MODEL, ALGORITHM AND OPERATION of MICROELECTRONIC RELAY "РИ" BLOCK "УП-М"

Azizov A., Ametova E.
Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

Annotation: The purpose of the article is to solve the innovative problem of using contactless devices in block electrical centralization systems, namely in train route control circuits, a model based on a multigraph of a Petri net is developed and investigated. The input and output functions of positions and transitions are formalized. Based on the results of the model study, an algorithm for the operation of the artificial route cutting circuit of the microelectronic control unit of the firing-free section of the track at the station was obtained, a functional scheme of the microprocessor control unit was proposed.

Keywords: railway transport, safe control of train traffic, electromagnetic relays, graph theory, modeling.

МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННОГО РЕЛЕ РИ БЛОКА УП-М

Азизов А., Аметова Э.
Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация: Целью статьи является решение инновационной задачи по применению бесконтактных приборов, в системах блочной электрической централизации, а именно в цепях управления поездными маршрутами, разработана и исследована модель на основе мультиграфа сети Петри. Формализованы входные и выходные функции позиций и переходов. По результатам исследования модели получены алгоритм работы цепи искусственной разделки маршрута микроэлектронного блока контроля бесстрелочного участка пути на станции, предложена функциональная схема микропроцессорного блока управления.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасное управление движением поездов, электромагнитные реле, теория графов, моделирование.

К основным задачам, устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, относится обеспечение безопасного управления транспортным процессом. Задержки поездов, связанные с повреждениями устройств СЦБ, ощутимым образом отражаются в виде экономических потерь. Большая часть основного оборудования, функциональное назначение которого заключается в обеспечении безопасности движения поездов, состоит из устройств срок службы, которых перевалил далеко за 60 лет, чем объясняются наличие достаточного количество кратковременных повреждения, причиной которых является состояние морально и технически устаревшего оборудования. Поэтому создание и внедрение новых систем автоматизации железных дорог с использованием микроэлектронных технологий, методом решения инновационных проблем, является актуальной научной задачей. Использование достижений современной системной инженерии, в области синтеза управляющих и контролирующих систем, на основе микропроцессоров, позволяет обеспечить более эффективное и безопасное управление транспортными процессами [1,5,7-9]. Надежная работа таких систем возможна при наличии элементов, в структуре которых отсутствуют либо минимизировано количество механических устройств переключения, в микропроцессорных устройствах имеется возможность проводить постоянный мониторинг собственного состояния [4]. В этой ситуации большое значение приобретают вопросы, связанные с внедрением компьютерных технологий, микроконтроллеров в устройствах и

системах железнодорожной автоматики и телемеханики, вместо традиционных электромагнитных релейных устройств и систем [2.3-7].

Одним из способов повышения надежности технических средств, обеспечивающих оптимальную установку и открытии маршрутов движения поездов, является внедрение устройств, логические функции которых реализованы не на контактах электромагнитных реле, а выполнены на программном уровне и методом применения электронных бесконтактных реле.

Задачей данной статьи является решение инновационной задачи по применению бесконтактных приборов, в цепи управления поездными и маневровыми маршрутами, что обеспечит повышение безопасности перевозок за счет увеличения надежности, технического состояния устройств, управления. Для достижения этой цели использовались методы теории графов, а именно сети Петри, и цифровой обработки информации [10,11,12,17].

Для решения поставленной задачи синтеза электрических цепей на безконтактных элементах, проведем анализ функционального назначения реле искусственной разделки маршрутов, назначение которого заключается в размыкании секций маршрутов, которые в следствии каких, либо причин не были разомкнуты автоматически. Принципиальная схема электрических цепей реле РИ помимо цепей возбуждения имеет две независимые цепи самоблокировки, питающиеся от одного источника питания (рис.1). Построим граф отражающий возможные варианты срабатывания и обесточивания реле РИ.

