

## Kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos modelis ir savybės

S. Štaras, T. Burokas

Elektroninių sistemų katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius, Lietuva, tel. (85) 2744755; el. p. stanislovas.staras@el.vtu.lt

### Įvadas

Didžiausias įtampų matavimo tikslumas pasiekiamas taikant kompensacinius metodus [1, 2]. Trumpų elektrinių impulsų momentinių verčių kompensaciniams matavimams atlikti buvo sukurti specialūs elektroniniai vamzdžiai [3–5] su plokštelių pavidalo ir bėgančiosios bangos kreipimo sistemomis.

Momentinių įtampų verčių matuokliuose simetrinės bėgančiosios bangos kreipimo sistemos naudojamos nesimetriniu režimu. Į vieną lėtinimo ir kreipimo elektrodą nukreipiamas tiriamasis signalas, į kitą – kompensacinė įtampa. Tačiau tada kreipimo sistemoje susižadina nelyginė ir lyginė elektromagnetinės bangos. Dėl pastarosios bangos gali atsirasti papildomų tiriamojo signalo iškraipymų [2].

Siekiant išvengti šių iškraipymų, buvo pasiūlyta nesimetrinė bėgančiosios bangos kreipimo sistema su papildomu kompensaciniu elektrodu [3, 4].

J. V. Čaiko [6] pasiūlė alternatyvų sprendimą – panaudoti kreipimo sistemą, sudarytą iš dviejų spiralinių elektrodų, ir jos vienos spiralės (skirtos kompensacinei įtampai) vijas trumpai sujungti metalo sluoksniu, sudarytu ant keraminio spiralės laikiklio. Sprendimas buvo pagrįstas tuo, kad, veikiant kompensacinei įtampai ir įtampai, sužadinančiai sistema sklindančią elektromagnetinę bangą, vamzdžio jautrumas būna toks pat. Nors tokia kvazisimetrinė sistema buvo įdiegta plačiajuosčiame bėgančiosios bangos elektroniniame vamzdyje, nėra duomenų apie jos išsamesnius tyrimus. Konstatuota tik tai, kad sistemoje pasireiškia gana didelis slopinimas.

Šiame darbe, siekdami atskleisti reiškinius, lemiančius kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos savybes, sudarysime paprasčiausią sistemos modelį ir nagrinėsime trumpai sujungtų vijų įtaką sistemos lėtinimo koeficientui, įėjimo varžai ir slopinimui.

### Kvazisimetrinės sistemos modelis

1 paveiksle pateiktas supaprastintas kvazisimetrinės spiralinės sistemos pjūvio vaizdas. Sistema sudaryta iš dviejų spiralių, vidinių ir išorinio ekranų ir keraminių laikiklių. Ant laikiklio 7 sudarytas metalo sluoksnis. Jis

trumpai sujungia spiralės 2, kuri panaudota kaip kompensacinis elektrodas, vijas.

Kaip ir [3, 7–9], kvazisimetrinės sistemos analizei taikysime daugialaidžių linijų metodą. Paprasčiausias kvazisimetrinės spiralinės sistemos modelis pavaizduotas 2 paveiksle. Jį sudaro dveilės vienpakopės daugialaidės linijos atkarpa ir ekranai.

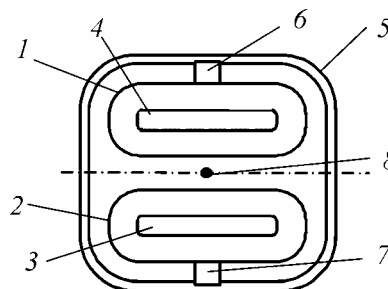
Daugialaidės linijos laidininkų potencialai ir srovės išreiškiami lygtimis [3]:

$$\underline{U}_{sn}(x) = [(\underline{A}_1 \sin kx + \underline{A}_2 \cos kx) + (-1)^s (\underline{A}_3 \sin kx + \underline{A}_4 \cos kx)] e^{-jn\theta}, \quad (1)$$

$$\underline{I}_{sn}(x) = j[Y_0(\underline{A}_1 \cos kx - \underline{A}_2 \sin kx) + (-1)^s Y_\pi(\underline{A}_3 \cos kx - \underline{A}_4 \sin kx)] e^{-jn\theta}; \quad (2)$$

