

## Microwave Office programų paketo taikymo lėtinimo sistemoms tirti patirtis

J. Skudutis, V. Daškevičius, E. Garšva

Radijo aparatūros katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Naugarduko g. 41, LT-2600 Vilnius, Lietuva, tel. +370 5 2744767, faks. +370 5 2627730,

el. paštas : [julius.skudutis@el.vtu.lt](mailto:julius.skudutis@el.vtu.lt); [v.daskevicius@lietuvosdujos.lt](mailto:v.daskevicius@lietuvosdujos.lt); [eimas@aiva.lt](mailto:eimas@aiva.lt)

### Įvadas

Pastaruoju metu įvairiems įtaisams modeliuoti vis dažniau taikomi skaitmeniniai metodai ir specializuoti programų paketai [1]. Šio darbo autoriams 2000 metais spiralinei vėlinimo linijai modeliuoti pirmą kartą pavyko panaudoti firmos „Applied Wave Research“ superaukštųjų dažnių įtaisų projektavimo programų paketą Microwave Office [2]. Panaudojant šio paketo vidinį grafinį redaktorių buvo sukurtas paprasčiausias spiralinės vėlinimo linijos modelis [3]. Atliktas tyrimas leido įvertinti daug papildomų veiksnių (sudėtingą laidininko formą, dielektriką atskirose sistemos vietose, kraštų efektus, nuostolius laidininke ir dielektrike), o svarbiausia – buvo apskaičiuotos sistemos dažninės amplitudės ir fazės charakteristikos, iš kurių lengvai galima surasti ir pereinamąją charakteristiką.

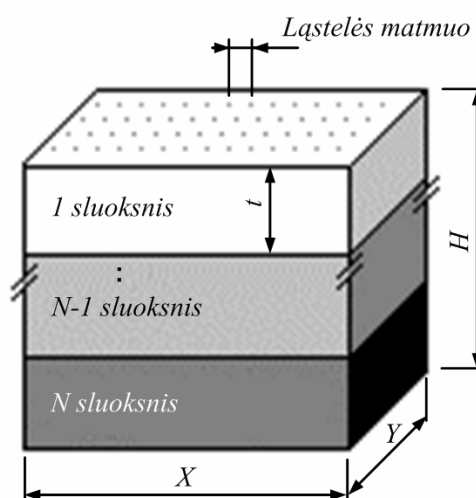
Pateiksime trumpą paketo Microwave Office charakteristiką.

Firmos „Applied Wave Research“ superaukštųjų dažnių sistemų projektavimo paketas Microwave Office modeliavimui naudoja skaitmeninį momentų metodą. Paketą sudaro trys moduliai:

- EMSight, kuriame yra trimatė elektromagnetinio modeliavimo sistema;
- Voltaire LS – tiesinės analizės programa;
- Voltaire XL – netiesinės analizės programa.

Paketo bibliotekoje yra per 450 tiesinių ir netiesinių elektroninių komponentų modelių. Jeigu reikiamo komponento bibliotekoje nėra, tuomet paketo modulis EMSight leidžia sukurti modelį iš komponento konstrukcijos brėžinio. Sluoksninė komponento struktūra yra pateikta 1 paveiksle. Komponentas dedamas į stačiakampio formos sritį, kuri susideda iš laidžių bei rezistinių daugiakampių sluoksnių rinkinio ir dielektrinių sluoksnių rinkinio. Be to, sudarant komponento modelį, naudojami tarp sluoksnių sujungimų elementai – trumpikliai ir signalo įvesties ir išvesties prievadai. Komponento struktūra analizuojama X, Y ir H matmenimis apribotame stačiakampio formos daugiasluoksniame tūryje. Šoninės šio tūrio ribos visada yra iš idealaus laidininko, o viršutinę ir apatinę ribas galima užsiduoti

kaip laidų paviršių su nuostoliais arba be jų, atvirą erdvę ir begalinį bangolaidį. Srityje turi būti ne mažiau



1 pav. Sluoksninė komponento struktūra Microwave Office pakete

kaip du dielektriniai sluoksniai, tarp kurių yra laidininkai. Aprašant modelio sritį reikia nurodyti ne jos matmenis, bet elementarių ląstelių skaičių kiekviena kryptimi.

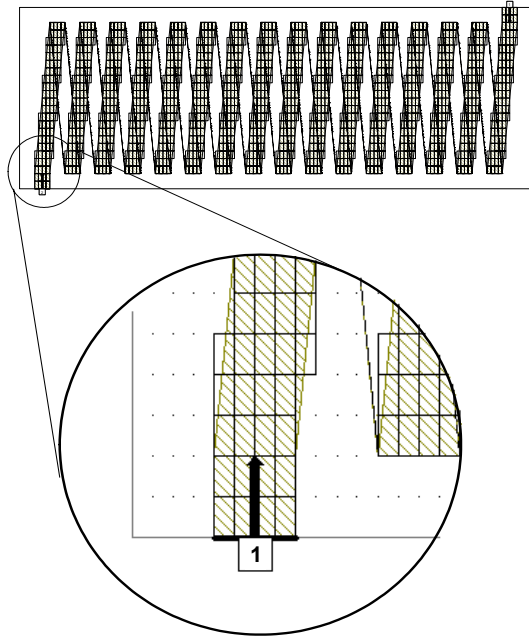
Moduliai Voltaire LS ir Voltaire XL leidžia analizuoti principines elektrines schemas, sudarytas iš tiesinių ir netiesinių elementų, apskaičiuoti jų dažnines ir laikines charakteristikas.

