

ЕЛЕКТРОМАГНЕТНО ПОЉЕ ПРОРЕЗАНИХ КООКСИЈАЛНИХ ВОДОВА У РУДАРСКИМ ОКНИМА

Дијана Г. Зулкић, Саша С. Илић,
Електронски факултет у Нишу, Београдска 14, 18000 Ниш, Југославија

Садржај – У овом раду одређена је нумеричким путем приближна расподела електромагнетног поља прорезаних коаксијалних водова који се користе за остваривање сталне радио везе у рударским окнима. Прорачун је заснован на примени метода еквивалентне електроде. Добијени нумерички резултати за екипотенцијалне и еквиенергетске површине прорезаног коаксијалног вода у рударском окну, када је оно празно, односно када се у њему налази празан или натоварен вагон приказани су у овом раду.

1. УВОД

За остваривање сталне радио везе између локомотиве и диспечерског центра, када се воз налази у тунелу, на челичном мосту чија конструкција обухвата композицију, или у рударском окну користе се директивне антене које се постављају на крајеве тунела, или се кроз тунел провлаче прорезани коаксијални водови.

Због тога су прорезани коаксијални водови, као и електромагнетно поље које прорезани коаксијални водови стварају у тунелима и на мостовима били предмет претходних истраживања [1-7]. При прорачуну водова са прорезаном кошуљицом, као веома употребљив, показао се метод еквивалентне електроде, који је развијен на Електронском факултету у Нишу од стране проф. др Драгутина М. Величковића.

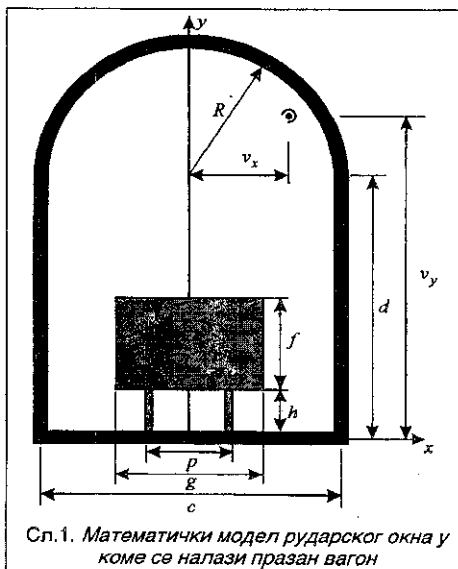
Овај метод је такође примењен при одређивању електромагнетног поља које прорезани коаксијални водови стварају у рударским окнима и то у случајевима када је рударско окно празно, односно када се у њему налази празан или натоварен вагон. При томе је усвојено да се на прорезаном коаксијалном воду простира прогресивни ТЕМ талас, као и да су зидови окна, вагон и тле савршено проводни. Прорачун је заснован на примени метода еквивалентне електроде, тако да је вођено рачуна о утицају вагона, односно окна на прорезани коаксијални вод и обрнуто. Развијени програмски пакет TUNNEL пружа корисницима низ могућности, пре свега у погледу верног задавања величине и облика вагона, односно облика зидова рударског окна.

Као резултат прорачуна добијају се вредности за карактеристичну импедансу и подужну отпорност прорезаног коаксијалног вода, као и вредности за потенцијал и јачину електричног и магнетног поља у задатој области. Такође се може добити мапа екипотенцијалних, као и еквиенергетских површина, које дефинишу геометријско место тачака сталног интензитета јачине електричног поља, од-

носно сталне вредности густине енергије локализоване у електричном пољу.

2. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ РУДАРСКОГ ОКНА

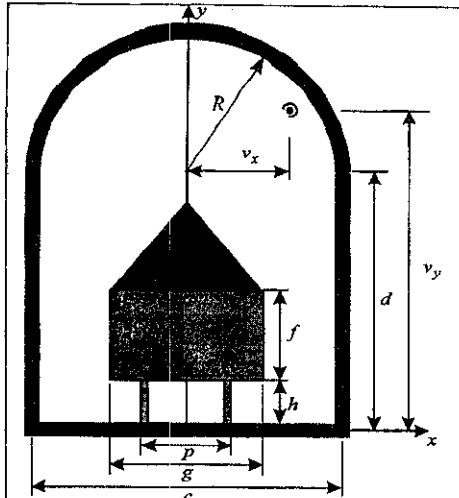
Са циљем да се изврши прорачун расподеле електромагнетног поља унутар рударског окна у тренутку проласка вагона или када је окно празно, формиран је математички модел рударског окна са уграђеним прорезаним коаксијалним водом (Сл.1 и 2). При томе се сматра да је рударско окно правоугаоног попречног пресека и да су зидови окна, као и подлога, савршено проводни. Усвојен је правоугаони попречни пресек вагона, али је вођено рачуна о тачковима и процепу који постоји испод вагона.



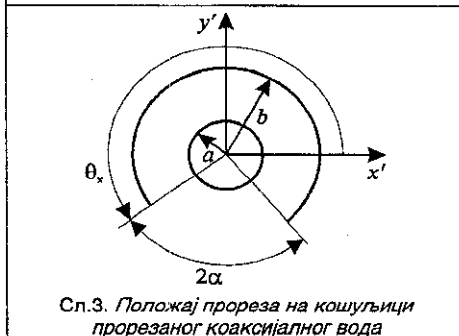
Сл.1. Математички модел рударског окна у коме се налази празан вагон

Положај прорезаног коаксијалног вода, као и положај прореза на кошуљици су произвољни. Положај прорезаног коаксијалног вода се задаје преко координата његове осе, v_x и v_y (Сл.1 и 2). Положај прореза на кошуљици вода задаје се преко угла θ_x (Сл.3).

Полупречник унутрашњег проводника прорезаног коаксијалног вода означен је са a , кошуљице са b , док је 2α угаона ширина прореза на кошуљици вода.



Сл.2. Математички модел рударског окна када се у њему налази натоварен вагон



Сл.3. Положај прореза на кошуљци прорезаног коаксијалног вода

3. НУМЕРИЧКИ РЕЗУЛТАТИ

Како је већ раније речено, прорачун расподеле електромагнетног поља и потенцијала извршен је применом метода еквивалентне електроде. Пошто су овај метод и његова примена детаљно приказани у [8-11], то ће у наставку бити приказани добијени резултати.

Посматра се рударско окно чије су димензије дате у Таблици 1.

$b/a = e$	$c/a = 3000$
$\alpha = 50^\circ$	$g/a = 1200$
$\beta = 70^\circ$	$p/a = 800$
$d/a = 2500$	$f/a = 1000$
$R/a = 1500$	$h/a = 400$

Дати нумерички резултати односе се на прорезане коаксијалне водове код којих је однос полу-

пречника кошуљице и унутрашњег проводника $b/a = e$ и угаона ширина прореза $2\alpha = 100^\circ$.

Нека је прорезани коаксијални вод постављен симетрично, при врху рударског окна, $v_x/a = 0$ и $v_y/a = 3850$. За тај положај вода посматрани су случајеви када је прорез на кошуљци вода окренут ка вагону, $\theta_x = 220^\circ$ (случај а), односно ка зиду рударског окна, $\theta_x = 40^\circ$ (случај б).

На Сл.4-9 приказане су еквипотенцијалне и еквиенергетске површине прорезаног коаксијалног вода у рударском окну, када је окно празно, односно када се у њему налази празан или натоварен вагон.

Вагон својим присуством знатно утиче на расподелу електромагнетног поља у рударском окну (Таблице 2-7). За изабрани положај прорезаног коаксијалног вода, положај прореза на кошуљци вода нема никаквог утицаја на расподелу поља.

