



ISSN 1815-4840

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie
**CHEMICAL TECHNOLOGY.
CONTROL AND MANAGEMENT**

2019, №4-5 (88-89) pp.89-92

International scientific and technical journal
journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>



Since 2005

FOUR-POLE RAIL COEFFICIENTS OF THE JOINTLESS TRACK CIRCUIT IN THE PRESENCE OF ONE OF THE ENDS TRACK CIRCUIT INSULATING JOINTS

Marat Aliev¹, Ravshan Aliev², Ezozbek Tokhirov¹, Tolaniddin Nurmuhamedov¹

^{1,2}Tashkent Institute of Railway Engineers. Adilhodjaeva st. 1. Tashkent 100007, Uzbekistan

¹Phone: +998977844107, E-mail: ezzoos@gmail.com;

²Phone: +998903726455, E-mail: eterneletoil@yandex.ru.

Abstract: The article describes the equivalent circuit of a jointless rail circuit with one throttle transformer and derives equations for the analysis and synthesis of rail circuits when powered on one side. A mathematical model and analytical expressions are developed taking into account the resistance of the rails and the resistance of the insulation. The coefficients of a rail four-pole with one throttle transformer supply voltage on the one hand. The calculated expressions of the four-terminal devices and the sensitivity criteria of the rail circuit when a single line breaks, as well as the minimum transmission resistance, are presented and derived.

Keywords: rail line, rail circuit, four-terminal network, transmission resistance, sensitivity criterion of the rail chain, modes of the rail chain.

Аннотация: Мақолада битта дроссел-трансформатор билан туташмасиз рельс занжирининг алмаштириши схемаси келтирилган ва бир томондан қувватлантирилганда темир йўл занжирларини таҳлил ва синтез қилиш учун тенгламалар келтирилган. Ўтказиладиган изоляция қаршилиги ва рельсларнинг қаршилигини ҳисобга олган ҳолда аналитик иборалар ва математик модел ишлаб чиқилган. Бир томондан битта дроссел-трансформатори билан рельсли тўртқутблик коэффицентлари келтирилган. Тўртқутбликларни ҳисоблаш ифодалари чиқарилган ва бир йўналишда носозлик юзага келганида рельс занжирларининг сезgirlлиги, шунингдек минимал узатиш қаршилиги келтирилган.

Таянч сўзлар: рельсли линия, рельсли занжир, тўртқутблик, узатиш қаршилиги, рельсли занжирнинг сезgirlлик мезони, рельсли занжир режимлари.

Аннотация: В статье приведены схема замещения бесстыковой рельсовой цепи с одним дроссель-трансформатором и выведены уравнения для анализа и синтеза рельсовых цепей при питании с одной стороны. Разработана математическая модель и аналитические выражения с учетом сопротивления рельсов и сопротивления проводимой изоляции. Выведены коэффициенты рельсового четырехполюсника с одним дроссель-трансформатором питанием с одной стороны. Представлены и выведены расчетные выражения четырехполюсников и критерии чувствительности рельсовой цепи при обрыве одной линии, а также минимальное сопротивление передачи.

Ключевые слова: рельсовая линия, рельсовая цепь, четырехполюсник, сопротивление передачи, критерия чувствительности рельсовой цепи, режимы рельсовой цепи.

Введение

Исследование рельсовой цепи состоит в том, чтобы установить пригодность данной цепи для контроля свободности и исправности рельсовой линии, выявить новые функциональные возможности, определить предельные параметры (максимальную длину РЛ, минимальное сопротивление изоляции, допустимую продольную асимметрию сопротивления изоляции и т.д.), при которых возможно выполнение заявленных функций, определение оптимальных параметров приборов. Наиболее удобным параметром для анализа работы рельсовых цепей является сопротивление передачи основной схемы замещения. При этом значения некоторых параметров (напряжение источника питания, чувствительность приемника) в исследованиях могут не участвовать, что существенно упрощает анализ. Процесс исследования сводится к тому, чтобы выявить влияние параметров рельсовой линии и приборов рельсовой цепи на

сопротивление передачи в нормальном, шунтовом и контрольном режимах работы. Затем проводится синтез рельсовой цепи, т.е. определяются оптимальные входные сопротивления по концам рельсовой линии и параметры приборов рельсовой цепи.

Основная часть

При расчете и проектировании бесстыковых рельсовых цепей необходимо также иметь расчетные уравнения коэффициентов рельсового четырехполосника, примыкающего с одной стороны, например к станции, где устанавливаются изолирующие стыки и дроссель-трансформаторы.

Схему замещения такой рельсовой цепи можно представить в виде схемы, показанной на рис.1.