Microwave Office paketui reikia kompiuterio, kurio minimali konfigūracija yra tokia: Pentium 200 MHz, RAM 32 MB, Windows NT/95/98. Rekomenduojama konfigūracija: Pentium II, RAM 128 MB.

### Spiralinės vėlinimo sistemos modelis

EMSight modulis yra pritaikytas planarinės struktūros komponentams modeliuoti. Juo yra paprasta sudaryti, pavyzdžiui, simetrinės arba nesimetrinės meandrinė lėtinimo sistemų modelius, kadangi šiuo atveju užtenka panaudoti vieną arba du laidininkų sluoksnius, esančius tarp dielektrikų sluoksnių. Šio modulio negalima taikyti spiralinėms sistemoms modeliuoti, jeigu jų elektrodai yra

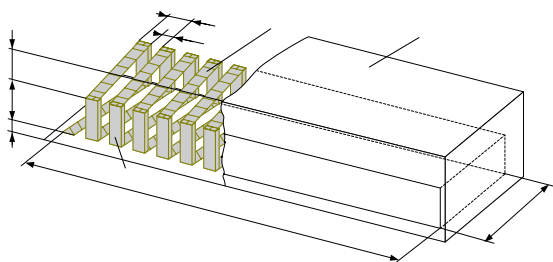
apvalaus skerspjuvio. Tačiau ištempto stačiakampio skerspjuvio spiralinį elektrodą galima modeliuoti dviejų laidininkų sluoksnių sistema. Vienas tokios sistemos laidininkų sluoksnių parodytas 2 paveiksle.



**2 pav.** Plokščios stačiakampės spiralės vieno sluoksnio laidininkai, jų skaidymas į baigtinius elementus ir prievado prijungimas

Antrojo, apatinio, sluoksnio laidininkai šio paveikslo viršutinėje dalyje parodyti punktyrinėmis linijomis. Trumpikliais tarpusavyje sujungti viršutinio ir apatinio sluoksnių laidininkai sudaro spiralę. Svarbu yra spiralę skaidyti į baigtinius elementus. Pradinį skaidymą automatiškai atlieka paketas. Priklausomai nuo struktūros sudėtingumo kiekvienas pradinis elementas gali būti išskaidytas dar į  $N$  elementų. Pagal nutylėjimą  $N_{max}=100$ . Svarbu, kad gretimus laidininkus modeliuojantys pradiniai elementai nesusijungtų vienas su kitu. Modeliuojamos struktūros matmenys ir baigtinių elementų skaičius lemia reikalingą kompiuterio operatyviosios atminties talpą ir skaičiavimo trukmę. Jeigu kompiuterio operatyviosios atminties nepakanka, tenka mažinti baigtinių elementų skaičių.

Paprasčiausios spiralinės lėtinimo sistemos (SS) modelis autorių buvo sukurtas naudojant vidinį Microwave Office grafinį redaktorių (3 pav.).



**3 pav.** Paprasčiausios spiralinės lėtinimo sistemos modelis, tenkinantis Microwave Office reikalavimus, sukurtas

naudojant jo vidinį grafinį redaktorių: 1 – spiralės laidininkas, 2 – išorinis ekranas, 3 – trumpiklis

Modelis sudarytas iš laidininkų ir dielektrikų sluoksnių taip, kad atitiktų Microwave Office naudojamą daugiasluoksnią struktūrą. Šiame modelyje spiralė įdėta į išorinį ekraną, kuris nuo viršutinės spiralės plokštumos nutolęs atstumu  $c_2$ , o nuo apatinės plokštumos – atstumu  $c_1$ . Šios sritys, taip pat ir spiralės vidinė sritis gali būti užpildytos dielektriku, kurio santykinė dielektrinė skvarba  $\epsilon_r \geq 1$ . Spiralės ilgis  $L_s$ , plotis  $h$ , vijos žingsnis  $L$ , o atstumas tarp vijos laidininkų  $l$ . Į vidinę spiralės sritį gali būti įkeltas metalinis ekranas. Kiekviena spiralės vija arba jos dalis gali skirtis laidininko pločiu ir storiu. Gali skirtis tik kraštinių spiralės vijų laidininkų matmenys. Šiame modelyje galima įvertinti spiralės laidininko nuostolius. Tam tikslui reikia aprašyti laidžių sluoksnių storį  $t$ , specifinį elektrinį laidumą  $\sigma$ , paviršinę varžą esant žemiems dažniams

