

Управление процессами перевозок (включая системы сигнализации, централизации, блокировки)

УДК 656.25

© 2019 А. Р. Азизов, Ш. М. Юлдашев, А. Н. Садиков

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО РЕЛЕ

В статье рассматривается возможность использования теории сетей Петри для моделирования импульсного реле, широко применяемого в железнодорожной автоматике и телемеханике. Анализ сетей Петри показывает, что посредством их применения, можно разработать оптимальный алгоритм работы, в частности, импульсного реле, и создать благоприятные условия для получения программного обеспечения, моделирующего этот алгоритм. Сети Петри – инструмент исследования систем, позволяет моделировать системы посредством их математического представления в виде двудольного ориентированного мультиграфа [1]. Необходимость разработки программного обеспечения для моделирования импульсного реле связано с возможной реализацией этого устройства на микроэлектронной основе с применением микроконтроллеров.

Ключевые слова: импульсное электромеханическое реле; модель; позиция; фишка, переходы; напряжение срабатывания; микроконтроллер.

Введение. При создании цифровых автоматизированных систем различного назначения до последнего времени широко использовалась так называемая «жесткая» логика. Системы строились из отдельных логических блоков (реле, триггеров, регистров, вентилей, счетчиков и т.п.), выбор которых диктовался конкретным назначением системы. Подобным образом создаются и аналоговые схемы, структуры которых соответствуют выполняемым функциям и с трудом поддаются модификации.

Развитие технологии производства электронных компонентов привело к созданию больших и сверхбольших интегральных схем содержащих сотни тысяч и миллионы транзисторов на одном кристалле. Это позволяет реализовать в одном корпусе очень сложные функциональные устройства, в том числе и качественно новые изделия – микропроцессоры.

Микропроцессоры позволяют создавать системы общего назначения, которые легко адаптируются для решения конкретной задачи путем модификации программного обеспечения и незначительных схемных изменений. Таким образом, если разработчик систем на базе «жесткой» логики может пользоваться для реализации необходимых функций только аппаратными средствами, то при построении систем на базе микроэлектронной техники он получает в свое распоряжение как аппаратные, так и программные средства.

На железных дорогах республики Узбекистан широко используется электромагнитное реле типа ИМШ и ИМВШ [2]. Эти реле входят в комплект устройств, выполняющих функцию датчика по определению свободности или занятости участка пути целости и наличия рельсов. По своему функциональному назначению реле работает 24 часа в сутки, непрерыв-

но осуществляя замыкание и размыкание своих контактов. В среднем эти реле на данный момент времени уже наработали около 20 лет и естественно выработали свой рабочий ресурс. В настоящее время в системах железнодорожной автоматики и телемеханики идет активный процесс замены электромагнитных устройств на электронные, имеющие ряд преимуществ по отношению, к электромагнитным [3]. Для создания электронного аналога этого реле, выполненного с использованием микроконтроллера, необходимо разработать программное обеспечение. Данная статья посвящена созданию модели электромагнитного импульсного реле. По результатам исследования модели будет получен оптимальный алгоритм работы реле. Этот алгоритм послужит основой для разработки программного обеспечения и определения аппаратной комплектации микроэлектронного импульсного реле, функционально адекватного электромагнитному импульсному реле.

Описание модели

С целью моделирования устройства и последующего анализа модели использовались сети Петри. Как известно из [1] сеть Петри состоит из четырех элементов, множества позиций P и множество переходов T . При этом позиция P_1 определяет момент наличия соотношения:

$$U_{вх} \geq U_{ср}, \quad (1)$$

где $U_{вх}$ – напряжение на входных обмотках реле;

$U_{ср}$ – напряжение соответствующее напряжению срабатывания реле.

При выполнении данного соотношения в позиции появляется одна фишка.

Фишка (понятие сетей Петри) присваивается позициям и используется для определения выполнения условий перехода сети Петри [1].