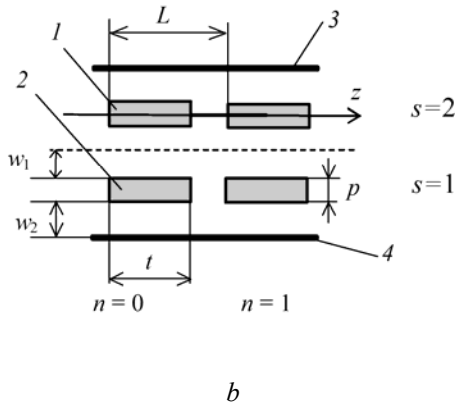
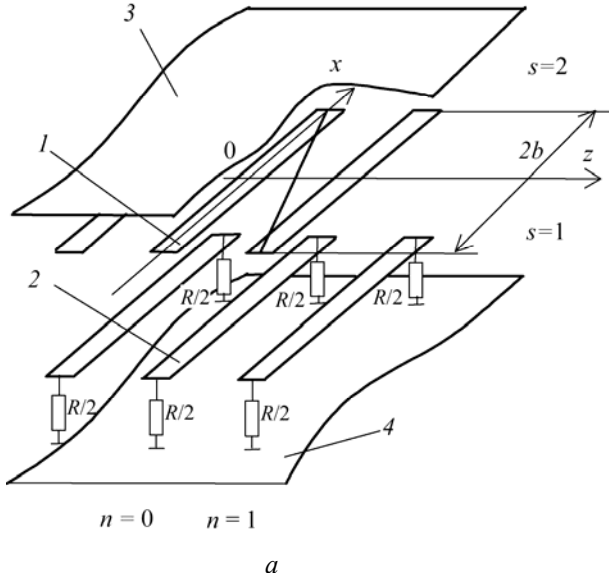
čia  $s$  – daugialaidės linijos laidininkų eilės numeris;  $n$  – laidininko numeris,  $\underline{A}$  – amplitudinis koeficientas,  $k$  – bangos skaičius,  $\theta$  – gretimų daugialaidės linijos laidininkų įtampų ar srovių fazių skirtumas;  $Y_0(\theta)$  ir  $Y_\pi(\theta)$  – banginiai laidumai, kai gretimų daugialaidės linijos laidininkų įtampų ar srovių fazės skirtumas  $\theta$  lygus 0 ir  $\pi$ .

Kai neįvertinama trumpai sujungtos vijos varža ( $R=0$ ), daugialaidės linijos atkarpa modeliuoja kvazisimetrinę sistemą, jeigu tenkinamos sąlygos:



1 pav. Kvazisimetrinės spiralinės sistemos pjūvio vaizdas:

1, 2 – spiralių laidininkai, 3, 4 – vidiniai ekranai, 5 – išorinis ekranas, 6, 7 – spiralių laikikliai; 8 – elektronų pluoštas



**2 pav.** Kvizisimetrinės sistemos modelis (a) ir daugialaidės linijos pjūvis (b):

1 – daugialaidės linijos laidininkas, modeliuojantis spiralės viją; 2 – daugialaidės linijos laidininkas, modeliuojantis trumpai sujungtą viją; 3, 4 – ekranai

$$\underline{U}_{20}(b) = \underline{U}_{21}(-b), \quad (3)$$

$$\underline{L}_{20}(b) = \underline{L}_{21}(-b), \quad (4)$$

$$\underline{U}_{10}(-b) = 0, \quad (5)$$

$$\underline{U}_{10}(b) = 0. \quad (6)$$

Tuomet įrašę į kraštinių sąlygų lygtis (3)–(6) įtampų ir srovių išraiškas (1), (2), spręsdami gautą lygčių sistemą, gauname du sprendinius:

$$kb = m\pi \quad (7)$$

ir

$$kb = \theta/2. \quad (8)$$

Remdamiesi (8), galime rasti lėtinimo koeficientą ir dažnį:

$$k_L = \theta/kL = 2b/L, \quad (9)$$

$$f = kc_0/2\pi = \frac{\theta}{4\pi b}; \quad (10)$$

čia  $L$  – spiralės vijų ir daugialaidės linijos laidininkų žingsnis,  $c_0$  – šviesos greitis.

Pagal (9) ir (10), kai neatsižvelgiama į vijų varžą, nagrinėjamos kvazisimetrinės spiralinės sistemos lėtinimo koeficientas pastovus.

(7) formulei galime suteikti tokį pavidalą:

$$2b = m\lambda/2; \quad (11)$$

čia  $m$  – sveikasis skaičius.

Remiantis (7) ir (9), trumpai sujungtų vijų įtaka sistemos savybėms gali būti didžiausia, kai  $f = 0$  ir esant rezonansiniams dažniams, kai vijos ilgyje telpa sveikasis pusbangių skaičius.