$$R_{LF} = \frac{1}{\sigma \cdot t} \quad (1)$$

ir aukštųjų dažnių nuostolių varžą

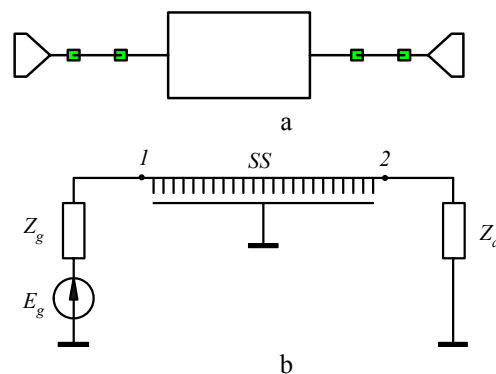
$$R_{HF} = \sqrt{\pi \frac{\mu_r}{\sigma}}; \quad (2)$$

čia  $\mu_r$  – santykinė magnetinė skvarba.

Vertikaliuose plokštumose esančios spiralės vijos dalys čia neivertinamos, jos yra pakeistos trumpikliais.

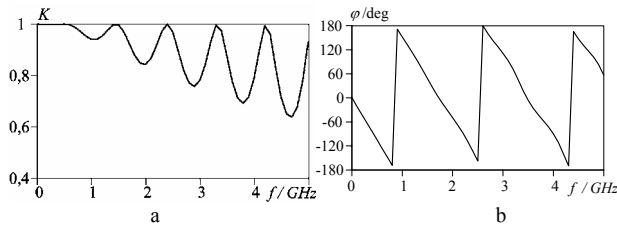
#### Tyrimo schemos ir jų galimybės

Kai sudaromas spiralinės lėtinimo sistemos modelis, ji tampa komponentu (šiuo atveju keturpoliu), kurio charakteristikas galima tirti pasinaudojant programų moduliais Voltare LS ir Voltare XL. Sistemos struktūrinė ir įjungimo į signalo kanalą principinė elektrinė schemos pateiktos 4 paveiksle.



**4 pav.** Spiralinės lėtinimo sistemos struktūrinė (a) ir įjungimo į signalo kanalą principinė elektrinė (b) schemos:  $E_g$  – signalo šaltinis,  $Z_g$  – signalo šaltinio vidinė varža,  $Z_b$  – spiralinės lėtinimo linijos banginė varža,  $Z_a$  – apkrovos varža

Pasinaudojant šia schema, galima apskaičiuoti spiralinės vėlinimo linijos dažnines amplitudės ir fazės charakteristikas (DACH ir DFCH 5 pav.), fazinės vėlinimo trukmės  $\tau$  ir įėjimo varžos dažnines priklausomybes. Paketu Microwave Office 2000



5 pav. Spiralinės vėlinimo linijos DACH (a) ir DFCH (b)

negalima tiesiogiai apskaičiuoti keturpolio pereinamosios charakteristikos. Bandymai suformuoti stataus fronto ir didelės trukmės stačiakampį impulsą Microwave Office laikinės analizės priemonėmis nedavė teigiamo rezultato, nes impulsai pakete formuojami iš riboto skaičiaus harmonikų. (3) išraiška keturpolio pereinamąją charakteristiką vienareikšmiškai susieja keturpolio DACH ir DFCH:

$$h(t) = \frac{K(0)}{2} + \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^N \left( \frac{K(i\Delta\omega)}{i\Delta\omega} \sin[i\Delta\omega t + \varphi(i\Delta\omega)] \Delta\omega \right); \quad (3)$$

čia  $N$  – DACH ir DFCH taškų skaičius;  $\Delta\omega$  – ciklinio dažnio kitimo žingsnis.

Taigi pasinaudojus 5 paveiksle pateiktais DACH ir DFCH skaičiavimo rezultatais ir (3) išraiška, galima apskaičiuoti spiralinės vėlinimo linijos pereinamąją charakteristiką.

Tolesnė paketo Microwave Office galimybių analizė parodė, kad ir kitas spiralinės sistemos charakteristikas (fazinio vėlinimo laiko ir banginės varžos dažnines priklausomybes) galima apskaičiuoti pagal modeliuojamo keturpolio  $S$  parametrus. Žinoma, kad fazinio vėlinimo laiko dažninę charakteristiką galima išmatuoti  $\pi$  taškų ir rezonansiniu metodais. Parametras  $S_{21}$  turi keturpolio perdavimo funkcijos fizikinę prasmę. Kai vėlinimo linijos galai trumpai sujungti, jos fazinė vėlinimo trukmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$\tau = \frac{n}{2f_r}; \quad (4)$$

čia  $f_r$  – rezonanso dažnis;  $n$  – rezonanso eilės numeris.