Позиция P_6 определяет момент наличия соотношения:

$$U_{вх} \leq U_{ср}. \quad (2)$$

При выполнении этого условия в позиции появляется две фишки. Позиции P_2 и P_7 соответствует встроенному таймеру, после выполнения условий переходов T_1 и T_6 в эту позицию помещается одна фишка, после отсчета необходимого времени в эту позицию добавляется еще одна фишка. Необходимость включения таймера объясняется, имитацией инерционности механической системы электромагнитного реле. Механические характеристики реле, а именно время срабатывания, в технической литературе не приведено, однако в [2], приведены результаты испытания на прочность, путем включения и выключения импульсного реле, где за 1 минуту было проведено 150 включений. В этот период входит время на срабатывание и на возвращение якоря в исходное состояние, отсюда можно определить суммарное время срабатывания это 0,4с. Эту величину предполагается распределить между временем срабатывания и временем возвращение в исходное состояние. С целью защиты от импульсных помех таймеру на срабатывание следует выделить 0,35с, остальное присвоить таймеру на отпадание. Позиции P_4 и P_9 определяют фактическое выполнение условий для срабатывания реле. Переходы T_3 и T_8 запускаются при выполнении условий, что выдержка времени таймером выполнена. Переходы T_5 и T_{10} запускаются при выполнении условия, что реле находится в одном из крайних положений, либо под током позиция P_4 имеет фишку, либо без тока, тогда позиция P_9 имеет фишку. Наличие фишек либо их отсутствия в обеих позициях P_4 и P_9 недопустимо. Наличие одной фишки в позиции P_6 означает постоянное выполнение соотношения $U_{вх} < U_{ср}$. На рис. 1 показано состояние мультиграфа в исходном состоянии, когда реле обесточено и фишка находится в позиции P_9 . В этом состоянии мультиграф работает до перехода T_7 , который не запускается в виду невыполнения условий, т. к. отсутствует фишка в позиции P_4 .

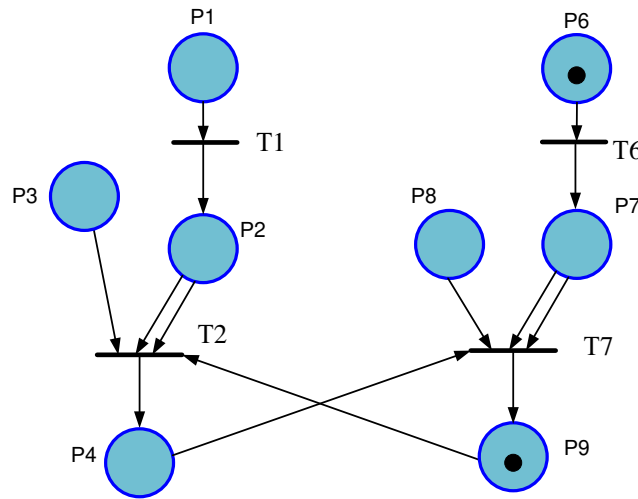


Рис. 1. Мультиграф обесточенного состояния реле, т. е. входное напряжение меньше напряжения срабатывания реле

Для сети Петри на рис. 1 расширенными входной и выходной функциями являются:

$I(P1) = \{\};$	$O(P1) = \{t_1\};$
$I(P2) = \{t_1\};$	$O(P2) = \{t_2\};$
$I(P3) = \{\};$	$O(P3) = \{t_2\};$
$I(P4) = \{t_2\};$	$O(P4) = \{t_7\};$
$I(P6) = \{\};$	$O(P6) = \{t_6\};$
$I(P7) = \{t_6\};$	$O(P7) = \{t_7\};$
$I(P8) = \{\};$	$O(P8) = \{t_7\};$
$I(P9) = \{t_7\};$	$O(P9) = \{t_2\};$
$I(t_1) = \{P1\};$	$O(t_1) = \{P2\};$
$I(t_2) = \{P3, P2, P2\};$	$O(t_2) = \{P4\};$
$I(t_6) = \{P6\};$	$O(t_6) = \{P7\};$
$I(t_7) = \{P7, P7, P8\};$	$O(t_7) = \{P9\};$

Моделирование срабатывания реле

В случае выполнения условия $U_{вх} \geq U_{ср}$ в позиции P1 сразу появляются фишка, создаются условия для запуска переходов T1 (рис. 2).