Sistemos įėjimo varžą galime rasti iš formulės

$$\underline{Z}_{IN}(x) = \frac{\underline{U}_{20}(x)}{\underline{I}_{20}(x)}. \quad (12)$$

Bendroju atveju ji priklauso nuo koordinatės  $x$ . Kai  $x = 0$ ,

$$\underline{Z}_{IN}(0) = \frac{1}{j(Y_0 + Y_\pi)}. \quad (13)$$

Atsižvelgiant į trumpai sujungtų vijų varžas ( $R \neq 0$ ), turi būti tenkinamos sąlygos:

$$\underline{U}_{20}(b) = \underline{U}_{21}(-b), \quad (14)$$

$$\underline{L}_{20}(b) = \underline{L}_{21}(-b), \quad (15)$$

$$\underline{U}_{10}(-b) = -\underline{I}_{10}(-b)R/2, \quad (16)$$

$$\underline{U}_{10}(b) = \underline{I}_{10}(b)R/2. \quad (17)$$

Įrašę į (14)–(17) lygtis įtampų ir srovių išraiškas ir pašalinę koeficientus  $\underline{A}_3$  ir  $\underline{A}_4$ , gauname lygčių sistemą:

$$\begin{cases} \underline{A}_1 \underline{D}_1 + \underline{A}_2 \underline{D}_2 = 0, \\ \underline{A}_1 \underline{D}_3 - \underline{A}_2 \underline{D}_4 = 0; \end{cases} \quad (18)$$

čia

$$\underline{D}_1 = (1 + \underline{S}_1) \sin kb (1 + e^{-j\theta}), \quad (19)$$

$$\underline{D}_2 = (1 + \underline{S}_2) \cos kb (1 - e^{-j\theta}), \quad (20)$$

$$\underline{D}_3 = (Y_0 + Y_\pi \underline{S}_1) \cos kb (1 - e^{-j\theta}), \quad (21)$$

$$\underline{D}_4 = (Y_0 + Y_\pi \underline{S}_2) \sin kb (1 + e^{-j\theta}), \quad (22)$$

$$\underline{S}_1 = \frac{\sin kb - j0,5R Y_0 \cos kb}{\sin kb - j0,5R Y_\pi \cos kb},$$

$$\underline{S}_2 = \frac{\cos kb + j0,5R Y_0 \sin kb}{\cos kb + j0,5R Y_\pi \sin kb}.$$

Spręsdami šią lygčių sistemą, gauname sistemos dispersinę lygtį, kuriai galima suteikti tokį pavidalą:

$$\tan^2 \frac{\theta}{2} = \frac{2 \sin kb - j0,5R(Y_0 + Y_\pi) \cos kb}{2 \cos kb + j0,5R(Y_0 + Y_\pi) \sin kb} \times \frac{(Y_0 + Y_\pi) \cos kb + jR Y_0 Y_\pi \sin kb}{(Y_0 + Y_\pi) \sin kb - jR Y_0 Y_\pi \cos kb} \tan^2 kb. \quad (23)$$

Pareikalavę, kad (18) lygčių sistemos determinantas būtų lygus nuliui, arba sprenddami (23) dispersinę lygtį, galime apskaičiuoti kampo  $\theta$  realiosios ( $\theta_r$ ) ir menamosios ( $\theta_m$ ) dedamųjų vertes, atitinkančias duotą arba pasirinktą bangos skaičiaus  $k$  vertę. Tada pagal  $\theta_r$  galime apskaičiuoti lėtinimo koeficientą  $k_L$ , o pagal  $\theta_m$  – koeficientą  $\alpha_1$ , apibūdinantį slopinimą:

$$k_L = \theta_r / kL, \quad (24)$$

$$\alpha_1 = |\theta_m|. \quad (25)$$

Žinodami koeficientą  $\alpha_1$  ir atsižvelgdami į (1) ir (2), galime nustatyti, kaip keičiasi sistemos, sudarytos iš  $N$  vijų, įtampos perdavimo koeficiento modulis dėl nuostolių trumpai sujungtose vijose:

$$K = \exp(-N\alpha_1). \quad (26)$$

Žinodami koeficientų  $A_1$  ir  $A_2$  sąryšį ir taikydami (12) formulę galime rasti sistemos įėjimo varžą. Kai  $x = 0$ , gauname:

$$Z_{IN}(0) = \frac{2 \sin kb - j0,5R(Y_0 + Y_\pi) \cos kb}{(Y_0 + Y_\pi) \sin kb - jR Y_0 Y_\pi \cos kb} \times \cot \frac{\theta}{2} \tan kb. \quad (27)$$