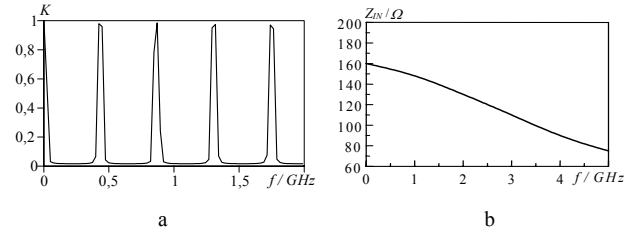
6 paveiksle pateikta parametro  $S_{21}$  priklausomybė nuo dažnio, kada sistema iš abiejų galų trumpai sujungta. Vidinėmis Microwave Office grafikų analizės priemonėmis galima rasti rezonansų dažnius ir pagal (4) išraišką apskaičiuoti fazinę vėlinimo trukmę kiekvienam rezonanso dažniui.

Sistemos lėtinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal išraišką

$$k_L = \frac{v_0 \tau}{L_s}; \quad (5)$$

čia  $v_0$  – bangos greitis vakuume;  $L_s$  – sistemos ilgis.

4 paveiksle, b, parodytoje schemeje nebus atspindžių, kai apkrovos ir generatoriaus varžos suderintos su sistemos įėjimo varža  $Z_g = Z_{IN} = Z_a$ . Kiekvienam dažniui sistemos įėjimo varža surandama keičiant signalo šaltinio ir generatoriaus varžas ( $Z_g = Z_a$ ) tol, kol gaunami mažiausi



6 pav. Spiralinės lėtinimo sistemos ( $L_s = 33$  mm,  $c_2 = 3$  mm,  $= 3$  mm,  $c_1 = 0,4$  mm,  $L = 2$  mm,  $l = 1$  mm,  $h = 10$  mm) parametro  $S_{21}$  dažninė priklausomybė, kai  $Z_g = Z_a \approx 0$  (a) ir įėjimo varžos dažninė priklausomybė (b), kai  $Z_g = Z_{IN} = Z_a$

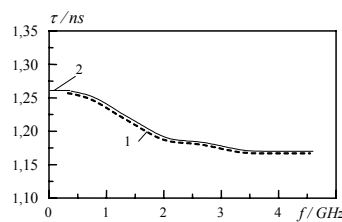
atspindžiai. Taip galima rasti įėjimo varžos dažninę priklausomybę (6 pav., b).

Spiralinės sistemos fazinio vėlinimo trukmės dažnines priklausomybes, apskaičiuotas pagal parametro  $S_{21}$  dažnines priklausomybes, taikant (4) formulę, kai linija abiejuose galuose trumpai sujungta, pateiktos 7 paveiksle.

Fazinio vėlinimo trukmės dažninę priklausomybę galima apskaičiuoti ir iš DFCH –  $\varphi(\omega)$ :

$$t_v(\omega) = \left| \frac{\varphi(\omega)}{\omega} \right| = \frac{L_s}{v_f(\omega)}; \quad (6)$$

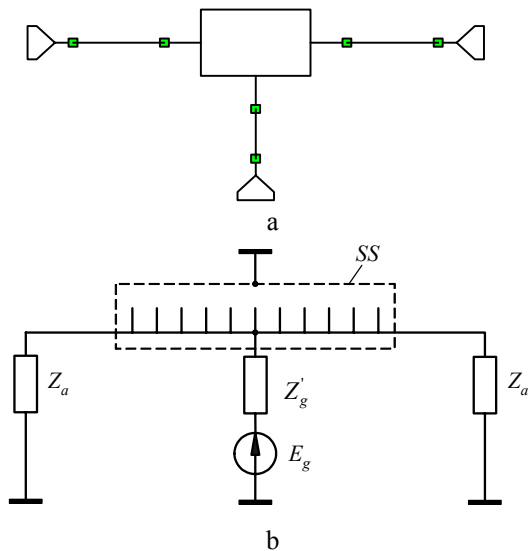
čia  $v_f$  – elektromagnetinės bangos sklidimo išilgai spiralės fazinis greitis;  $L_s$  – spiralės ilgis.



7 pav. Fazinio vėlinimo trukmės dažnines priklausomybes apskaičiuotos: 1 – pagal (4) formulę, 2 – pagal (6) formulę