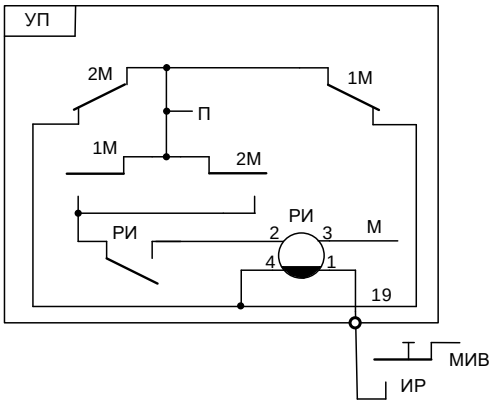

Рис. 1. Принципиальная схема включения реле РИ релейного блока

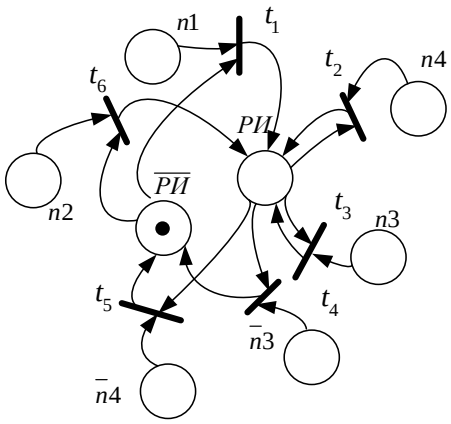

Рис. 2. Граф обесточенного состояния реле РИ.

Граф сети Петри такой реализации цепей срабатывания реле РИ показан на рис.2. Данная сеть Петри описывается четверткой $C = (N, T, I, O)$. Позиция графа описывается множеством $N = \{n_1, n_2, n_3, \overline{n}_3, n_4, \overline{n}_4, РИ, \overline{РИ}\}$, где $n1$=(1-9) $\wedge 1\overline{М} \wedge П$, $n2$=(1-9) $\wedge 2\overline{М} \wedge П$, $n3 = П \wedge 2\overline{М} \wedge РИ \wedge М$, $\overline{n}3 = П \vee 2М \vee \overline{РИ} \vee М$, $n4 = П \wedge 1\overline{М} \wedge РИ \wedge М$, $\overline{n}4 = П \vee 1М \vee \overline{РИ} \wedge М$, где $РИ$ отражает возбужденное состояние реле РИ, а $\overline{РИ}$ - обесточенное состояние реле, при этом должно соблюдаться условие, что $РИ + \overline{РИ} = 1$, т.е. $РИ = 1, \overline{РИ} = 0$ либо $РИ = 0, \overline{РИ} = 1$, этим отражается условие положения реле либо оно под током, тогда $РИ = 1$, либо реле обесточено, тогда $\overline{РИ} = 1$. Переходы графа описывается множеством $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$. I: T $\rightarrow$ P^8 является входной функцией – отображением из переходов в комплекты позиций. O: T $\rightarrow$ P^8 есть выходная функция – отображение из переходов в комплекты позиций. Входные и выходные функции используются для отображения позиций в комплекты переходов, а также наоборот. Для маркированной сети

Петри состояние переменных описывается системой уравнений (1), расширенными входными и выходными функциями является система уравнений (2). Исследуем поведение графа при возможном срабатывании реле РИ, которое имеет место при нажатии одноименной кнопки РИ (рис.1), при этом выполняются условия для помещения фишки в позицию $n1$ (рис.3).