### Alternatyvus slopinimo įvertinimo būdas

Koeficientą  $\alpha_1$  taip pat galima rasti apskaičiavus sistemos periode (trumpai sujungtoje vijoje) prarandamą galią  $P_1$  ir sistemoje sklindančią galią  $P$ :

$$e^{-2\alpha_1} = \frac{P - P_1}{P}. \quad (28)$$

Pagal (28), kai  $P_1 \ll P$ :

$$\alpha_1 \cong 0,5 \frac{P_1}{P}. \quad (29)$$

Trumpai sujungtoje vijoje prarandamą galią galime apskaičiuoti pagal formulę

$$P_1 = 0,5 \left( \frac{|I_{10}(b)|^2 R}{2} + \frac{|I_{10}(-b)|^2 R}{2} \right) = \frac{R (|I_{10}(b)|^2 + |I_{10}(-b)|^2)}{4}. \quad (30)$$

Sistemoje sklindanti galia gali būti nustatyta iš formulės

$$P = \frac{|U_{20}(0)|^2}{2Z_{IN}(0)}. \quad (31)$$

Įrašę (30) ir (31) lygtis į (29), gauname:

$$\alpha_1 = \frac{R Z_{IN}(0)}{4} \frac{(|I_{10}(b)|^2 + |I_{10}(-b)|^2)}{|U_{20}(0)|^2}. \quad (32)$$

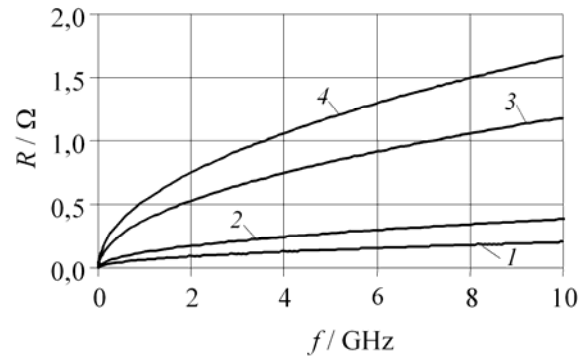
### Kvazisimetrinės sistemos charakteristikos

Kaip minėjome anksčiau, trumpai sujungtų vijų įtaka turėtų būti didžiausia žemųjų dažnių srityje ir kai dažnis toks, kad trumpai sujungtos vijos ilgis yra pusės bangos ilgio kartotinis. Dažnis, atitinkantis žemiausią vijos rezonansinį dažnį, būtų už elektroninio vamzdžio praleidžiamųjų dažnių juostos ribų [3]. Be to, remiamės paprasčiausiu kvazisimetrinės sistemos modeliu (2 pav.), kuriame trumpai sujungtų vijų paskirstytosios varžos modeliuojamos sutelktosiomis varžomis. Atsižvelgdami į šias aplinkybes, toliau daugiausia dėmesio skirsime kvazisimetrinės sistemos savybėms žemųjų dažnių srityje.