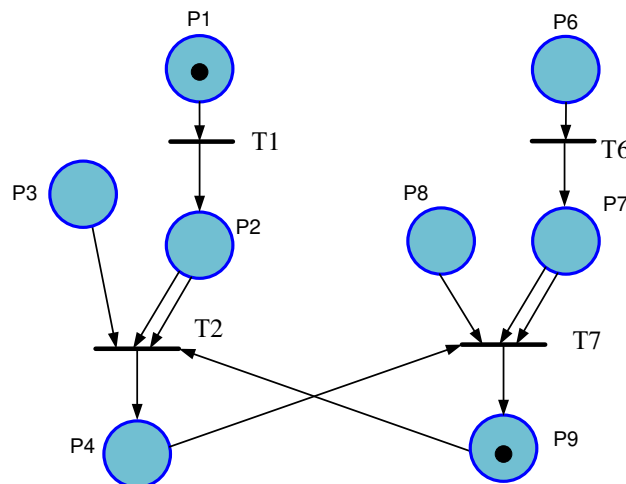


Рис. 2. Мультиграф после обнаружения момента, что входное напряжение на обмотках реле выше или равно напряжению срабатывания

После запуска перехода Т1, в позиции Р2 появляется фишка, означающая наличие факта превышения входного напряжения над напряжением срабатывания реле (рис. 3).

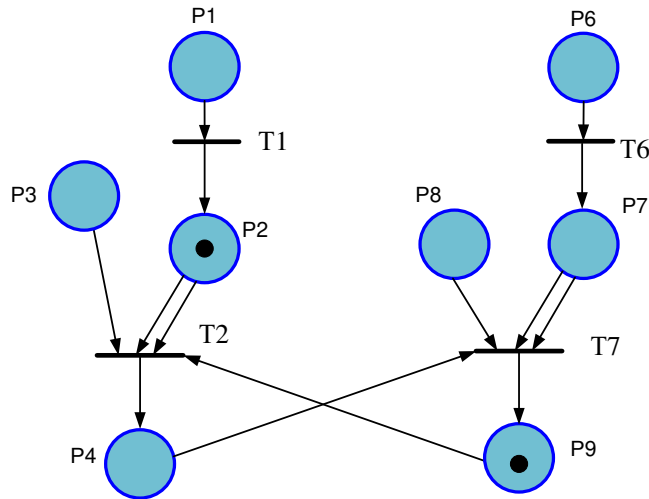


Рис. 3. Мультиграф после выполнения запуска перехода Т1

Появление фишки в позиции Р2 дает команду на запуск таймера выдержки времени. Наличие одной фишки в позиции Р2 не создает условий для запуска перехода Т3, который запускается после отсчета необходимой выдержки времени, в результате чего в позиции Р2 появляется вторая фишки (рис. 4).