Iš 7 paveikslo matyti, kad abiem metodais apskaičiuotos lėtinimo sistemų fazinio vėlinimo trukmės dažnines priklausomybes sutampa. Sistemos banginė varža bendruoju atveju skirsis nuo įėjimo varžos, kadangi šiai įtakos turi kraštinės spiralės vijos. Spiralinės sistemos banginės varžos tyrimo schema pateikta 8 paveiksle [4]. Siekiant išvengti kraštinių vijų įtakos, tiriamasis signalas šiuo atveju yra siunčiamas į sistemos vidurį, o sistemos galai yra apkrauti varžomis, lygiomis sistemos banginei varžai žemųjų dažnių ruože. Signalo šaltinio varža turi būti du kartus mažesnė už sistemos banginę varžą žemųjų dažnių ruože ir turi būti parinkta lygi pusei apkrovos varžos  $Z'_g = Z_a/2$ . Galimas ir kitas tyrimo schemas variantas,

kai, siekiant išvengti atspindžių signalo šaltinio prijungimo vietoje, panaudotas didelės vidaus varžos  $Z'_g$  signalo šaltinis. 8 paveiksle pateikta schema leido išmatuoti įėjimo varžą bet kurioje tiriamosios sistemos skerspjūvio vietoje. Tyrimai parodė, kad įėjimo varžos ir jų dažninės priklausomybės išilgai sistemos nekinta. Taip



8 pav. Spiralinės sistemos banginės varžos tyrimo schemas: a – struktūrinė, b - principinė

surasta varža buvo prilyginta sistemos banginei varžai. Tyrimų rezultatai visiškai nepriklausė nuo to, ar buvo naudojama schema su suderintu signalo šaltiniu  $Z'_g = Z_a/2$ , ar su didelės varžos signalo šaltiniu  $Z'_g = 10 \text{ k}\Omega$ . Tirtos sistemos banginės varžos dažninė priklausomybė pateikta 6 paveiksle, b. Ji sutapo su šios sistemos įėjimo varžos dažnine priklausomybe.

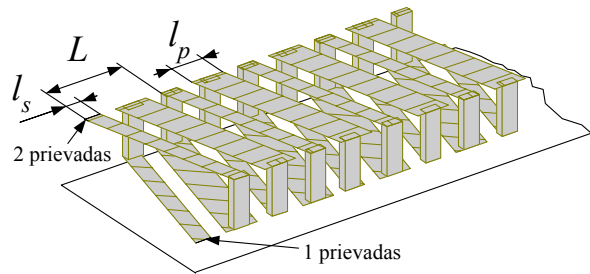
Pentium 2 450 MHz, RAM 768 MB Windows 98 konfigūracijos kompiuteriui perpus sutrumpintos spiralinės sistemos, kurioje nebuvo vertinami nuostoliai laidininke, DACH ir DFCH apskaičiuoti dažnių ruože iki 5 GHz prirėikė 22 val.

### Sudėtingų sistemų modeliavimo schemas

Atlikti tyrimai parodė, kad programų paketo Microwave Office moduliui EMSight galima sudaryti ir gana sudėtingų struktūrų – bendraašių spiralinių sistemų modelius [5]. Paprasčiausios bendraašės spiralinės sistemos konstrukcijos fragmentas parodytas 9 paveiksle.

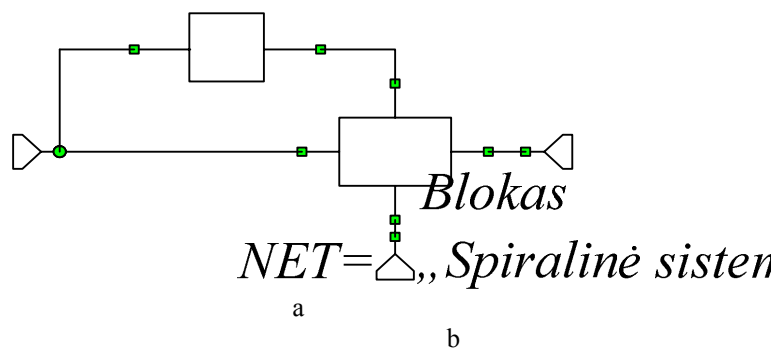
10 paveiksle pateikta bendraašės spiralinės lėtinimo sistemos (BSS) įjungimo į signalo kanalą schema. Čia  $Z_g$  – signalo šaltinio  $E_g$  vidinė varža,  $Z_a$  – spiralių apkrovos varžos. Į vieną tiriamosios sistemos prievadą signalas siunčiamas per fazės sukiklį  $\varphi$ , kuris leidžia keisti siunčiamo signalo fazę nuo  $0^\circ$

iki  $360^\circ$ , nekeičiant jo amplitudės. Spiralių sistemos banginės varžos priklauso nuo jų sužadavimo. Esant priešfaziniam sužadimui sistema apibūdinama bangine varža nelyginei bangai  $Z_o$ , o esant sinfaziniam



9 pav. Bendraašių spiralių sistemos konstrukcijos fragmentas:  $l_s$  – siaurų spiralių vijų dalių plotis;  $l_p$  – plačių spiralių vijų dalių plotis;  $L$  – spiralių vijų žingsnis

sužadimui, – bangine varža lyginei bangai  $Z_e$ . Norint užtikrinti tiriamosios sistemos suderinimą žemųjų dažnių ruože, apkrovos varžos  $Z_a$ , priklausomai nuo sistemos sužadavimo turi būti lygios  $Z_o$  arba  $Z_e$ . Bendroju atveju sistemos banginės varžos yra dažnio funkcijos  $Z_o = \varphi_1(f)$  ir  $Z_e = \varphi_2(f)$ . Todėl 10 paveiksle, b, parodyta schema gali būti suderinta tik siaurame dažnių ruože, kuriame spiralinės sistemos banginė varža pakinta nedaug.