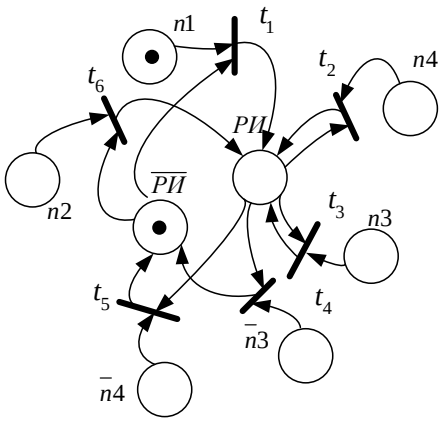

Рис. 3. Граф состояния реле РИ для условия перехода фишки в позицию

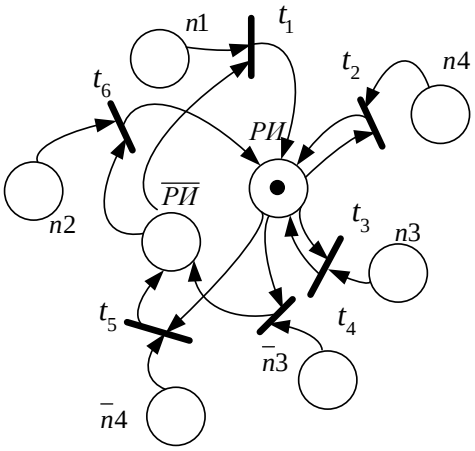

Рис. 4. Граф состояния, отражающего возбужденное состояние реле РИ.

Наличие фишки в этой позиции создает условие для запуска перехода t_1 и выполняется условия входной функции $I(t_1)=\{n1,\overline{РИ}\}$, так как фишка также находится в позиции $\overline{РИ}$. Запуск перехода в соответствии с его выходной функцией $O(t_1)=\{РИ\}$ способствует переносу фишки в позицию $РИ$, согласно ее входной функции $I(РИ)=\{t_1,t_2,t_3,t_6\}$, в этом случае граф примет вид (рис3), что соответствует срабатыванию реле РИ, при этом граф примет вид представленный на рис.4.

$$
\begin{aligned}
&n1=(1\text{-}9)\wedge 1\overline{M}\wedge \Pi;\\
&n2=(1\text{-}9)\wedge 2\overline{M}\wedge \Pi;\\
&n3=\Pi\wedge 2\overline{M}\wedge РИ\wedge \mathrm{M};\\
&\overline{n}3=\Pi\vee 2M\vee \overline{РИ}\vee \mathrm{M};\\
&n4=\Pi\wedge 1\overline{M}\wedge РИ\wedge \mathrm{M};\\
&\overline{n}4=\Pi\vee 1M\vee \overline{РИ}\wedge \mathrm{M}.
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

$$
\begin{aligned}
&I(РИ)=\{t_1,t_2,t_3,t_6\}; && O(РИ)=\{t_2,t_3,t_4,t_5\};\\
&I(\overline{РИ})=\{t_4,t_5\}; && O(\overline{РИ})=\{t_1,t_6\};\\
& && O(n1)=\{t_1\};\\
& && O(n2)=\{t_6\};\\
& && O(n3)=\{t_3\};\\
& && O(\overline{n}3)=\{t_4\};\\
& && O(n4)=\{t_2\};\\
& && O(\overline{n}4)=\{t_5\};\\
&I(t_1)=\{n1,\overline{РИ}\}; && O(t_1)=\{РИ\};
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

