

Снижение энерго- и материалоемкости рельсовых цепей



Петр БЕСТЕМЬЯНОВ
Petr Ph.BESTEMIANOV

Виктор ЛИСЕНКОВ
Victor M.LYSENKOV



Александр ВАНЬШИН
Alexander E.VANSHIN

Бестемьянов Петр Филлимонович — доктор технических наук, профессор, директор Института транспортной техники и систем управления Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Лисенков Виктор Михайлович — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой автоматики и телемеханики МИИТ.
Ваньшин Александр Евгеньевич — ассистент МИИТ.

Авторы рассматривают метод временного контроля состояния рельсовых линий, который в отличие от постоянного контроля не нуждается в использовании измерительной аппаратуры, непрерывно потребляющей энергию. Доказывается, что одновременно с помощью математической модели достигаются и совокупная экономия электрических мощностей, и снижение материалоемкости рельсовых цепей, и более рациональное распределение производственных площадей.

Ключевые слова: рельсовые цепи, расчетная методика, энергоёмкость, материалоемкость, автоблокировка, временной контроль, математическая модель.

На сети железных дорог широкое распространение получили рельсовые цепи с постоянным контролем состояния рельсовых линий (РЛ). Они отличаются тем, что их аппаратура постоянно подключена к рельсовым линиям и непрерывно потребляет энергию. При этом общий объем аппаратуры (материалоемкость) V_a , необходимый для оборудования участка с $n_{\text{ц}}$ рельсовыми цепями, равен

$$V_a = n_{\text{ц}} V_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ц}}$ — объем аппаратуры одной рельсовой цепи.

Кроме того, производственная площадь S_a , необходимая для размещения аппаратуры всех рельсовых цепей, также пропорциональна их числу, а именно

$$S_a = n_{\text{ц}} S_{\text{ц}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{ц}}$ — площадь, предназначенная к размещению аппаратуры одной рельсовой цепи.

Для сокращения энергоёмкости рельсовых цепей, а также материалоемкости V_a и производственной площади S_a были предложены варианты цепей с временным контролем состояния рельсовых линий. Они отличаются тем, что один комплект аппаратуры рельсовой цепи поочередно

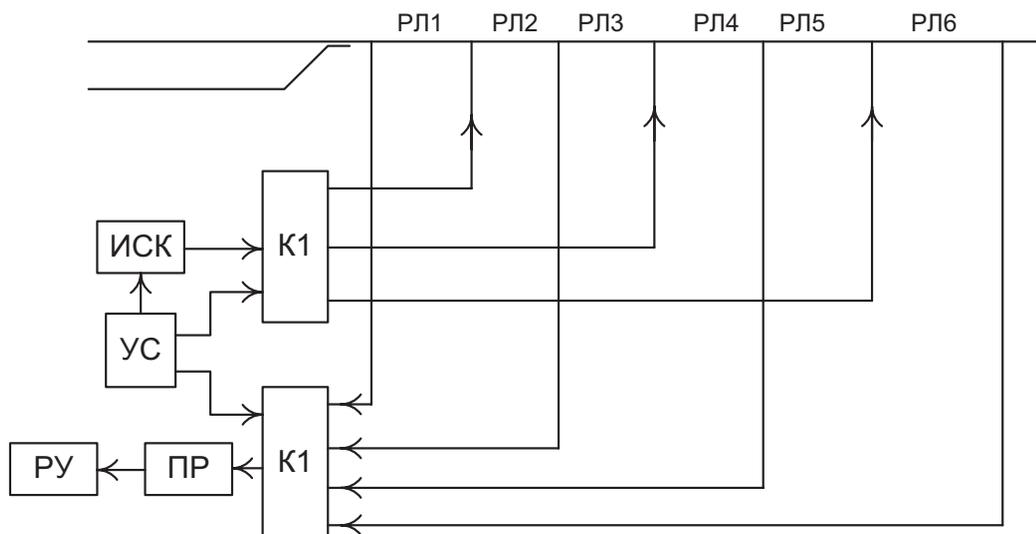


Рис. 1. Функциональная схема аппаратуры рельсовой цепи с временным контролем состояния РЛ.