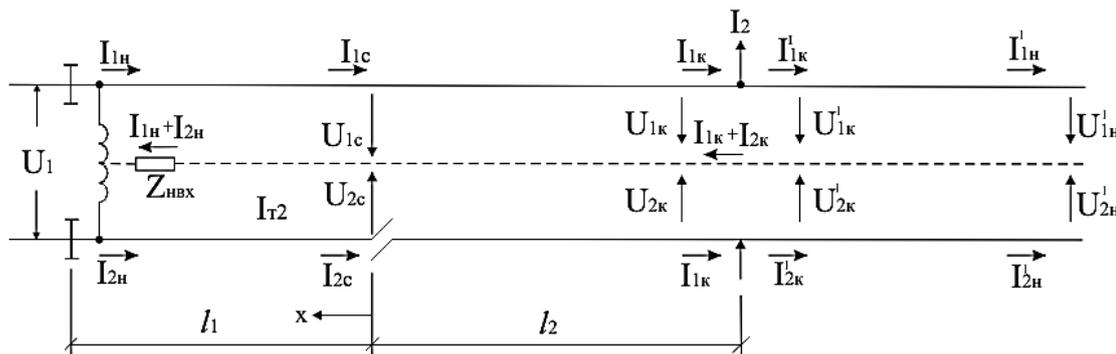


Рис. 1. Схема замещения бесстыковой рельсовой цепи с одним дроссель-трансформатором.

Напряжение и ток в начале рельсовой линии описываются известными уравнениями:

$$U_1 = A_{1э} * U_{1c} + B_{1э} * I_{1c} \tag{1}$$

$$I_1 = C_{1э} * U_{1c} + D_{1э} * I_{1c}. \tag{2}$$

Для частного случая при $z_1 = z_2$, $q_1 = q_2$ и изменении q_{12} от 0 до ∞ коэффициенты $A_{1э}$, $B_{1э}$, $C_{1э}$, $D_{1э}$ выражаются следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} A_{1э} &= 2ch\gamma_2 l_1; \\ B_{1э} &= Z_{B2} sh\gamma_2 l_1 + Z_{B1} ch\gamma_2 l_1 * cth\gamma_1 l_1; \\ C_{1э} &= \frac{1}{Z_{B2}} sh\gamma_2 l_1; \\ D_{1э} &= \frac{1}{2} ch\gamma_2 l_1 + \frac{Z_{B1}}{2Z_{B2}} sh\gamma_2 l_1 * cth\gamma_1 l_1. \end{aligned} \tag{3}$$

Уравнения связывающие величины U_{1c} , I_{1c} , U_2 и I_2 имеют вид:

$$U_{1c} = D_{2э} * U_2 + B_{2э} * I_2; \tag{4}$$

$$I_{1c} = C_{2э} * U_2 + A_{2э} * I_2, \tag{5}$$

где

$$\begin{aligned} A_{2э} &= 2ch\gamma_2 l_2; \\ B_{2э} &= Z_{B2} sh\gamma_2 l_2 + Z_{B1} ch\gamma_2 l_1; \\ C_{2э} &= \frac{1}{Z_{B2}} (sh\gamma_2 l_2 + 2ch\gamma_2 l_2); \\ D_{2э} &= \frac{1}{2} (sh\gamma_2 l_2 + ch\gamma_2 l_2) + \frac{Z_{B1}}{2Z_{B2}} (sh\gamma_2 l_2 + ch\gamma_2 l_2); \end{aligned}$$

Можем написать

$$U_1 = A_{к} * U_2 + B_{к} * I_2; \tag{6}$$

$$I_1 = C_{к} * U_2 + D_{к} * I_2, \tag{7}$$

где

$$A_{к} = A_{1э} D_{2э} + B_{1э} C_{2э}; \tag{8}$$

$$B_{к} = A_{1э} B_{2э} + B_{1э} A_{2э}; \tag{9}$$

$$C_{к} = C_{1э} D_{2э} + D_{1э} C_{2э}; \tag{10}$$

$$D_K = C_{I_3} B_{2_3} + D_{I_3} A_{2_3}. \quad (11)$$

Подставляя значения величин A_{I_3} , B_{I_3} , C_{I_3} , D_{I_3} , A_{2_3} , B_{2_3} , C_{2_3} , D_{2_3} из уравнений в уравнения и проведя преобразования, получим:

$$а) \quad A_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{Z_{B1}}{Z_{B2}} ch\gamma_2 l_1 (sh\gamma_2 l_2 + ch\gamma_2 l_2) (1 + cth\gamma_1 l_1); \quad (12)$$

$$B_K = 2Z_{B2} sh\gamma l + 2Z_{B1} ch\gamma_2 l_1 ch\gamma_2 l_2 (1 + cth\gamma_1 l_1); \quad (13)$$

$$C_K = \frac{1}{Z_{B2}} (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{Z_{B1}}{2Z_{B2}} sh\gamma_2 l_1 (sh\gamma_2 l_2 + ch\gamma_2 l_2) * \rightarrow \\ * (1 + cth\gamma_1 l_1); \quad (14)$$

$$D_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{Z_{B1}}{Z_{B2}} ch\gamma_2 l_2 sh\gamma_2 l_1 (1 + cth\gamma_1 l_1). \quad (15)$$