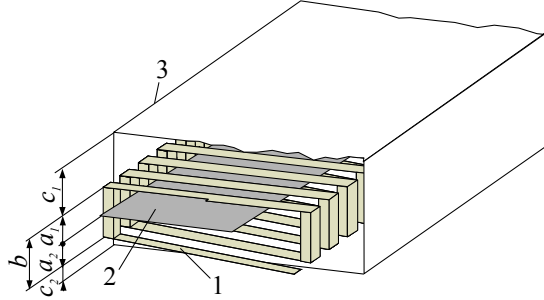
10 pav. Bendraašės spiralinės lėtinimo sistemos įjungimo į signalo kanalą struktūrinė (a) ir principinė (b) schema

10 paveiksle, a, parodytoje schemoje fazės sukiklio padėtis  $\varphi = 0^\circ$  užtikrina sinfazinį bendraašės sistemos sužadimą. Ši schema leidžia apskaičiuoti fazinio vėlinimo trukmės, banginės varžos ir sistemos perdavimo koeficientų dažnines priklausomybes lyginei bangai. Kai  $\varphi = 180^\circ$ , visas šias charakteristikas apskaičiuosime esant nelyginei bangai.

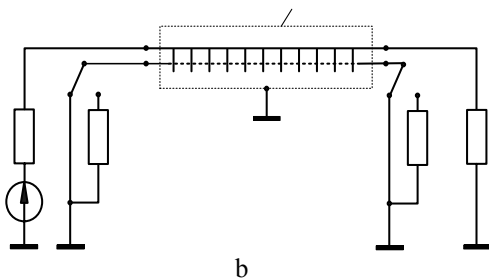
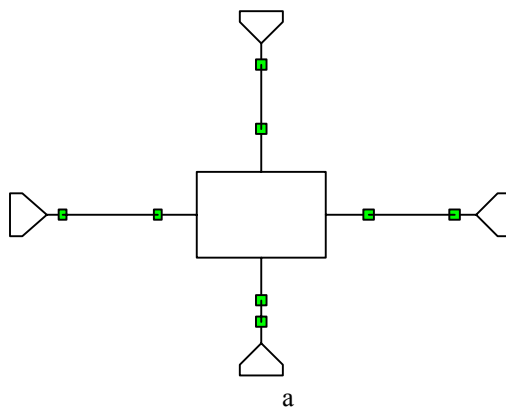
Microwave Office programų paketas leidžia spręsti dar sudėtingesnius uždavinius: tirti spiralinės sistemos su vidiniu ir išoriniu ekranais (DSS) savybes, įvertinti spiralių ir ekranų baigtinį ilgį bei dėl to atsirandančius rezonansus; atskleisti rezonansinių reiškinių įtaką sistemų dažninėms amplitudės ir fazės charakteristikoms (DACH ir DFCH) bei fazinio vėlinimo laiko dažninei priklausomybei; aptarti

rezonansų išvengimo tokiose sudėtingose sistemose galimybes ir sąlygas [6].

11 paveiksle yra pateiktas spiralinės sistemos su vidiniu ir išoriniu ekranais konstrukcijos fragmentas, o 12 paveiksle, a ir b, – DSS tyrimo schemas.



**11 pav.** Spiralinės sistemos su vidiniu ir išoriniu ekranais konstrukcijos fragmentas: 1 – spiralė; 2 – vidinis ekranas; 3 – išorinis ekranas

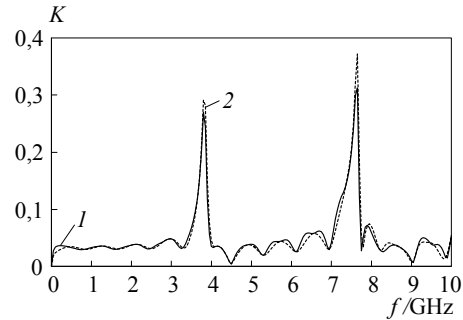


**12 pav.** DSS tyrimo struktūrinė (a) ir principinė (b) schemas:  $P_{j1}$  ir  $P_{j2}$  –perjungikliai;  $Z_{e1}$  ir  $Z_{e2}$  –vidinio ekrano apkrovos

Šios tyrimo schemas nuo anksčiau pateiktų skiriasi tuo, kad vidinis spiralės ekranas 2 abiejuose galuose perjungikliais  $P_{j1}$  ir  $P_{j2}$  yra sujungtas su išoriniu ekranu. Šie perjungikliai reikalingi tam, kad tyrimų metu būtų galima sujungti su išoriniu ekranu kiekvieną vidinio ekrano galą trumpai arba per varžas  $Z_{e1}$  ir  $Z_{e2}$ . Žinoma, kad tokiose sistemose vidinis ir išorinis ekranai sudaro bendraašę liniją. Kai jos galai trumpai sujungti, susidaro bendraašės linijos rezonansinė atkarpa, kuri gali turėti įtakos bėgančiosios bangos elektroninių įtaisų charakteristikoms. Tinkamai parinkus varžas  $Z_{e1}$  ir  $Z_{e2}$  galima tirti spiralės spiralės

indukuotus vidiniame ekrane signalus, esant įvairiems sistemos darbo režimams.