контролирует состояние нескольких рельсовых линий, т. е. имеет место многократное использование аппаратуры.

Функциональная схема аппаратуры рельсовой цепи с временным контролем состояния линий приведена на рис. 1. На схеме использованы следующие обозначения: РЛ – рельсовая линия; ИСК – источник сигналов контроля состояний РЛ; ПР – приемник сигналов контроля; К1 – коммутатор, периодически подключающий выход ИСК ко входам рельсовых линий; К2 – коммутатор, периодически подключающий вход ПР к рельсовым линиям; УС – устройство синхронизации работы коммутаторов К1 и К2; РУ – решающее устройство для оценки состояния РЛ. Максимальное число рельсовых линий, состояние которых может контролироваться одним комплектом аппаратуры рельсовой цепи при ее многократном использовании, определяется соотношением

$$n_{\text{Ц}} = t_{\text{АБ}}/t_{\text{РЦ}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{АБ}}$ – инерционность системы автоблокировки (АБ),

$t_{\text{РЦ}}$ – инерционность рельсовой цепи.

Под инерционностью $t_{\text{АБ}}$ понимается время от момента изменения состояния рельсовой линии до момента изменения показания напольного светофора, ограждающего блок-участок с этой рельсовой линией. Под инерционностью $t_{\text{РЦ}}$ подраз-

умеваются допустимое время от момента изменения состояния рельсовой линии до момента обнаружения его решающим устройством. Максимальное количество $n_{\text{Ц}}$ зависит от максимально допустимой величины $t_{\text{АБ}}$ и минимально допустимой величины $t_{\text{РЦ}}$. Максимальная допустимая инерционность АБ ограничивается требуемой пропускной способностью участка, а минимальная инерционность рельсовой цепи – её минимальной допустимой помехоустойчивостью, поэтому

$$n_{\text{Цmax}} = t_{\text{АБmax}}/t_{\text{РЦmin}}. \quad (4)$$

Помехоустойчивость рельсовой цепи зависит от помехоустойчивости сигналов контроля состояния рельсовых линий, помехоустойчивости приемников ПР, алгоритма функционирования РУ и энергии сигнала контроля [1].

При переходе от непрерывного к временному контролю с $n_{\text{Ц}}$ -кратным использованием аппаратуры рельсовой цепи примерно в $n_{\text{Ц}}$ раз уменьшаются V_a и S_a . Кроме того, уменьшается в $n_{\text{Ц}}$ раз энергия сигналов контроля из-за уменьшения в $n_{\text{Ц}}$ раз времени контроля, и тогда уменьшается помехоустойчивость ПР и увеличивается вероятность ошибок РУ при оценке состояний РЛ.

Для сохранения уровня безопасности функционирования рельсовой цепи при переходе к временному контролю надо



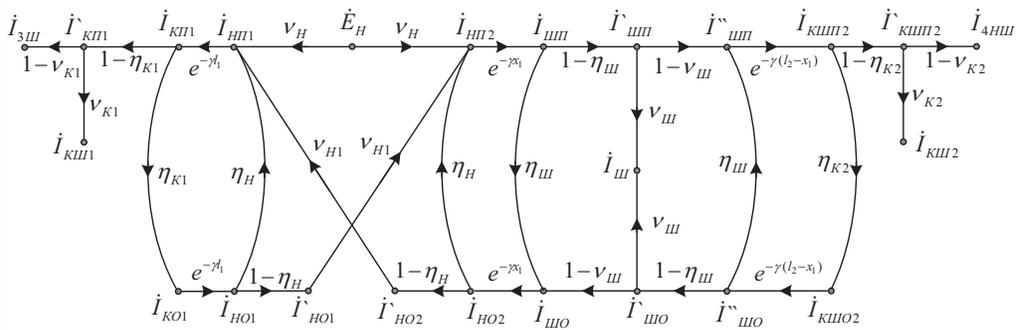


Рис. 2. Направленный граф рельсовых линий без изолирующих стыков при расположении шунта в пределах l_2 .