б) подставляя

$$Z_{B2} = \frac{1}{2} Z_B; \quad Z_{B1} = \frac{1}{2} E Z_B \sqrt{1 + 2m} \mu l_2 = n l, \quad l_1 = (1 - n) l, \quad (16)$$

получим:

$$A_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + E \sqrt{1 + 2m} ch(1 - n) \gamma l (shn\gamma l + chn\gamma l) * \rightarrow \\ \rightarrow * (cth(1 - n) \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}}); \quad (17)$$

$$B_K = Z_B (sh\gamma l) + E Z_B \sqrt{1 + 2m} chn\gamma l * ch(1 - n) \gamma l [1 + \rightarrow \\ \rightarrow + (cth(1 - n) \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (18)$$

$$C_K = \frac{2}{Z_B} (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{1}{Z_B} E \sqrt{1 + 2m} sh(1 - n) \gamma l (shn\gamma l + \rightarrow \\ + chn\gamma l) [1 + (cth(1 - n) \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (19)$$

$$D_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + E \sqrt{1 + 2m} sh(1 - n) \gamma l * chn\gamma l * \rightarrow \\ \rightarrow * [1 + (cth(1 - n) \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]. \quad (20)$$

Если изолирующий стык будет на релейном конце рельсовой цепи, то можно заменить (1-n) на n и n на (1-n), тогда:

$$в) \quad A_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + E \sqrt{1 + 2m} ch(n) \gamma l [sh(1 - n) \gamma l + \rightarrow \\ \rightarrow + ch(1 - n) \gamma l [1 + cthn\gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (21)$$

$$B_K = Z_B (sh\gamma l) + E Z_B \sqrt{1 + 2m} ch(1 - n) \gamma l * chn\gamma l [1 + \rightarrow \\ \rightarrow + cthn\gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (22)$$

$$C_K = \frac{2}{Z_B} (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{1}{Z_B} E \sqrt{1 + 2m} shn\gamma l (sh(1 - n) \gamma l + \rightarrow \\ + ch(1 - n) \gamma l) [1 + cthn\gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (23)$$

$$D_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + E \sqrt{1 + 2m} shn\gamma l * ch(1 - n) \gamma l * \rightarrow \\ \rightarrow * [1 + cthn\gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]. \quad (24)$$

г) при $l_1 = l_2 = \frac{l}{2}$ или $n=1/2$

$$A_K = (sh\gamma l + ch\gamma l) + E \sqrt{1 + 2m} [sh\gamma l + ch\gamma l] * \rightarrow \\ \rightarrow * [1 + cth \frac{1}{2} \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (25)$$

$$B_K = Z_B (sh\gamma l) + \frac{1}{2} E Z_B \sqrt{1 + 2m} (ch\gamma l + 1) (1 + cth \frac{1}{2} \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1 + 2m}})]; \quad (26)$$

$$C_K = \frac{2}{Z_B} (sh\gamma l + ch\gamma l) + \frac{1}{Z_B} E \sqrt{1 + 2m} (sh\gamma l + ch\gamma l - 1) * \rightarrow$$

$$\rightarrow * [1 + (cth \frac{1}{2} \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1+2m}})]; \quad (27)$$

$$D_k = (shyl + chyl) + \frac{1}{2} E \sqrt{1+2m} shyl (1 + cthn \gamma l E \sqrt{\frac{1}{1+2m}}); \quad (28)$$

Исследования бесстыковой рельсовой цепи при обрыве одной из нитей рельсовых линий осуществляется по критерию чувствительности рельсовой цепи к обрыву по формуле:

$$K_0 = \frac{Z_{пок}}{\frac{K_a U_{max}}{K_b U_{min}} * Z_{номин}} \geq 1, \quad (29)$$

где $Z_{пок}$ - сопротивление передачи бесстыковой рельсовой цепи при оборванной одной из рельсовых нитей.

$$Z_{пок} = A_k * Z_{вхк} + B_k + (C_k * Z_{вхк} + D_k) * Z_{вхн}^I; \quad (30)$$

где A_k, B_k, C_k, D_k – коэффициенты рельсового четырехполюсника бесстыковой рельсовой цепи при оборванной одной из рельсовых нитей их значения подставляются из формулы (25-28)

$$Z_{номин} = A * Z_{вхк} + B + (C * Z_{вхк} + D) Z_{вхн}^I, \quad (31)$$

Вывод

Таким образом, на основании вышеприведенных уравнений составляются алгоритм и программа для исследования бесстыковой рельсовой цепи с питанием с одного конца, например, станции и определяются параметры, которые удовлетворяют основному режиму и при обрыве одного рельса контрольному режиму работы рельсовой цепи.