13 paveiksle yra pateiktos perdavimo koeficientų iš spiralės į bendraašės linijos prievadus, apkrautus varžomis  $Z_{e1}$  ir  $Z_{e2}$  dažninės priklausomybės, kai linija susižadina. Iš šio paveikslo matome, kaip išauga



**13 pav.** Perdavimo koeficientų iš spiralės į koaksinės linijos prievadus, apkrautus varžomis  $Z_{e1}$  ir  $Z_{e2}$ , dažninės priklausomybės sistemoje su pailgintais ekranais: 1 – sistemos išėjime; 2 – sistemos įėjime

srovės vidiniame ekrane kai išilgai koaksinės linijos telpa vienas pusbangis (pirmasis rezonansas, kai  $f_{r1} = 3,85$  GHz) ir du pusbangiai (antrasis rezonansas  $f_{r2} = 7,64$  GHz).

Šiuolaikinis Pentium 4 2,4 GHz, RAM 1 GB, Windows XP konfigūracijos kompiuteris perpus sutrumpintos spiralinės sistemos su vidiniu ir išoriniu ekranais, kurioje nebuvo vertinami nuostoliai laidininke, DACH ir DFCH dažnių ruože iki 10 GHz (200 taškų) skaičiavo 30 val.

## Išvados

1. Nors programų paketas Microwave Office yra pritaikytas planarinės struktūros sistemoms modeliuoti, jo modulis EMSight leidžia sudaryti ir plokščių spiralinių sistemų modelius, jeigu jų skerspjūvio matmenys viena kryptimi gerokai didesni už matmenis statmena kryptimi.

2. Taikant Microwave Office programų paketą elektrodinaminių įtaisų analizei, galima tyrinėti ne tik pagrindines šių įtaisų charakteristikas DACH, DFCH, įėjimo ir banginės varžų dažnines priklausomybes, bet ir galų efektus, įvairių sistemos elektrodų sąveiką, įvertinti iš ekranų sudarytos bendraašės linijos rezonansines savybes bei šių rezonansų įtaką sistemos charakteristikoms.

3. Kartu išryškėjo ir nemažai Microwave Office programų paketo trūkumų. Vienu iš didžiausių šio paketo trūkumų laikytina tai, kad jam reikia didelių skaičiavimo technikos resursų: operatyviosios kompiuterio atminties ir skaičiavimo laiko. Be to, jis neįvertina atskirus modelio sluoksnius jungiančių elementų: plokščios spiralės laidininkų šoninių dalių, išorinį ir vidinį spiralės ekranus jungiančių trumpiklių, dielektrinių spiralių laikiklių ir kitų elementų įtakos. Dėl to, sudėtingoms spiralinėms sistemoms tirti naudotini trimačio modeliavimo programų paketai.

## Literatūra

1. **Kory C. L.** Three dimensional simulation of helix traveling-wave tube cold-test characteristics using MAFIA//IEEE Trans. Electron Devices. –AUG, 1996, – Vol. 43. – P. 1317–1319.
2. **Microwave Office 2002**- <http://www.appwave.com/products/mwoffice.html>
3. **Daškevičius V., Skudutis J.** Spiralinės vėlinimo sistemos savybių tyrimas Microwave Office 2000 paketu // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. – Kaunas: Technologija, 2000. – Nr. 2(25). – P. 30-33.
4. **Skudutis J., Daškevičius V.** Lėtinimo ir kreipimo sistemos įėjimo varžos tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. – Kaunas: Technologija, 2002. – Nr. 7(42). – P. 13-17.
5. **Skudutis J., Daškevičius V.** Bendraašių spiralių lėtinimo sistemos savybių tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. – Kaunas: Technologija, 2001. – Nr. 5(34). – P. 20-25.
6. **Skudutis J., Daškevičius V.** Ekranų įtakos spiralinės sistemos savybėms tyrimas // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 6(48). – P. 22-27.