$I(t_2)=\{n4, РИ\};$ $O(t_2)=\{РИ\};$

$I(t_3)=\{n3, РИ\};$ $O(t_3)=\{РИ\};$

$I(t_4)=\{\overline{n}3, РИ\};$ $O(t_4)=\{\overline{РИ}\};$

$I(t_5)=\{\overline{n}4, РИ\};$ $O(t_5)=\{\overline{РИ}\}.$

Сработав реле РИ должно встать на самоблокировку, что выполняется помещением фишки в позицию, при выполнении условий, что $n3=П\wedge 2\overline{M}\wedge РИ\wedge М{=}1$, либо $n4=П\wedge 1\overline{M}\wedge РИ\wedge М{=}1$. Это определяется конкретным задаваемым маршрутом движения поезда. Предположим, что имеет место выполнения условия $n3{=}1$, тогда фишка будет помещена в позицию $n3$ и граф примет вид представленный на рис.5. Анализ состояния этого графа позволил сделать вывод, что одновременное присутствие фишек в позициях $n3, РИ$ обеспечивает выполнение входной функции $I(t_3)=\{n3, РИ\}$ и запуску перехода t_3. Выходная функция этого перехода $O(t_3)=\{РИ\}$ способствует переносу фишки в позицию $РИ$ этим самым выполняется периодичность перемещения фишки в эту позицию до момента наличия обрыва цепи самоблокировки реле РИ. Предположим, что обрыв цепи самоблокировки осуществляется согласно переменной $\overline{n}3$, т.е. выполняется условие $\overline{n}3=П\vee 2M\vee\overline{РИ}\vee М{=}1$, тогда фишка из позиции $n3$ переместиться в позицию $\overline{n}3$ и граф примет вид представленный на рис.6.

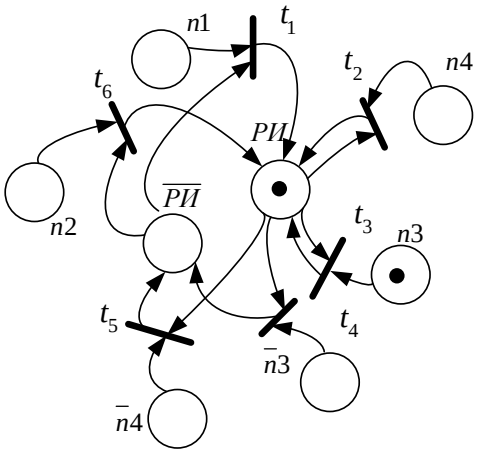

Рис. 5. Граф состояния, отражающего самоблокировку реле РИ по переменной $n3$.

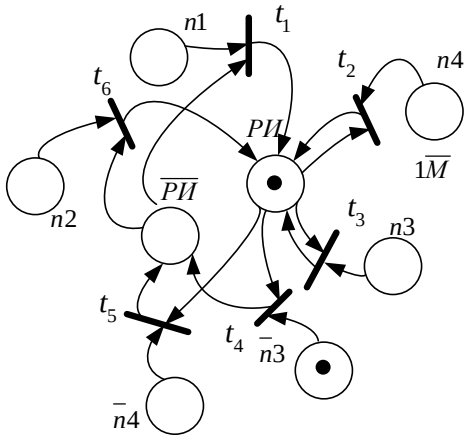

Рис. 6. Граф состояния, отражающего обрыв цепи самоблокировки реле РИ по переменной $\overline{n}3$.

Анализ состояния графа, показала, что созданы условия для запуска перехода t_4, так как его входная функция $I(t_4)=\{\overline{n}3, РИ\}$ предполагает наличие фишек в двух позициях $\overline{n}3$ и $РИ$. Запуск этого перехода согласно его выходной функции $O(t_4)=\{\overline{РИ}\}$ и входной функции позиции $I(\overline{РИ})=\{t_4, t_5\}$ способствует переносу фишки в позицию $\overline{РИ}$, что соответствует обесточиванию реле РИ. Выше перечисленные рассуждения справедливы для позиций $n2, n4$ и $\overline{n}4$. Функционая схема реализации срабатывания реле РИ в микроэлектронном блоке УП-М приведена на рис.7. Рассмотрим работу реле РИ, при нажатой кнопке ИР и выполнении условий переменной $n1$ откроется микросхема D4, а

также в этом случае плюсовой полюс источника питания поступит на вход микросхемы D1, минус источника питания подключен к клемме 1-9 (рис.1). Сработав микросхема D1 подает сигнал (РИх) на вход микроконтроллера D7, программное обеспечение, которого воспримет эту информацию, что реле РИ сработало и установит переменные.