4: ЗАКЉУЧАК

Применом метода еквивалентне електроде одређена је расподела електромагнетног поља у рударским окнима, када се прорезани коаксијални водови користе за успостављање радио везе и када је на њима побуђен прогресивни TEM талас. Испитан је утицај присуства вагона на расподелу поља. Такође, испитано је како положај прореза на кошуљци вода утиче на расподелу поља.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Duncan, J. W., Minerva, V. P.: *Bandwidth Balun Transformer*, Proc. IRE, vol.48, pp. 156-164, Feb. 1960.
- [2] Gunston, M. A. R.: *Microwave Transmission - Line Impedance Data*, Van Nostrand Reinhold Company LTD, New York, Cincinnati, Toronto, Melbourne, 1972.
- [3] Veličković, D. M.: *Slit Cable Calculation*, EUROEM, pp. THp-04-06, Bordeaux, 30 May-June 4, 1994.
- [4] Veličković, D. M.: *Calculation of Characteristic Impedance of Coax with Axial Slit*, RAILWAYS, No. 11-12, pp. 669-671, 1996.
- [5] Veličković, D. M.: *TEM Analysis of Transmission Lines Using Equivalent Electrodes Method*, TELSIKS97, Niš, Vol. I, pp. 64-74, 8-10 October 1997.
- [6] Veličković, D. M., Mančić, Ž. J., Zulkić, D. G.: *Rectangular Coax with Axial Slit and with Rectangular or Circular Center Conductor*, EMC'98 ROMA, pp. 384-389, Rome, Italy, 14-18 September 1998.
- [7] Veličković, D. M., Mančić, Ž. J., Zulkić, D. G.: *Axial Slit on Two Wire Line with Rectangular Shield*, ANALELE UNIVERSITATII DIN ORADEA, Fascicola ELECTROTEHNICA, pp. 18-23, Felix-Spa, Romania, 27-30 May 1998.
- [8] Veličković, D. M.: *Equivalent Electrodes Method*, SCIENTIFIC REVIEW, pp. 207-248, Belgrade, 1996.
- [9] Veličković, D. M., Ilić, S. S., Zulkić, D. G.: *Computer Program TUNNEL*, Technical Report, Department of Theore-

tical Electrotechnics, Faculty of Electronic Eng., University of Niš, 1998.

[10] Veličković, D. M., Ilić, S. S., Zulkić, D. G.: *Electromagnetic Field of Coaxial Lines with Axial Slit in a Tunnel or on an Enclosed Bridge - Theoretical Analysis*, ICATE 2000, pp. 7-10, Craiova, Romania, May 25-28, 2000.

[11] Илић, С. С., Зулкић, Д. Г.: *Електромагнетско поље прорезаних коаксијалних водова у тунелима и на мостовима - теоријска поставка проблема*, ЕТРАН 2000, стр. 195-198, Сокобања, 26-29. јуна 2000.

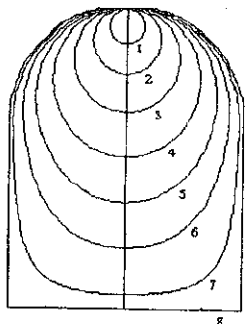


Таблица 2. $10^3 \varphi/U$

редни број	случај а	случај б
1	8.66609	8.66609
2	3.98839	3.98839
3	2.00535	2.00535
4	0.992419	0.992419
5	0.499197	0.499197
6	0.227284	0.227284
7	0.0509667	0.0509667
8	0	0

Сл.4. Еквипотенцијалне површине у празном рударском окну

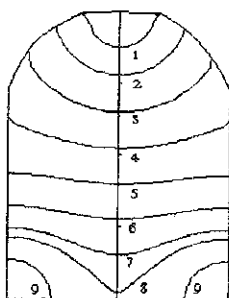


Таблица 3. $10^6 a|E|/U$

редни број	случај а	случај б
1	21.9725	21.9725
2	6.28768	6.28768
3	2.48798	2.48798
4	1.26858	1.26858
5	0.723333	0.723333
6	0.445145	0.445145
7	0.305385	0.305385
8	0.254362	0.254362
9	0.149634	0.149634