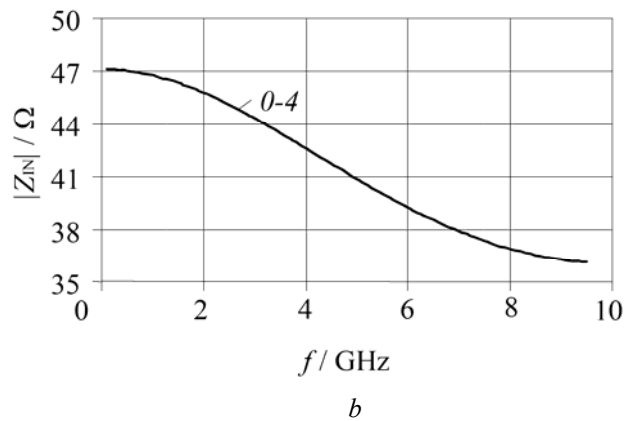
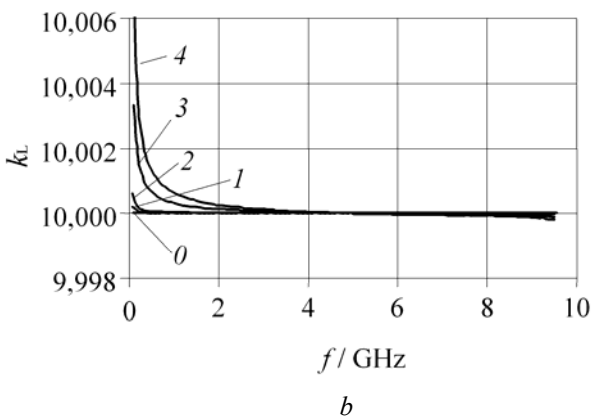
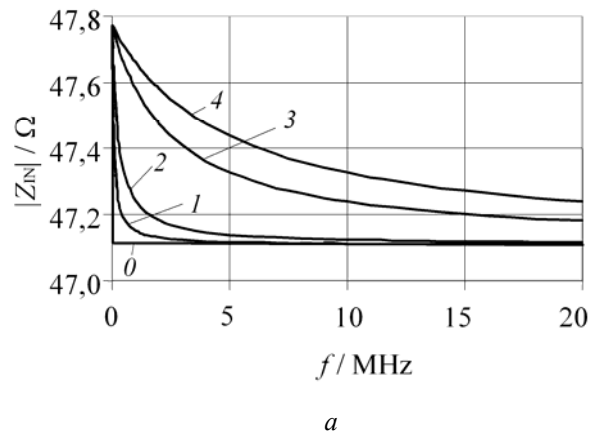
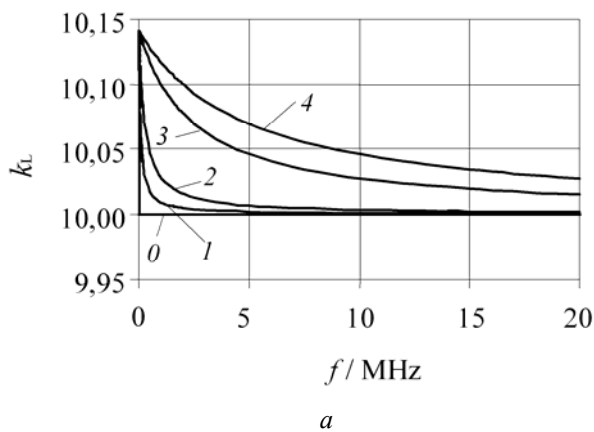
Trumpai sujungtos vijos varža priklauso nuo dažnio. Atsižvelgiant į paviršinį efektą apskaičiuotos vijos varžos priklausomybės nuo dažnio pateiktos 3 paveiksle. Skaičiuojant laikyta, kad paviršinis efektas pradeda reikštis, kai srovės įsiskverbimo gylis tampa mažesnis už pusę vijos laidininko storio.

4 paveiksle, a, ir 5 paveiksle, a, pateiktos lėtinimo koeficiento  $k_L$  ir įėjimo varžos modulio  $|Z_{IN}(0)|$  priklausomybės nuo dažnio ir nuo trumpai sujungtos vijos medžiagos žemųjų dažnių ruože, 4 paveiksle, b, ir 5 paveiksle, b, – platesniame dažnių diapazone.

Iš 4 ir 5 paveikslų matyti, kad tuo atveju, kai trumpai sujungtų vijų medžiaga idealiai laidū ( $R=0$ ), lėtinimo koeficientas pastovus plačiame dažnių diapazone ir lygus konstrukciniam lėtinimo koeficientui  $k_{Lk} = 2b/L$ , o sistemos įėjimo varža žemųjų dažnių srityje pastovi. Didėjant dažniui, įėjimo varža mažėja pagal spiralines sistemoms būdingą dėsnį.



**3 pav.** Vijos varžos priklausomybės nuo dažnio ir medžiagos (1 – sidabras, 2 – molibdenas, 3 – konstantanas, 4 – nichromas), kai  $p = 0,2$  mm,  $t = 1$  mm,  $b = 7,5$  mm



**4 pav.** Kvazisimetrinės sistemos lėtinimo koeficiento priklausomybės nuo dažnio žemųjų dažnių ruože (a) ir platesniame dažnių diapazone (b), kai  $L = 1,5$  mm,  $t = 1$  mm,  $p = 0,2$  mm,  $b = 7,5$  mm,  $w_1 = 0,5$  mm,  $w_2 = 0,2$  mm ir skirtingos trumpai sujungtų vijų medžiagos: 0 – idealiai laidži medžiaga ( $R = 0$ ); 1 – sidabras; 2 – molibdenas; 3 – konstantanas; 4 – nichromas

**5 pav.** Kvazisimetrinės sistemos įėjimo varžos priklausomybės nuo dažnio žemųjų dažnių ruože (a) ir platesniame dažnių diapazone (b), kai  $L = 1,5$  mm,  $t = 1$  mm,  $p = 0,2$  mm,  $b = 7,5$  mm,  $w_1 = 0,5$  mm,  $w_2 = 0,2$  mm ir skirtingos trumpai sujungtų vijų medžiagos: 0 – idealiai laidži medžiaga ( $R = 0$ ); 1 – sidabras; 2 – molibdenas; 3 – konstantanas; 4 – nichromas

Kaip ir buvo tikėtasi, trumpai sujungtų vijų varžų įtaka didėja mažėjant dažniui. Kuo didesnė vijos varža, tuo didesnis lėtinimo koeficientas ir įėjimo varža žemųjų dažnių srityje ir platesnis dažnių ruožas, kuriame pasireiškia trumpai sujungtų vijų įtaka.