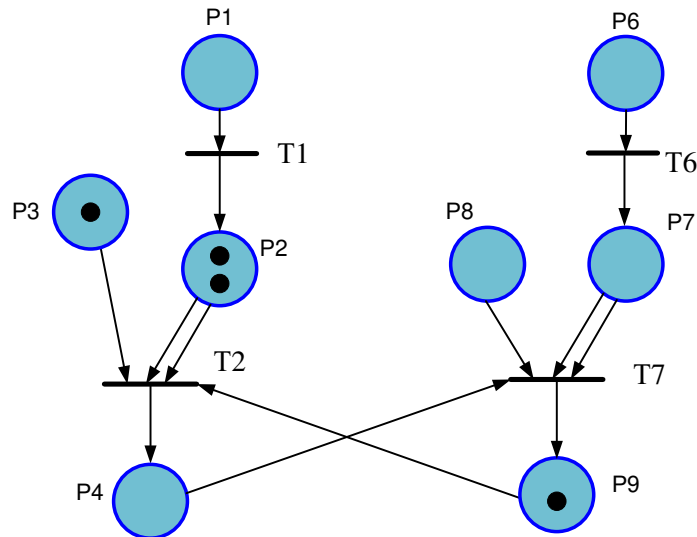


Рис. 4. Мультиграф после выдержки времени заложенной в таймере

Запуск перехода Т2 способствует. Наличие двух фишек в позиции Р2 и наличие фишки в позиции Р9, реле находится в обесточенном состоянии, а также подтверждение того факта, что в данный момент времени выполняется соотношение $U_{вх} \geq U_{ср}$, способствует запуску перехода Т2 и появлению фишки в позиции Р4, а также удалению фишек из позиции Р9, Р2 и Р3, что соответствует состоянию, когда реле находится под током (рис.5) размещению фишки в позиции Р4 (рис. 5). При наличии соотношения $U_{вх} \geq U_{ср}$ и наличии фишки в позиции Р4 и её отсутствие в позиции Р9 граф будет выполняться только до перехода Т2.

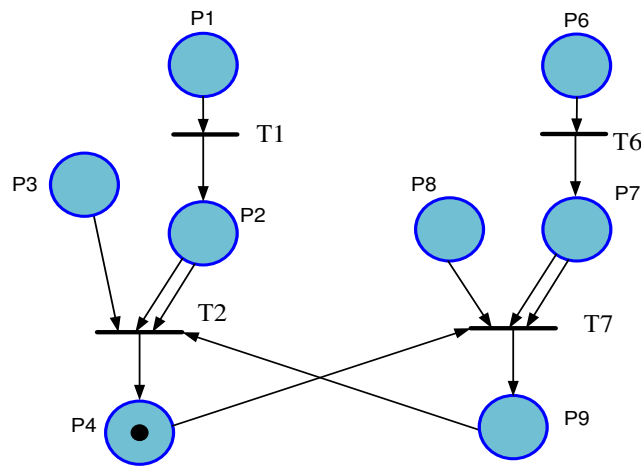


Рис. 5. Мультиграф состояния реле под током

Моделирование обесточивания реле

В случае выполнения условия $U_{ex} \leq U_{cp}$ в позиции P6, сразу появляется фишка, создаются условия для запуска перехода T6 (рис. 6).

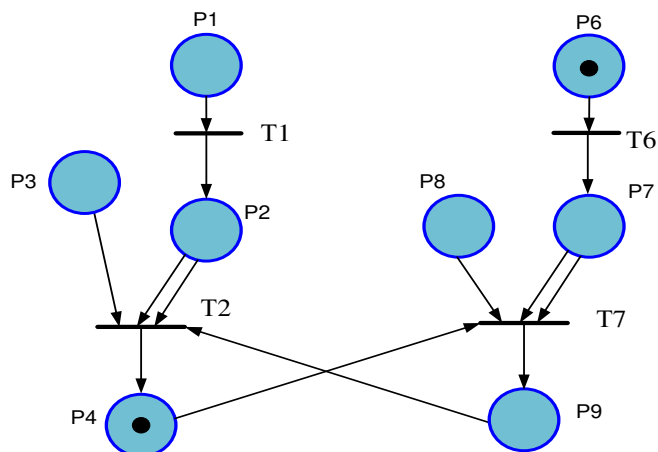


Рис. 6. Мультиграф обесточенного состояния реле, т. е. входное напряжение меньше напряжения срабатывания реле

После запуска перехода T6, в позиции P7 появляется фишка, означающая наличие факта не превышения входного напряжения над напряжением срабатывания реле (рис. 7).