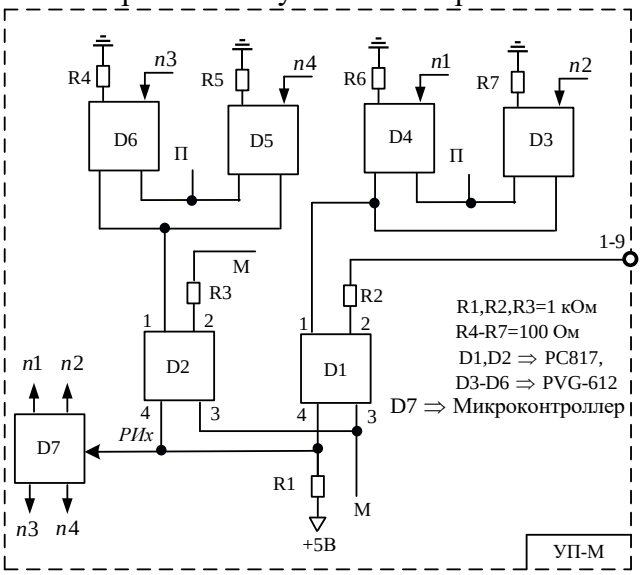

Рис.7. Функциональная схема реализации реле РИ микроэлектронного блока УП-М

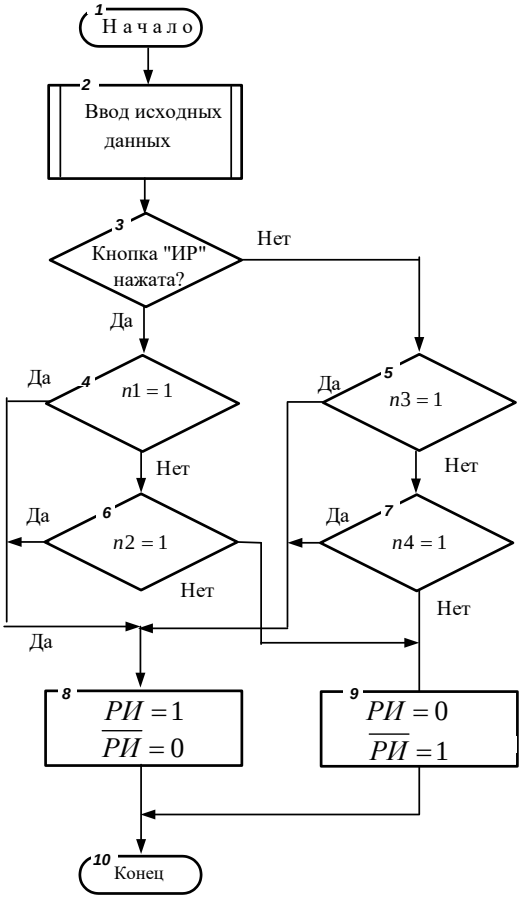

Рис.8. Алгоритм реализации реле РИ микроэлектронного блока УП-М

В следующее состояние $РИ = 1, \overline{РИ} = 0$. Цепь самоблокировки обеспечивается выполнением условий переменной $n4$, при этом открывается микросхема D5и плюсовой потенциал источника питания поступает на вход микросхемы D2, что приводит к ее открытию и подачи на вход микроконтроллера сигнала РИх. Обрыв цепи самоблокировки происходит при выполнении условий переменных $n3 = 0, \overline{n}3 = 1$ и $n4 = 0, \overline{n}4 = 1$. В этом случае закроются микросхемы D6, D5, что приведет к закрытию микросхем D2, D1 и прекращению подачи сигнала РИх в микроконтроллер D7, программное обеспечение которого присвоит переменным следующие значения $РИ = 1, \overline{РИ} = 0$, т.е. реле РИ обесточено. Алгоритм работы реле РИ микроэлектронного блока УП-М приведен на рис.8.