References:

1. Railway Signalling & Interlocking. International Compendium. Editors: Gregor Theeg, Sergej Vlasenko. A DVV Media Group publication. Eurailpress, 2009, - 448 p.
2. R. M. Aliyev, M.M. Aliyev Intelligent system of control of track circuits on high – speed lines. WCIS – 2016. 9 World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. Tashkent, Uzbekistan, October 25-27, 2016.p.
3. Aliev R. M. Opredelenie optimal'ny'h parametrov bessty'kovy'h rel'sovy'h cepey s potencial'ny'm priemnikom. //Vestnik TGTU. Tashkent, 2015. - №4.- S.50 - 54.
4. Arkatov, V. S. Rel'sovy'e cepi magistral'ny'h jelezny'h dorog / V. S. Arkatov, A. I. Bajenov, N. F. Kotlyarenko. - M. : Transport, 1992. - 384 s.
5. Goncharov, K. V. Issledovanie cifrovogo putevogo priemnika tonal'ny'h rel'sovy'h cepey / K. V. Goncharov // Vi'snik Dni'propetr. nac. un-tu zali'zn. transp. i'm. akad. V. Lazaryana. - D., 2011.- Vip. 37. - S. 180-185.
6. Goncharov, K. V. Korrelyacionny'y putevoy priemnik tonal'ny'h rel'sovy'h cepey / K. V. Goncharov // Vi'snik Dni'propetr. nac. un-tu zali'zn. transp. i'm. akad. V. Lazaryana. - D., 2011.- Vip. 38. - S. 188-193.
7. Polevoy YU.I. Modeli rel'sovy'h liniy. Monografiya/ YU.I. Polevoy; M-votr-ta RF, Feder. Agenstvo jel. dor. tr-ta, Samarsk. gos. univer. putey soobsch'eniya. - Samara: SamGUPS, 2010. 75 s.
8. Nijnichenko D. A. Sistemy' obespecheniya bezopasnosti dvijeniya vy'sokoskorostny'h e`lektropoezdov. // Jurnal «Avtomatika, svyaz' i informatika». M., 2 009.-№10.- S. 18-21.
9. Kulik P. D., Ivankin N. S., Udovikov A. A. Tonal'ny'e rel'sovy'e cepi v sistemah JAT: postroenie, regulirovka, obslujivanie, poisk i ustranenie neispravnostey, povy'shenie e`kspluatacionnoy nadejnosti. - Kiev: Izdatel'skiy dom «Manufaktura», 2004. - 288 s. - II. 57. ISBN 966-8173-02-3
10. Vasilenko M. N., Denisov B. P., Kul'tin V., Rastegaev S. N. Raschet parametrov i proverki rabotosposobnosti bessty'kovy'h tonal'ny'h rel'sovy'h cepey // Problematika transportny'h sistem. Izvestiya PGUPS. 2006. №2. S. 101 - 109.
11. Bezrodny'y B. F., Denisov B. R., Kul'tin V.B., Rastegaev S.N. Avtomatizaciya rascheta parametrov i proverka TRC. //Jurnal «Avtomatika, svyaz' i informatika».- M., 2010.- №1. S. 15-17.
12. Isklyuchenie proezda zapresch'ayusch'ego signala svetofora: novaya tehnik i tehnologiya / E. N. Rozenberg [i dr.] // Avtomatika, svyaz', informatika: Nauchno-populyarny'y proizvodstvenno-tehnicheskij jurnal. - 2008. - N 2. - S. 10-11 . - ISSN 0005-2329.
13. Rozenberg E. N., Voronin V.A. Intel'ktual'ny'e sistemy' interval'nogo regulirovaniya // Jurnal «Avtomatika, svyaz' i informatika». -M., 2011. -№2. - S. 23-24.
14. W.Vantuono. Control systems trains in USA. International Railway Journal, 2009, №10, p. 32-34,36.
15. Senesi F., Marzilli E. ETCS European Train Control System. Development and implementation in Italy. Roma : CIFI, 2007. 316 p.