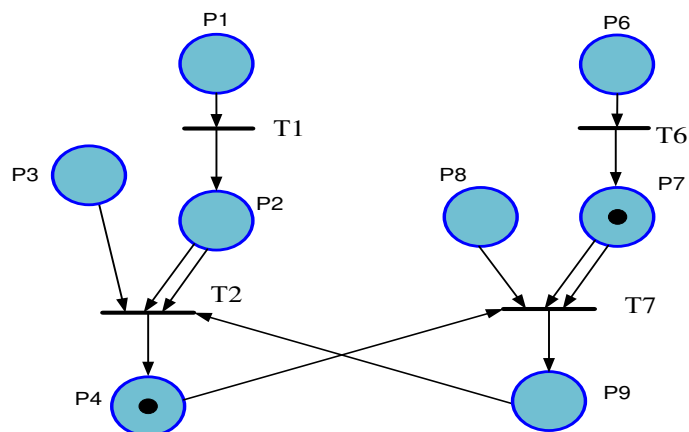


Рис. 7. Мультиграф после выполнения запуска перехода T6

Появление фишки в позиции P7 дает команду на запуск таймера выдержки времени. Наличие одной фишки в позиции P7 не создает условий для запуска перехода T7, который запускается после отсчета необходимой выдержки времени, соответствующей инерции реле при переходе реле в обесточенное состояние. После отсчета времени в позиции P7 появляется вторая фишка (рис. 8).

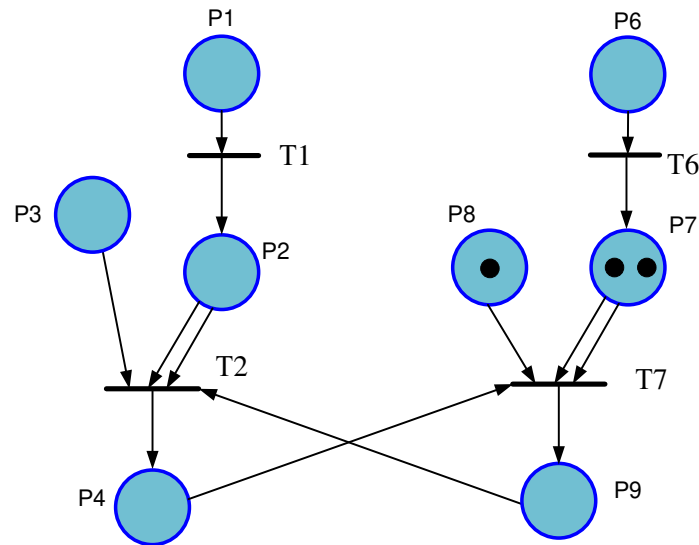


Рис. 8. Мультиграф после выдержки времени заложенной в таймере

Наличие двух фишек в позиции P7 и наличие фишки в позиции P8, подтверждение того факта, что в данный момент времени выполняется соотношение $U_{ex} \leq U_{cp}$, способствует запуску перехода T7 и появлению фишки в позиции P9, а также удалению фишек из позиции P8 и P7, что соответствует состоянию, когда реле находится без тока (рис. 1) размещению фишки в позиции P4 (рис. 5). При наличии соотношения $U_{ex} \geq U_{cp}$ и наличии фишки в позиции P4 и её отсутствия в позиции P9 граф будет выполняться только до перехода T2.

Анализ полученных результатов моделирования

Анализ работы графа сети Петри показал, что с целью обеспечения оптимальной и надежной работы микроэлектронного реле программное обеспечение должно состоять из двух независимых ветвей, которые соприкасаются только на переходах T2 и T7, что благоприятно скажется на работоспособности программного обеспечения. Динамический режим работы программного обеспечения дает возможность включать функции тестирования и контроля работоспособности реле. К примеру после исполнения аппаратной части микроэлектронного реле на переднюю панель будут выведены два светодиода, мерцающее свечение, которых означает работа счетчика выдержки времени при выполнении условий $U_{ex} \geq U_{cp}$, либо при выполнении условий $U_{ex} < U_{cp}$. Это дает косвенное подтверждение исправного состояния реле.

