехода. Вид такого дерева для исследуемой сети показан на рис. 5. Видно, что полученное дерево достижимых маркировок не имеет тупиковых ветвей, а также бесконечных циклов внутри сети, а это значит, что алгоритм управления РТК, представленный сетью Петри, пригоден для работы всего РТК в циклическом режиме.

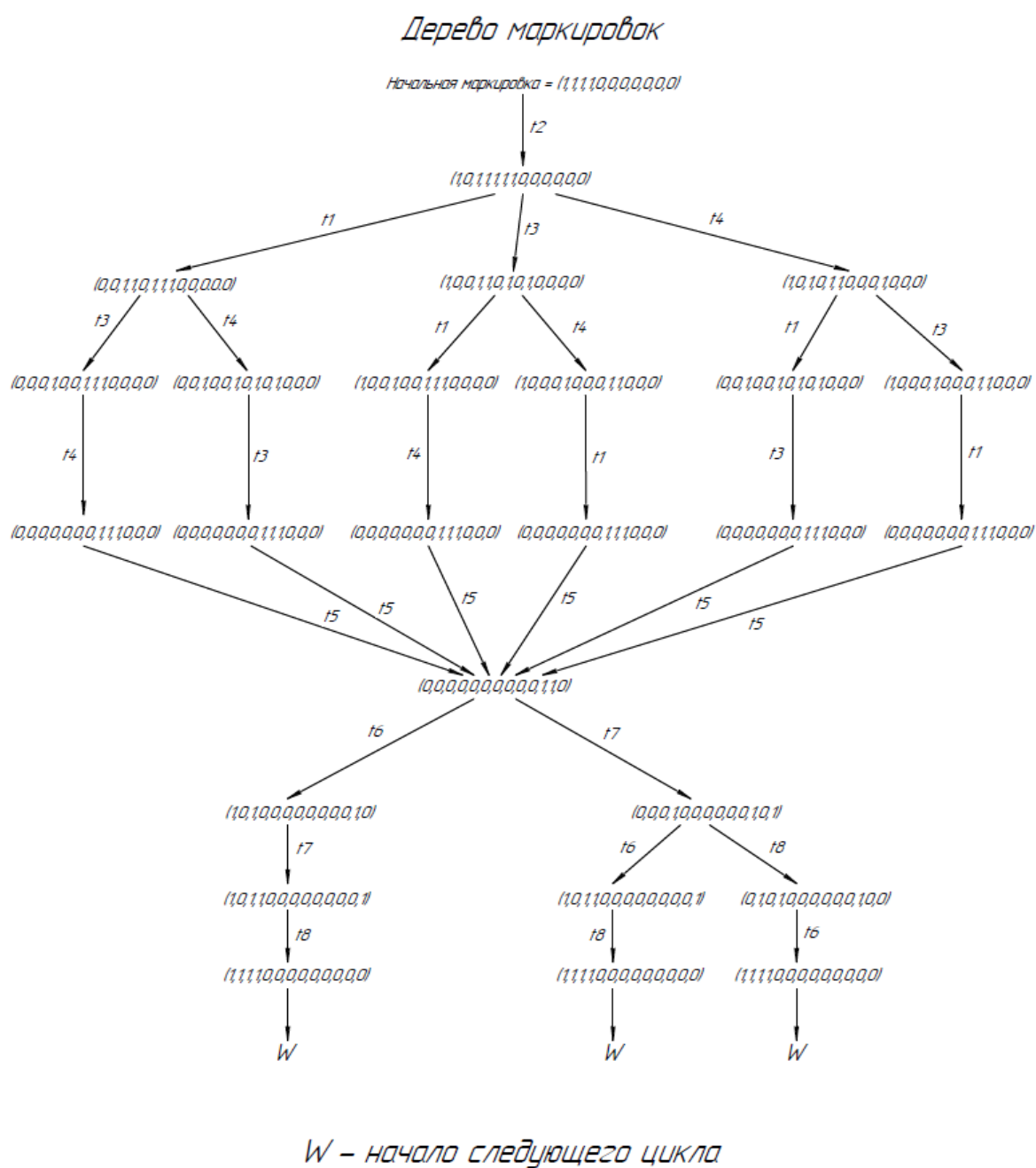


Рис. 5. Дерево достижимых маркировок

Заключение

На основании представленного алгоритма управления РТК сетью Петри, а также проведенного анализа полученной сети с помощью дерева достижимых маркировок, получены следующие выводы:

- сети Петри пригодны для представления с их помощью алгоритмов управления робототехническими комплексами;
- сети Петри позволяют отслеживать состояние системы управления в каждый момент времени при выполнении любого действия в ходе работы РТК;
- анализ сети Петри с помощью дерева достижимых маркировок позволяет найти нежелательные ветви в работе РТК и избавиться от них.

Список литературы

- [1]. Информационный портал для студентов. Режим доступа: <https://studopedia.org/8-195194.html> (дата обращения: 14.06.2018)
- [2]. Конспект лекции на тему сетей Петри. Режим доступа: <http://baumanki.net/lectures/3-bezopasnost-zhiznedeyatelnosti-i-ohrana-truda/71-lekcii-po-sistemnomu-analizu-i-modelirovaniyu-v-chs/1251-tema-6-seti-petri.html> (дата обращения: 15.06.2018)
- [3]. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 160 с.