В результате разработки и исследования модели реле искусственной разделки без стрелочного участка на станции микроэлектронного устройства контроля состояния, реализована электрическая цепь этого реле микропроцессорного блока исполнительной группы, созданы и исследованы математические модели, состояния реле РИ для случаев возбуждения, самоблокировки и обесточивания. В результате исследований, которые проводились на основе теории графов маркированных сетей Петри, получены алгоритмы работы реле РИ с использованием опторелe при отсутствии автоматического размыкания секции для поездных и маневровых передвижений на станции для микропроцессора блока контроля за состоянием без стрелочного участка пути. Разработана функциональная схема срабатывания и обесточивания опторелe РИ, с применение микросхемы (PC-817), где учтены все режимы его работы. Разработанный алгоритм работы, обеспечивает возможность совместного использования микропроцессорного блока УП-М с другими релейными блоками, для случая поэтапного его внедрения.

Список литературы

1. Прохоренко А.Г. Средства расширения функциональных возможностей систем оперативного управления движением на железнодорожных станциях. Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск: Издательство университета ДвГУПС, 2016. – С.101-105.

2. Аметова Э.К., Азизов А.Р. Теория сетей Петри при разработке и исследовании математической модели блока НСО. ФарПИ ИТЖ. 2019, №5 с.93-98.

3. Aripov N., Sadikov A., Ubaydullayev S. Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 05039.

4. Baratov D. et al. Automated technology of control of technical documentation of automation and telemechanics //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2023. – Т. 2612. – №. 1. 10.1063/5.0135326

5. Efanov D.V., Osadchiy G.V., Plotnikov D.G., Banite A.V., Norov B.K., Ruziev D.Kh. Green Technologies for Management on Railroad Transportation // E3S Web of Conferences, Vol. 264, 2021, International Scientific Conference Construction Mechanics, Hydraulics & Water Resources Engineering (CONMECHYDRO-2021), Tashkent, Uzbekistan, April 1-3, 2021, pp. 1-8, doi:10.1051/e3sconf/202126404058.

6. Obid Muhiddinov; Sunnatillo Boltayev Route management modeling of high-speed trains on the train dispatcher section E3S Web of Conferences 2023 | Journal article doi: 10.1051/e3sconf/202337604033.

7. Azizov A.R., Ametova E.K. Developing of microelectronic block HCC. // IJARSET, India: Vol. 6, Issue 3, March 2019, P. 8563-8567. (05.00.00; №8).

8. Ametova E., Azizov A., Yuldashev Sh. Microprocessor technology in the devices railway, Asian Journal of Research № 4-6, 2020.

9. Goce L. Arsov The 40-th Anniversary of the Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis – SPISE, IX Symposium Industrial Elektronics INDEL 2012, Banja Luka / L. Gose. – November 1–3. –2012. – Pp. 6–21.

10.Дж. Питерсон. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. / – М.: Мир, 1984. – 264 с.

11. Никитин, А. Б. Повышение эффективности систем электрической централизации / А. Б. Никитин // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 4. – С. 4-7.

12. Сапожников В.В., Никитин А.Б. Микропроцессорная система электрической централизации МПЦ-МПК. Наука и транспорт. – Спб.: Издательский дом ООО «Т-ПРЕССА», 2009. – С18-21.

13. Сапожников Вал.В., А.А. Лыков, А.В. Петров, Г.В. Осадчий Моделирование релейно-контактных схем/ // Транспорт Урала. – 2007. – №3. – С. 46–50.

14. Система МПЦ Simis-W для высокоскоростной линии HSL – Zuid // Железные Дороги Мира. – 2007. – № 10. – С. 69-73.

15. Аметова Э.К. Практическая реализация электрических цепей кнопочных реле микропроцессорного наборного блока НСО-М. Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. Сборник научных статей десятой международной научной конференции. 30 ноября 2019г. Часть 1. Казань. ООО “Конверт”, 2019. 332с. стр.58-62.

16. Intelligent Transport Systems (ITS) for sustainable mobility. UN, Economic Commission for Europe, UNECE. Geneva, February 2012. – 120 pp.

17. Modern Transport Telematics / Ed. Jerzy Mikulski //11th International Coference on Transport Systems Tlematics, TST 2011. Katowice-Ustron, Poland, October 19-22, 2011. – 418 p.