Didėjant dažniui, trumpai sujungtų vijų įtaka kvazisimetrinės sistemos lėtinimo koeficientui ir įėjimo varžai mažėja. Tai galima paaiškinti tuo, kad, didėjant dažniui, elektromagnetinis laukas telkiasi prie lėtinimo elektrodo ir kvazisimetrinėje sistemoje silpnėja elektromagnetinis ryšys tarp spiralės ir trumpai sujungtų vijų.

Pastarąją mintį patvirtina 6 paveikslo charakteristikos, apskaičiuotos, kai nuotolis  $2w_1$  tarp kvazisimetrinės sistemos spiralės ir trumpai sujungtų vijų lygus 0,5 mm ir 1 mm. Akivaizdu, kad, padidinus nuotolį tarp spiralės ir trumpai sujungtų vijų, jų įtaka kvazisimetrinės sistemos lėtinimo koeficiento ir įėjimo varžos dažninėms charakteristikoms labai sumažėja.

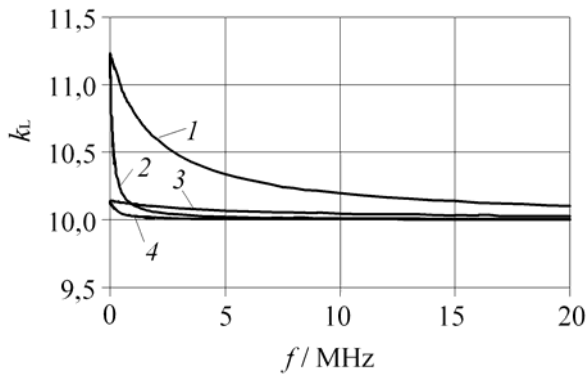
7 paveiksle pavaizduotos perdavimo koeficiento modulio, gauto skaičiuojant koeficientą  $\alpha_1$  dviem aptartais būdais, priklausomybės nuo dažnio. 7 paveikslo 1 – 4 kreivės, apskaičiuotos pagal įtampų ar srovių fazių skirtumo tarp gretimų vijų menamosios dalies modulį, 5 –

8 kreivės – pagal trumpai sujungtoje vijoje prarandamos galios ir sistemoje sklindančios galios santykį. Iš 7 paveikslo kreivių matyti, kad taikant abu būdus gaunami tapatūs rezultatai.

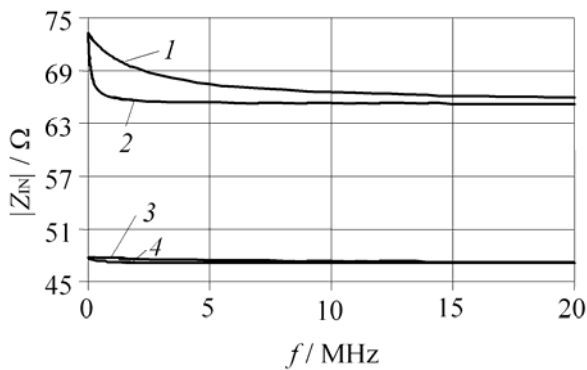
Pagal 7 paveikslą dėl nuostolių trumpai sujungtose vijos sistemos amplitudės dažninė charakteristika gaunama netolygi. Kuo didesnės trumpai sujungtų vijų varžos, tuo jų įtaka didesnė – pasireiškia didesnis slopinimas kvazisimetrinėje sistemoje.

Atsižvelgiant į bėgančiosios bangos elektroninių vamzdžių charakteristikų priklausomybes nuo elektrodinaminių kreipimo sistemų charakteristikų [3, 7–9], verta pažymėti, kad daugiausia įtakos elektroninio vamzdžio su kvazisimetrine kreipimo sistema charakteristikoms gali turėti kreipimo sistemos banginės varžos kitimas žemųjų dažnių srityje ir slopinimas dėl ینهstinių nuostolių, pasireiškiančių trumpai sujungtose vijos.