либо увеличить энергию сигналов контроля рельсовых линий (КРЛ) путем увеличения мощности в $\sqrt{n_0}$ раз, либо повысить помехоустойчивость сигналов КРЛ и ПР. Следует, однако, иметь в виду, что в традиционных рельсовых цепях с постоянным контролем реальное время обработки сигналов контроля существенно меньше времени t_{AB} и поэтому при переходе от непрерывного к временному контролю в ряде случаев реально может не происходить снижения помехоустойчивости ПР. Иначе говоря общая энергия сигналов, нужная для контроля всех рельсовых линий, значительно снижается.

Математическая модель рельсовой цепи в виде направленного графа для расчета мощности, потребляемой ею в нормальном и шунтовом режимах, приведена на рис. 2.

Полагается, что рельсовые линии l_1 и l_2 , включенные соответственно слева и справа от источника сигналов КРЛ с э. д. с. E_1 и внутренним сопротивлением Z_H , нагружены на сопротивления, равные волновым сопротивлениям линии Z_B . Выражения токов на входах l_1 и l_2 определяются при условии расположения шунта в пределах l_2 с помощью правила Мейсона [2]:

$$i_{H1} = \frac{G_{11}D_{11} + G_{12}D_{12} + G_{13}D_{13}}{D}, \quad (5)$$

$$i_{H2} = \frac{G_{21}D_{21} + G_{22}D_{22}}{D}, \quad (6)$$

$$D = 1 - \sum_m P_{m1} + \sum_n P_{n2} + \sum_k P_{k3}, \quad (7)$$

где P_{m1} – произведение коэффициентов передач ветвей, входящих в m -й одиночный замкнутый контур;

P_{n2} – произведение коэффициентов передач ветвей, входящих в n -е сочетание

двух несоприкасающихся контуров;

P_{k1} – произведение коэффициентов передач ветвей, входящих в k -е сочетание трех несоприкасающихся контуров.

Из графа следует, что

$$P_{11} = \eta_{k1}\eta_n e^{-2\gamma l_1}, \quad (8)$$

$$P_{21} = \eta_{ш}\eta_n e^{-2\gamma x_1}, \quad (9)$$

$$P_{31} = \eta_{ш}\eta_{k2} e^{-2\gamma(l_2-x_1)}, \quad (10)$$

$$P_{41} = \eta_n\eta_{k2}(1-v_{ш})^2(1-\eta_{ш})^2 e^{-2\gamma l_2}, \quad (11)$$

$$P_{51} = \eta_{ш}\eta_{k1}(1-\eta_n)^2 v_{H1}^2 e^{-2\gamma(l_1+x_1)}, \quad (12)$$

$$P_{61} = \eta_{k1}\eta_{k2}(1-v_{ш})^2(1-\eta_{ш})^2(1-\eta_n)^2 v_{H1}^2 e^{-2\gamma(l_1+l_2)}, \quad (13)$$

$$P_{12} = P_{21} \cdot P_{31}, \quad (14)$$

$$P_{22} = P_{11} \cdot P_{31}, \quad (15)$$

$$P_{32} = P_{11} \cdot P_{21}, \quad (16)$$

$$P_{42} = P_{11} \cdot P_{41}, \quad (17)$$

$$P_{52} = P_{31} \cdot P_{51}, \quad (18)$$

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{21} \cdot P_{31}, \quad (19)$$

$$G_{11} = G_{21} = v_H, \quad (20)$$

$$D_{11} = 1 - P_{41} - P_{21} - P_{31} + P_{12}, \quad (21)$$

$$G_{12} = v_H\eta_{ш}(1-\eta_n)v_{H1} e^{-2\gamma x_1}, \quad (22)$$

$$D_{12} = 1 - P_{31}, \quad (23)$$

$$G_{13} = v_H(1-v_{ш})^2(1-\eta_{ш})^2\eta_{k2}(1-\eta_n)v_{H1} e^{-2\gamma l_2}, \quad (24)$$