Сл.5. Еквиенергетске површине у празном рударском окну

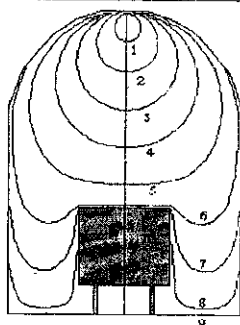


Таблица 4. $10^3 \varphi/U$

редни број	случај а	случај б
1	11.451	11.451
2	4.64709	4.64709
3	2.16762	2.16762
4	1.05014	1.05014
5	0.353059	0.353059
6	0.0463179	0.04533926
7	0.00553528	0.0054245
8	0.000539517	0.000539517
9	0	0

Сл.6. Еквипотенцијалне површине у рударском окну када се у њему налази празан вагон

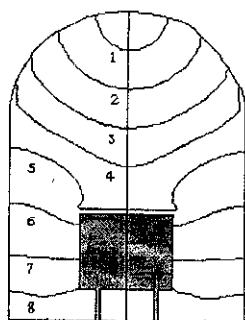


Таблица 5. $10^6 a|E|/U$

редни број	случај а	случај б
1	22.0431	22.0431
2	5.15236	5.15236
3	2.31368	2.31368
4	1.41684	1.41684
5	0.946451	0.931969
6	0.293455	0.287538
7	0.0403648	0.039558
8	0.00773445	0.00757953

Сп.7. Еквиенергетске површине у рударском окну када се у њему налази празан вагон

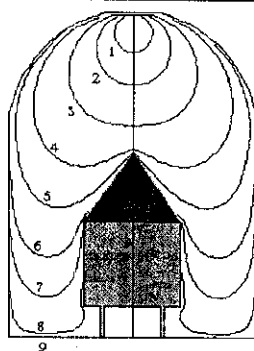


Таблица 6. $10^3 \varphi/U$

редни број	случај а	случај б
1	8.54624	8.54624
2	3.72107	3.72107
3	1.42155	1.42155
4	0.339856	0.339856
5	0.07296	0.0702843
6	0.00955925	0.0092102
7	0.00160876	0.00154997
8	0.000119658	0.00011529
9	0	0

Сп.8. Еквиотенцијалне површине у рударском окну када се у њему налази натоварен вагон

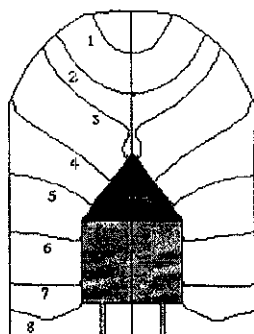


Таблица 7. $10^6 a|E|/U$

редни број	случај а	случај б
1	22.2806	22.2806
2	5.5461	5.5461
3	3.34242	3.34242
4	1.21153	1.1723
5	0.452003	0.435994
6	0.0677693	0.065296
7	0.00840151	0.00809455
8	0.00255901	0.00246546

Сп.9. Еквиенергетске површине у рударском окну када се у њему налази натоварен вагон

Abstract – Electromagnetic field distribution in a mine pit is determined, when the slit coaxial lines are used for realizing a radio link and the progressive TEM wave propagates on them. The calculations are based on the equivalent electrodes method. Numerical results for equipotential and equienergetic surfaces when the pit is vacant and when a wagon is in it, empty or loaded with ore, are presented in this paper. The

influence of the wagon and angular opening positions of the slit coaxial line on the field distribution is investigated.

ELECTROMAGNETIC FIELD OF COAXIAL LINES WITH AXIAL SLIT IN MINE PITS

Dijana G. Zulkic, Saša S. Ilic