Atsižvelgdami tik į paviršinį efektą gavome, kad kvazisimetrinės sistemos įėjimo varžos pokytis žemųjų dažnių srityje gali siekti 1,5 % (5 pav., a). Slopinimas kreipimo sistemoje dėl ینهstinės varžos nėra didelis (7 pav.). Kreipimo sistemos amplitudės dažninės charakteristikos netolygumas vien tik dėl trumpai sujungtų vijų varžų, apskaičiuotų atsižvelgiant į paviršinį efektą, gali būti kelių decibelų dalių eilės.



a



b

**6 pav.** Kvizisimetrinės sistemos lėtinimo koeficiento (a) ir įėjimo varžos (b) priklausomybės nuo dažnio žemųjų dažnių ruože, kai  $L = 1,5$  mm,  $t = 1$  mm,  $p = 0,2$  mm,  $b = 7,5$  mm: 1, 2 –  $w_1 = 0,25$  mm,  $w_2 = 0,45$  mm; 3, 4 –  $w_1 = 0,5$  mm,  $w_2 = 0,2$  mm; 1, 3 – nichromas; 2, 4 – molibdenas

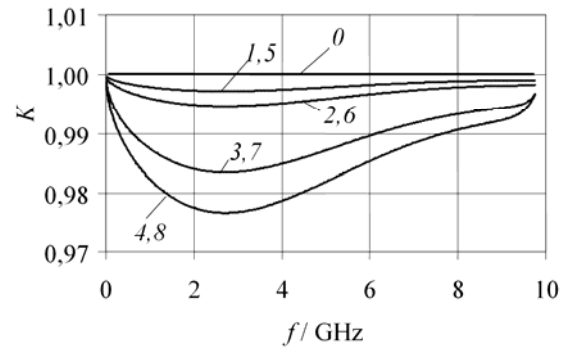
### Išvados

Kvizisimetrinę spiralinę lėtinimo ir kreipimo sistemą galima modeliuoti daugialaide linija.

Dėl trumpai sujungtų vijų kinta kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos lėtinimo koeficientas ir sistemos įėjimo varža žemųjų dažnių srityje. Didėjant dažniui trumpai sujungtų vijų įtaka mažėja, nes silpnėja elektromagnetinis ryšys tarp spiralės ir trumpai sujungtų vijų.

Dėl nuostolių trumpai sujungtose vijose padidėja slopinimas kvazisimetrinėje sistemoje. Trumpai sujungtų vijų įtaka slopinimui tuo didesnė, kuo didesnės vijų varžos ir kuo stipresnis elektromagnetinis ryšys tarp spiralės ir trumpai sujungtų vijų.

Trumpai sujungtų vijų įtaką slopinimui galima įvertinti dviem būdais – pagal įtampų ar srovių fazių skirtumo tarp gretimų vijų menamąją dalį arba pagal trumpai sujungtose vijose prarandamos galios ir sistemoje sklindančios galios santykį.



**7 pav.** Kvizisimetrinės lėtinimo sistemos perdavimo koeficiento modulio priklausomybės nuo dažnio, kai  $N = 60$ ,  $L = 1,5$  mm,  $t = 1$  mm,  $p = 0,2$  mm,  $b = 7,5$  mm,  $w_1 = 0,5$  mm,  $w_2 = 0,2$  mm: 0 – neįvertintus trumpai sujungtos vijos varžos ( $R = 0$ ); 1, 5 – sidabras; 2, 6 – molibdenas; 3, 7 – konstantanas; 4, 8 – nichromas

Autoriai dėkoja doc. dr. V. Urbanavičiui už naudingas diskusijas, pastabas ir pasiūlymus.

### Literatūra

1. Seilius A. Elektroninių matavimų metrologijos pagrindai. – Vilnius: Technika, 2003. – 271 p.
2. Bell D. A. Electronic instrumentation and measurements. – New Jersey: Prentice Hall, 1994. – 451 p.
3. Штарас С., Вайнорис З., Мартавичюс Р., Скудутис Ю., Станкунас Й. Широкополосные тракты осциллографических электронно-лучевых трубок бегущей волны. – Вильнюс: Техника, 1993. – 360 с.
4. Вайнорис З. А., Мартавичюс Р. Л., Шкунов В. А., Штарас С. С. Отклоняющая система бегущей волны. Описание изобретения к авторскому свидетельству 449391.
5. Павлов С. И., Топчиев Г. М. Электронные нуль-индикаторы для компенсационных измерений импульсных напряжений // ПТЭ. – 1969. – № 6. – С. 103–106.
6. Чайко Ю. В., Губанова Л. И., Михеева В. В. СВЧ осциллографическая трубка с полосой пропускания 5 ГГц // Электронная промышленность. – 1971. – № 4. – С. 49.
7. Вайнорис З., Кирвайтис Р., Штарас С. Электродинамические задерживающие и отклоняющие системы. – Вильнюс: Мокслас, 1986. – 266 с.
8. Staras S., Skudutis J. Traveling-wave deflecting systems // Software for Electrical Engineering Analysis and Design. – Boston, Southampton: WITPRESS, 1999. – P. 23–32.
9. Staras S. Simulation and properties of the twined helical deflecting structure // IEEE Trans. Electron Devices, vol. 52, no. 6, p. 1222–1225, June 2005.