$$D_{13} = 1, \quad (25)$$

$$D_{11} = 1 - P_{11} - P_{31} - P_{31} + P_{22}, \quad (26)$$

$$G_{22} = v_H\eta_{k1}(1-\eta_n)v_{H1} e^{-2\gamma l_1}, \quad (27)$$

$$D_{22} = 1 - P_{31}, \quad (28)$$

где $v_H = \frac{1}{2Z_H + Z_B}$,

$$v_{H1} = \frac{Z_H}{Z_H + Z_B},$$

$$v_{k1} = \frac{Z_B}{Z_{k1} + Z_B},$$

$$v_{K2} = \frac{Z_B}{Z_{K2} + Z_B},$$

$$v_{Ш} = \frac{Z_B}{Z_{Ш} + Z_B},$$

$$\eta_H = -\frac{Z_B}{2Z_H + Z_B},$$

$$\eta_{K1} = -\frac{Z_B}{2Z_{K1} + Z_B},$$

$$\eta_{K2} = -\frac{Z_B}{2Z_{K2} + Z_B},$$

$$\eta_{K2} = -\frac{Z_B}{2Z_{Ш} + Z_B}.$$

При определенном I_{H2} в шунтовом режиме сопротивление поездного шунта принимается равным нормативному (0,06 Ом), а в нормальном – равным бесконечности.

В системе автоблокировки типа ЦАБ-Е с временным контролем одним комплектом аппаратуры контролируется 15 рельсовых цепей. Сигнал контроля представляет собой частотно-манипулированный сигнал с характеристическими частотами 1650 и 1850 Гц. Для маркировки сигналов КРЛ различных рельсовых линий используются кодовые комбинации модифицированного кода Бауэра.

Таким образом, метод временного контроля состояний рельсовых линий позволяет существенно снизить энергоемкость и материалоемкость рельсовых цепей, а также производственную площадь для их размещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы управления движением поездов на перегонах: Учебник для вузов: В 3 ч./В. М. Лисенков, П. Ф. Бестемьянов, В. Б. Леушин и др.; под ред. В. М. Лисенкова. – М.: Учеб.-метод. центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009.

2. Робишо Л., Буавер М., Робер Ж. Направленные графы и их приложения к электрическим цепям и машинам. – М.; Л.: Энергия. 1964. ●

CUTTING OF POWER AND MATERIAL CONSUMPTION OF RAIL CIRCUITS

Bestemianov, Petr Ph. – D.Sc. (Tech), professor, director of the Institute of Transport Equipment and Control Systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

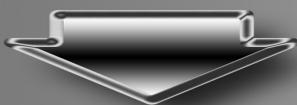
Lysenkov, Victor M. – D.Sc. (Tech), professor, head of the department of automatics and telemechanics of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Vanshin, Alexander E. – assistant lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors propose the method of temporary control of track lines that does not need power consuming measuring tools as opposed to the method of permanent control. They prove that the mathematical model allows to reduce power and material consumption of rail circuits, to efficiently use industrial space.

Key words: rail circuits, method of computation, energy consumption, material consumption, automatic blocking, temporary control, mathematical model.

Координаты авторов (contact information): Бестемьянов П. Ф. – (495) 681–0385, Лисенков В. М. – (495) 684–2123, Ваньшин А. Е. – aevanshin@gmail.com.



ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

САМЫЙ НЕОБЫЧНЫЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

Персональный автоматический транспорт (PRT – Personal Rapid Transit) – почти что горизонтальный лифт. Как видно из названия, он перевозит пассажиров без водителя. На такой

машине можно прокатиться в Лондонском аэропорту Хитроу и университете в Моргантауне, Западная Вирджиния, где сеть уже более 30 лет соединяет три учебных корпуса в разных концах города.



*PA Archive /
Press Association Images /
ИТАР-ТАСС*