Анализ модели с помощью мультиграфа показывает, что для реализации проекта по разработке микроэлектронного реле, аналога ИМШ (ИМВШ) можно применить один микроконтроллер, который реализует данный мультиграф. Однако с позиции получения более простого и, как следствие, более надежного в плане снижения вероятности появления опасных отказов, программного обеспечения предпочтительнее использовать два микроконтроллера. Один будет работать с позициями P1-P4 и переходами T1-T2, второй контроллер с позициями P6-P9 и переходами T6-T7.

В первоначальном варианте разработки и исследования модели мультиграф не содержал позиции P3 и P8. Однако в этом случае был выявлен недостаток работы мультиграфа, а именно при наличии кратковременного соотношения $U_{ex} \geq U_{cp}$ (импульсная помеха) реле сработает, так как при выполнении условия перехода T1 не проверяется текущее присутствие

необходимого напряжения срабатывания на входе реле. Это приведёт к кратковременному срабатыванию реле, что отрицательно скажется на работе системы, которая получает информацию от реле. Для исключения этого недостатка необходимо, при выполнении условия перехода T2 проверять наличие соотношения $U_{вх} \geq U_{ср}$ на входе реле. С этой целью дополнительно вводятся позиция P2, которая имеет фишку только при текущем наличии выше указанного соотношения. По той же причине для исключения кратковременного обесточивания реле вводится позиция P8, которая будет иметь фишку только при выполнении соотношения $U_{вх} < U_{ср}$.

Заключение

Выполненные в данной работе исследования показывают, что Сети Петри являются оптимальным методом моделирования не только систем, но и устройств. Полученная модель разрабатываемого микроэлектронного импульсного реле, в виде сетей Петри, дает все возможности для создания надежного программного обеспечения. Это проявляется на примере защиты от действий помех, на входе импульсного реле. Для получения надежного, в смысле безопасности движения поездов, программного обеспечения, необходимо эмпирическим путем определить временные параметры электромагнитного импульсного реле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. М. : Мир, 1984. 264 с.
- 2 Сороко В.И. Реле железнодорожной автоматики и телемеханики. М. : НПФ «ПЛАНЕТА», 2002. 696 с.
- 3 Микропроцессорные системы централизации / Под ред. Вл. В. Сапожникова. М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2008. 398 с.

УДК 656.225.073.436.08

© 2019 С. В. Карасев, В. И. Медведев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ ВАГОНОВ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ НА ОСНОВЕ ДВУХВАРИАНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РОСПУСКА

Задача обеспечения безопасности роспуска с горок вагонов, загруженных опасными грузами, с учетом возможности появления сложных условий природной среды, может быть принципиально решена, наряду с совершенствованием существующей системы и специализацией нескольких путей сортировочного парка для роспуска на них вагонов опасными грузами, внедрением гибкой (двухвариантной) технологии роспуска вагонов с опасными грузами. Определен состав задач по реализации двухвариантной технологии роспуска: 1) Определение для каждого сортировочного комплекса вариантов ветровых условий; 2) Разработка режимных технологических карт безопасной вариантной технологии роспуска составов с вагонами, загруженными опасными грузами; 3) Разработка дополнительного комплекса технических средств для автоматизированных сортировочных горок. Реализация предлагаемой методологии гарантированного обеспечения безопасных условий роспуска вагонов обеспечит минимизацию риска, повысит безопасность и функциональную надежность сортировочного процесса на горочных станциях сети.

Ключевые слова: автоматизация, ветровая нагрузка, железнодорожные станции, опасные грузы, сортировочная работа, переработка составов, сортировочные горки, роспуск вагонов и отцепов.

Актуальной в настоящее время остается задача оптимизации технологии переработки на сортировочных горках вагонов, загруженных опасными грузами (ОГ). В случае изменения условий их пропуска через горку [1–3] с целью более рационального использования перерабатывающей способности, в первую очередь, необходимо определить условия безопасной реализации новой упрощенной технологии роспуска, в том числе в части допустимых параметров внешней среды. Последние не должны снижать общий установленный уровень безопасности [4] процесса расформирования и формирования составов с вагонами, загружен-