Pateikta spaudai 2005 11 10

**Staras S., Burokas T. Model and Properties of the Quasi-Symmetrical Helical Deflection System // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2006. – No. 2(66), – P. 68–73**

Properties of the quasi-symmetrical helical deflection system are considered. The system was developed for the super-wide-band traveling-wave tubes that can be used for measurements of momentary voltages using compensation method. The system contains two helices and shields. One helix is used as the retardation electrode of the traveling-wave deflection system. Turns of the other helix are short circuited. This helix can be used as the compensation voltage electrode. The influence of the short circuited turns on retardation factor, input impedance of the quasi-symmetrical system and attenuation of the propagating wave in the system is considered. The short circuited turns cause increase of retardation factor and input impedance of the quasi-symmetrical system in the lower frequency range. The influence of the short circuited turns on retardation factor and input impedance decreases with frequency because the electromagnetic field in the slow-wave structures has surface character and electromagnetic coupling between the helical electrode of the system and the short circuited turns of the compensation electrode decreases with frequency. Losses in the short circuited turns cause attenuation of the traveling wave. In order to reduce attenuation, it is necessary to increase conductivity of the short circuited turns and to reduce coupling between the slow-wave and compensation electrodes. Ill. 7, bibl. 9 (in Lithuanian, summaries in English, Russian and Lithuanian).

**Штарас С., Бурокас Т. Модель и свойства квазисимметричной спиральной отклоняющей системы // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2006. – № 2(66). – С. 68–73**

Рассматриваются свойства квазисимметричной спиральной отклоняющей системы. Система предназначена для широкополосной электронно-лучевой трубки, которая позволяет измерять мгновенные значения исследуемых напряжений компенсационным методом. Система состоит из двух спиралей и экранов. Одна спираль служит замедляюще-отклоняющим электродом. Витки другой спирали замкнуты накоротко. Она выполняет роль компенсационного электрода.

Рассматривается влияние закороченных витков на коэффициент замедления, входное сопротивление квазисимметричной системы и ослабление бегущей волны. Показано, что закороченные витки вызывают увеличение коэффициента замедления и входного сопротивления на нижних частотах. С увеличением частоты влияние закороченных витков на коэффициент замедления и входное сопротивление уменьшается, так как электромагнитное поле в замедляющих системах имеет поверхностный характер и с повышением частоты ослабляется связь между замедляющим и компенсационным электродами квазисимметричной системы.

Потери в закороченных витках увеличивают ослабление в квазисимметричной системе. С целью уменьшения ослабления следует уменьшать сопротивление закороченных витков и ослаблять электромагнитную связь между спиралью и закороченными витками. Ил. 7, библи. 9 (на литовском языке, рефераты на английском, русском и литовском яз.).

**Štaras S., Burokas T. Kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos modelis ir savybės // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2006. – Nr. 2(66), – P. 68–73**

Nagrinėjamos kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos savybės. Sistema skirta plačiajuosčiam elektroniniam vamzdžiui, kuris leidžia matuoti momentines įtampų vertes kompensaciniu būdu. Ji sudaryta iš dviejų spiralių ir ekranų. Viena spiralė atlieka bėgančiosios bangos kreipimo sistemos lėtinimo elektrodo vaidmenį. Kitos spiralės vijos trumpai sujungtos. Ji gali būti panaudota kaip kompensacinės įtampos elektrodas. Nagrinėjama trumpai sujungtų vijų įtaka kvazisimetrinės kreipimo sistemos lėtinimo koeficientui, įėjimo varžai ir sistema sklindančios bangos slopinimui. Parodyta, kad dėl trumpai sujungtų vijų padidėja kvazisimetrinės spiralinės kreipimo sistemos lėtinimo koeficientas ir įėjimo varža žemųjų dažnių srityje. Didėjant dažniui trumpai sujungtų vijų įtaka mažėja, nes silpnėja elektromagnetinis ryšys tarp spiralių ir trumpai sujungtų vijų. Dėl nuostolių trumpai sujungtose vijose padidėja slopinimas kvazisimetrinėje sistemoje. Trumpai sujungtų vijų įtaka slopinimui tuo didesnė, kuo didesnės vijų varžos ir kuo stipresnis elektromagnetinis ryšys tarp spiralių ir trumpai sujungtų vijų. Il. 7, bibl. 9 (lietuvių k.; santraukos anglų, rusų ir lietuvių k.).