Pateikta spaudai 2004 01 23

**J. Skudutis, V. Daškevičius, E. Garšva. Microwave Office programų paketo taikymo lėtinimo sistemoms tirti patirtis // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2004. – Nr. 2(51). – P. 68-73.**

Ištirtos paketo Microwave Office taikymo spiralinėms lėtinimo sistemoms savybėms tirti galimybės. Pateikti įvairių tipų plokščių spiralinėms sistemoms (SS) modeliai, sukurti naudojant vidinį grafinį Microwave Office redaktorių. Parodyta, kad ištempto stačiakampio skerspjūvio spiralinę elektrodą galima modeliuoti daugiasluoksne struktūra, sudaryta iš laidininkų ir dielektrikų sluoksnių. Trumpakliais tam tikra tvarka tarpusavyje sujungti du laidininkų sluoksnius, tarp kurių yra dielektrikas, sudaro spiralę. Didelę reikšmę turi spiralės skaidymas į baigtinius elementus. Modeliuojamos struktūros matmenys ir baigtinių elementų skaičius lemia reikalingą kompiuterio operatyviosios atminties talpą ir skaičiavimo trukmę. Pasiūlytos struktūrinės ir principinės SS su išoriniu ekranu, su išoriniu ir vidiniu ekranais bei bendraašės spiralių sistemos su išoriniu ekranu įjungimo į signalo kanalą tyrimo schemos. Šios schemos leidžia tirti: sistemos dažnines amplitudės ir fazės charakteristikas (DACH ir DFCH), fazinio vėlinimo laiko, įėjimo ir banginės varžų dažnines priklausomybes, bendraašių spiralių sistemos bangines varžas lyginei ir nelyginei bangoms. Be to, spiralinės sistemos su vidiniu ir išoriniu ekranais tyrimo schemos leidžia įvertinti spiralės ir ekranų baigtinių ilgį bei dėl to atsirandančius rezonansus ir nagrinėti iš vidinio bei išorinio ekranų susidarytos bendraašės linijos ir spiralės sąveiką. Pateikti ir aptarti kai kurie tyrimo rezultatai. Pateikti reikalaujami skaičiavimo technikos resursai. Atskleisti programų paketo trūkumai. Il. 13, bibl.6 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**J. Skudutis, V. Daškevičius, E. Garšva. Experience in Applying Microwave Office Program Package to the Delay System Investigation // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technology, 2004. – No. 2(51). – P. 68-73.**

Possibilities of applying Microwave Office package to the investigation of helical delay system properties have been investigated. Models of planar helical systems (HS) of various types, developed using the Microwave Office internal graphical editor, are presented. It is shown that a helical electrode of expanded rectangle cross-section can be modeled by a multilayer structure formed of conductor and dielectric layers. Two conductor layers, interconnected with short circuiters in a certain order, with a dielectric between them, form a helix. The helix partitioning to finite elements is important. The sizes of the modeled structure and the number of finite elements determine the needed size of operative computer memory and the computation time. The simplified and basic schemes of switching-on into the signal channel of HS with an external shield, with an external and internal shields as well as of the coaxial helical system with an external shield are suggested. These schemes allow investigation of: amplitude-frequency response and phase-frequency response of the system, the frequency dependences of phase delay time, input and wave resistances, wave resistances of the coaxial helical system for even and odd waves. Moreover, investigation of schemes of a helical system with internal and external shields allow one to evaluate the finite length of a helix and shields and arising in this connection resonances as well as to investigate the interaction of a helix and a coaxial line formed of internal and external shields. Some investigation results are presented and discussed. The required computing technique resources are presented. The program package drawbacks are revealed. Ill.13, bibl. 6 (in Lithuanian; summary in Lithuanian, English and Russian).

**Ю. Скудутис, В. Дашкевичюс, Е. Гаршва. Опыт применения пакета Microwave Office для исследования свойств замедляющих систем // Электроника и электротехника. - Каунас: Технология, 2004. - № 2(51). – P. 68-73.**

Исследованы возможности применения пакета Microwave Office для исследования спиральных замедляющих систем. Представлены модели различных типов плоских спиральных систем (СС), полученные с помощью внутреннего графического редактора пакета Microwave Office. Показано, что спиральный электрод вытянутого прямоугольного сечения можно моделировать многослойной структурой из слоев проводников и диэлектриков. Спираль составляют два слоя с проводниками, в определенном порядке соединенными между собой перемычками, и слой диэлектрика. Важно разбиение спирали на конечные элементы. Размеры моделируемой системы и количество конечных элементов определяют требуемый объем оперативной памяти компьютера и время расчета. Предложены структурные и принципиальные схемы включения в сигнальный тракт СС с внешним экраном, с внешним и внутренним экранами, а также двухзаходной СС с внешним экраном. Эти схемы позволяют исследовать амплитудно- и фазочастотные характеристики систем, частотные зависимости фазового времени задержки, входного и волнового сопротивления, волновые сопротивления двухзаходной СС четной и нечетной волнам. Кроме этого схема исследования СС с внешним и внутренним экранами позволяет учесть конечную длину спирали и экранов и возникающие, в связи с этим, резонансы, а также анализировать взаимодействие спирали и коаксиальной линии, образованной внутренним и внешним экранами. Представлены и проанализированы некоторые результаты исследований.

Указаны недостатки пакета Microwave Office. Ил. 13, библ. 6 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз).