

## Antenų kryptingumo diagramų nuosvyrio įtaka formuojant mobiliojo korinio ryšio ląstelių ribas ir vertinant elektromagnetinio lauko intensyvumą

**R. V. Pocius**

*Telekomunikacijų inžinerijos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius, Lietuva, tel. +370 5 2744769, faks. +370 5 2744770, el. p. ricardas.pocius@el.vtu.lt*

### Įvadas

Formuojant mobiliojo korinio ryšio sistemos bazinių stočių aprėpties zonas, tai yra formuojant ląstelių konfigūraciją ir jų ribas, konkrečioje vietovėje tenka tinkamai parinkti antenų erdvinio išdėstymo parametrus: antenų geometrinio centro aukštį, intensyviausio spinduliavimo kryptį – azimutą bei reikiamą kryptingumo diagramos nuosvyrį vertikalojoje plokštumoje.

Pastaraisiais metais antenų gamintojai, siekdami patenkinti mobiliojo korinio ryšio operatorių poreikius, kylančius diegiant ir plėtojant mobiliojo korinio ryšio tinklus, sukūrė ir pateikė rinkai visą gamą bazinių stočių antenų, kurių konstrukcija leidžia keisti jų kryptingumo diagramos nuosvyrį vertikalojoje plokštumoje tiek mechaniškai, tiek elektriškai.

Tačiau neretai antenų gamintojai, sukūrė ir pateikė rinkai naują gaminį, vėluoja pasiūlyti jų programinę paramą, tai yra nespėja parengti ir patogiu formatu pateikti antenų kryptingumo diagramų vertikalojoje plokštumoje, esant įvairiems elektrinio nuosvyrio kampams. Dažniausiai apsiribojama šalia kitų techninių duomenų pateikiant kryptingumo diagramos vertikalojoje plokštumoje grafiką, kai elektrinio nuosvyrio kampas  $\Theta = 0^0$ .

Mobiliojo korinio ryšio tinklo planuotojas, plėsdamas tinklo aprėptį arba didindamas jo talpą sutankindamas bazines stotis ir formuodamas naujas tinklo ląsteles, yra priverstas naudotis kataloguose arba elektronine forma pateikiamomis tipinėmis kryptingumo diagramomis (kai  $\Theta = 0^0$ ).

Akivaizdu, kad, modeliuojant numatomų elektromagnetinių laukų (EML) pasiskirstymą, kai varijuojama antenų elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampais ir naudojamos turimomis kryptingumo diagramomis, gali susidaryti paklaidos.

Šiame darbe nagrinėjama antenų kryptingumo diagramų elektrinio ir mechaninio nuosvyrių bei jų tikslaus nustatymo įtaka antenų sukuriama EML intensyvumo parametrų įvertinimui artimoje aplinkoje, prognozuojant projektuojamų stočių aprėpties zoną bei sanitarinės ir ribinio užstatymo zonų ribas.

### Antenų kryptingumo diagramos, esant mechaniniam ir elektriniam antenų nuosvyriui

Mechaninio ir elektrinio antenos nuosvyrio įtakos antenos kryptingumo diagramai vertikalojoje plokštumoje kiekybiniam įvertinimui pasinaudosime konkrečios firmos, pavyzdžiui, KATHREIN pateikiamomis išsamiomis antenos 742265 tipinėmis kryptingumo diagramomis, nustatytomis esant įvairiems elektrinio nuosvyrio kampams.

1 pav., a ir b, parodyti antenos kryptingumo diagramos vertikalojoje plokštumoje fragmentai ( $0-90^0$  sektoriuje), esant skirtingiems elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampams. Iš 1 pav. matyti, kad, esant skirtingiems elektrinio nuosvyrio kampams, antenos kryptingumo diagramos vertikaloje plokštumoje fragmentai tarpusavyje skiriasi ne tik pagrindinio ir šalutinių lapelių maksimumų persistūmimu, bet ir gaubtinės forma.

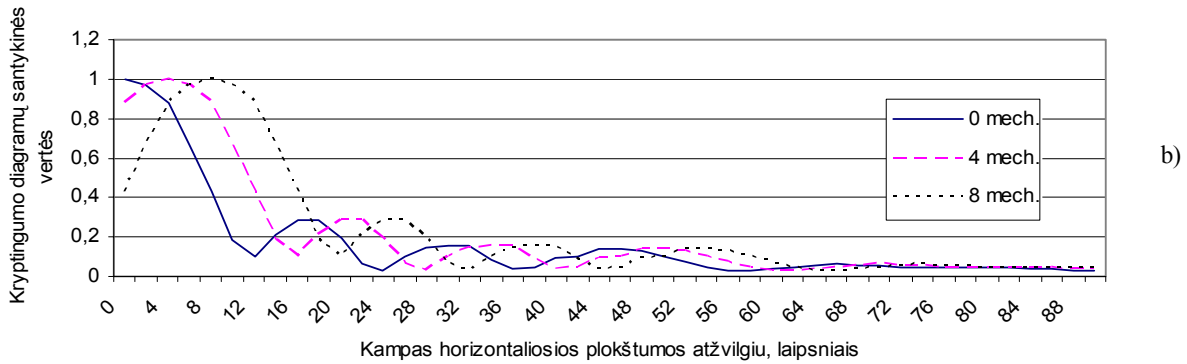
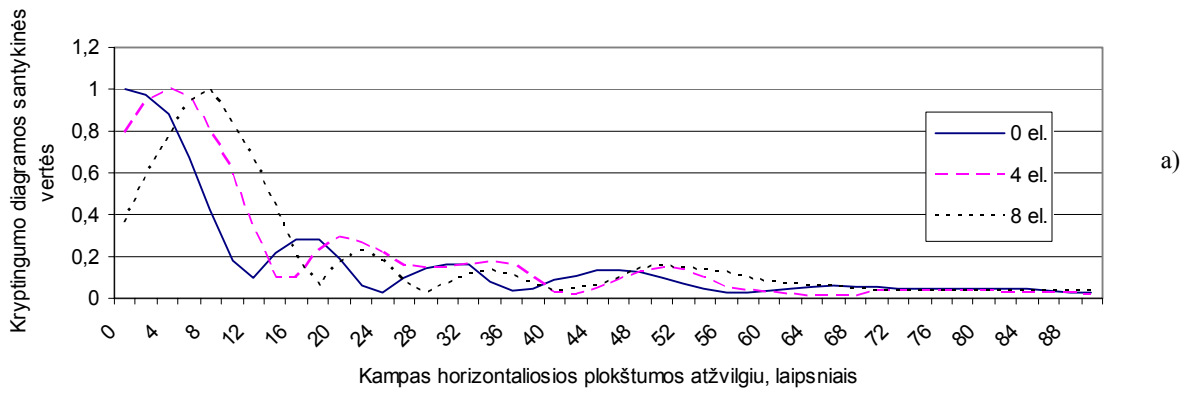
2 pav., a ir b, parodyti antenos kryptingumo diagramų fragmentai, esant skirtingiems elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampams. Pažymėtina, kad esant didesniais elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampui kryptingumo diagramos gaubtinė labiau skiriasi.

3 pav., a ir b, pavaizduoti atitinkami antenos kryptingumo diagramų fragmentų vertikalojoje plokštumoje skirtumai, esant 4 ir 8 laipsnių elektriniam antenų diagramų arba mechaniniam antenų nuosvyriui.

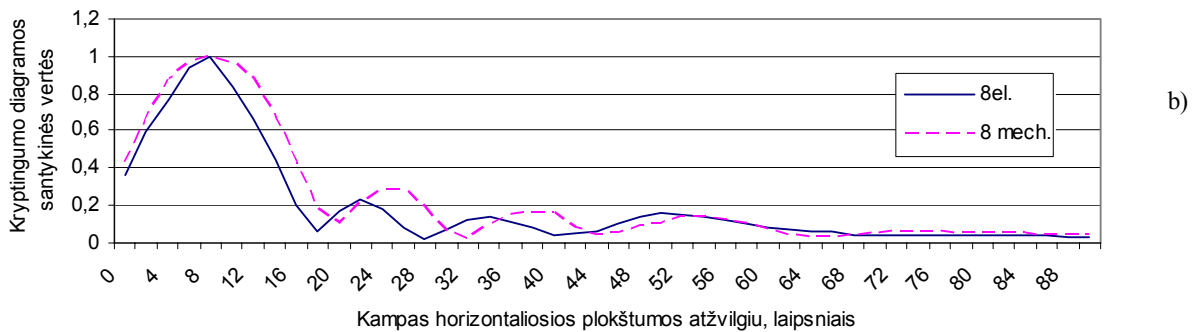
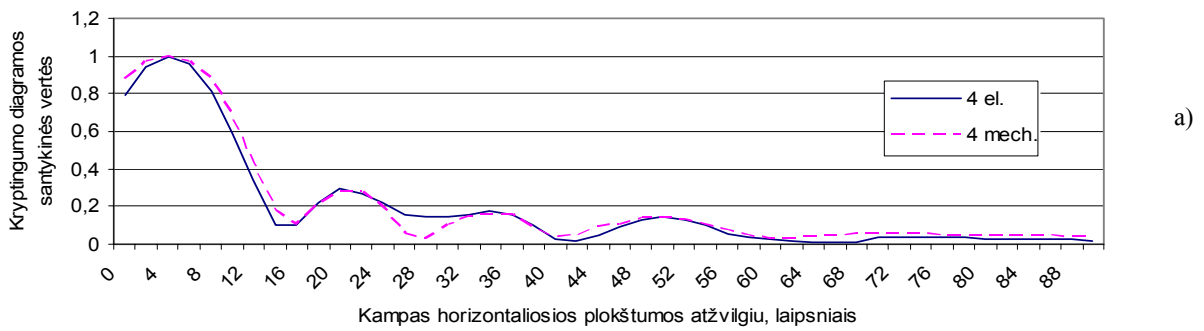
### Antenų kryptingumo diagramų nuosvyrio įtaka, vertinant EML intensyvumą artimoje aplinkoje

Modeliuojant antenų su elektriniu kryptingumo diagramų nuosvyriu artimoje aplinkoje sukuriama EML intensyvumo parametrų pasiskirstymą analitiniu metodu [1, 2], pritaikant gamintojų pateikiamas tipines kryptingumo diagramas su nuliniu nuosvyrio kampu ir jas mechaniškai nulenkiant atitinkamo elektrinio diagramos nuosvyrio kampo dydžiu susidaro paklaidos.

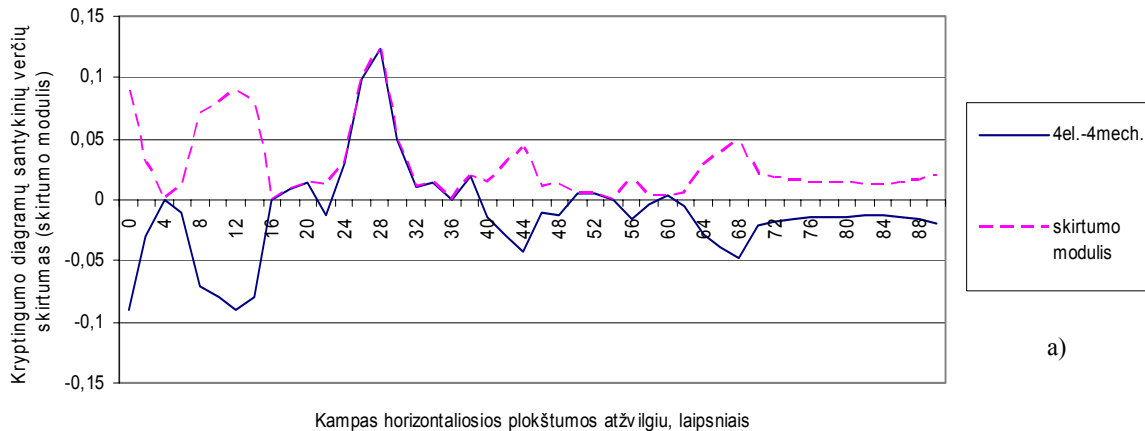
4 ir 5 pav. parodyti konkrečios bazinės stoties antenos sukuriama EML energijos srauto tankio pasiskirstymo intensyviausio antenos spinduliavimo kryptimi modeliavimo rezultatai.



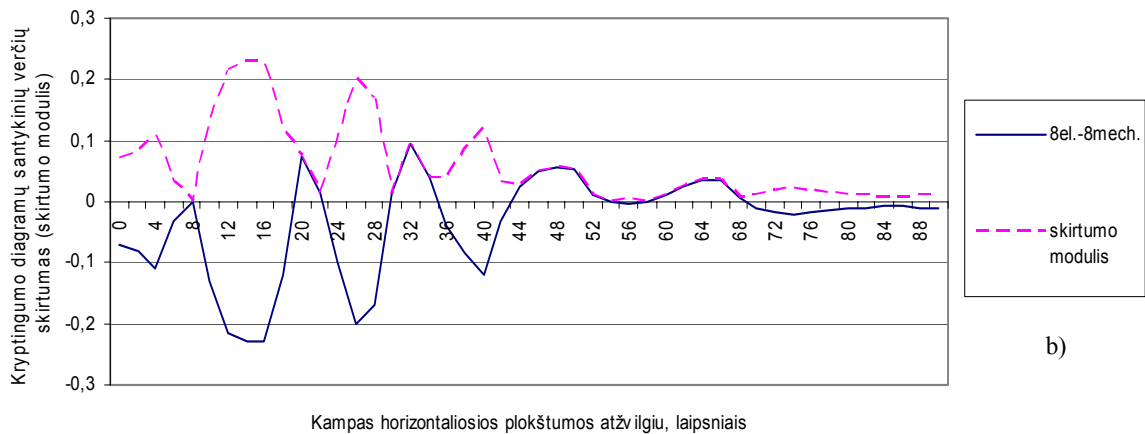
**1 pav.** Antenos krypingumo diagramų vertikaliojoje plokštumoje fragmentai, esant skirtingiems elektrinio nuosvyrio (a) ir mechaninio nuosvyrio (b) kampams



**2 pav.** Antenos krypingumo diagramos vertikaliojoje plokštumoje fragmentas, esant elektriniam ir mechaniniam 4 laipsnių (a) ir 8 laipsnių (b) nuosvyriui



a)



b)

**3 pav.** Antenos kryptingumo diagramų vertikaliojoje plokštumoje fragmentų skirtumas, esant 4 laipsnių elektriniam ir 4 laipsnių mechaniniam (a) ir esant 8 laipsnių elektriniam ir 8 laipsnių mechaniniam (b) nuosvyriui

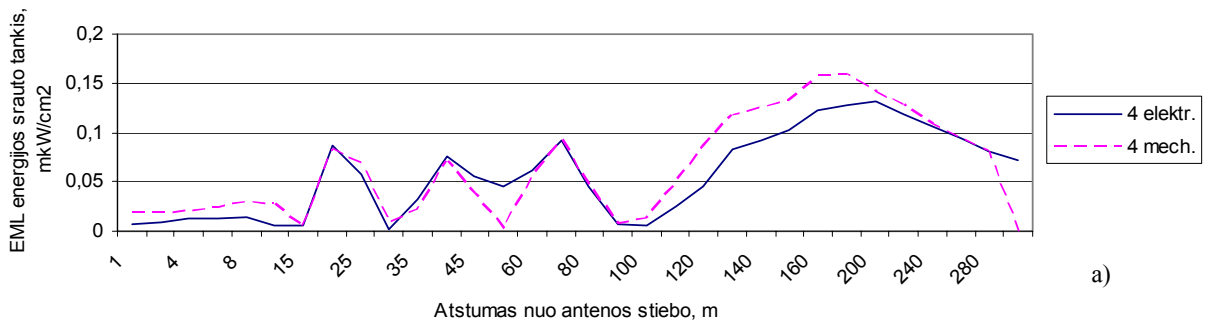
Pasiskirstymas gautas naudojant atitinkamas kryptingumo diagramas, esant skirtingiems diagramos nuosvyrio kampams ( $\Theta_{el} = 4^0$  ir  $\Theta_{el} = 8^0$ ) ir tipinę kryptingumo diagramą (esant  $\Theta_{el} = \Theta_{mech} = 0^0$ ), kuri buvo nulenkiama atitinkamu kampu mechaniškai. Kiti pagrindiniai skaičiavimo duomenys: antenos tipas – KATHREIN 742265; antenų centro aukštis –  $h_A = 30$  m; siųstuvo išėjimo galia –  $P_s = 20$  W (43 dBm);  $1/2''$  kabelio ilgis – 10 m; antenos stiprinimo koeficientas –  $G_0 = 16$  dBi; darbinis dažnis –  $f = 947$  MHz.

6 pav. parodytos EML energijos srauto tankio nustatymo santykinų paklaidų, susidarantių dėl tipinių kryptingumo diagramų (esant  $\Theta_{el} = \Theta_{mech} = 0^0$ ) taikymo, jas mechaniškai nulenkiant reikiamu kampu, priklausomybės nuo atstumo (nuo antenų stiebo), esant skirtingiems

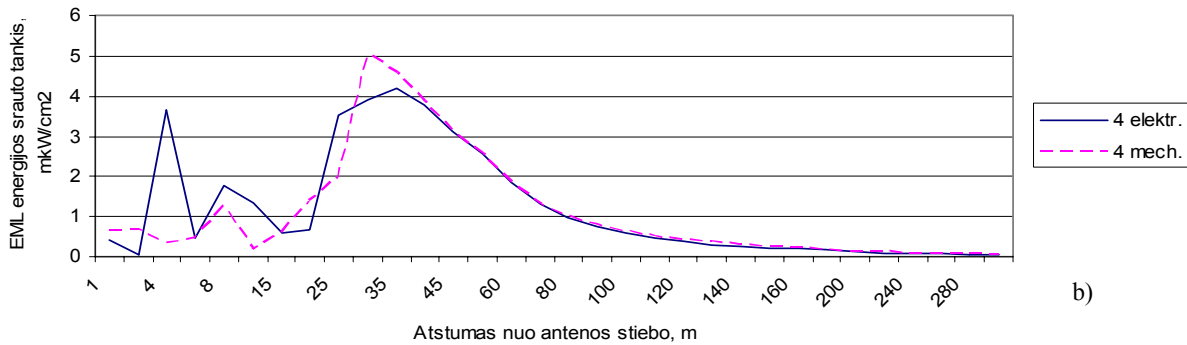
elektrinio nuosvyrio kampams ( $\Theta_{el} = 4^0$  ir  $\Theta_{el} = 8^0$ ) ir skirtingiems skaičiavimo aukščiams virš žemės paviršiaus.

Iš 4–6 pav. matyti, kad mechaniškai palenktų kryptingumo diagramų naudojimas vietoj realių elektriškai nulenktų antenų diagramų vertikaliojoje plokštumoje gali sukelti dideles EML skaičiavimo paklaidas.

Iš pateiktų paveikslėlių taip pat matyti, kad EML energijos srauto tankio skaičiavimo 2 m aukštyje paklaidos, siekiančios net iki 45 % (esant  $\Theta_{el} = 8^0$ ), susidaro visoje nagrinėjamoje antenos artimoje aplinkoje (iki 300 m). Didesnės paklaidos (siekiančios net iki 65 %), tačiau artimesnėje antenos aplinkoje (iki 50–60 m), susidaro modeliuojant EML intensyvumą su mechaniškai nulenktų antenų diagramų pakaitalais 5 m žemesnėje nei antenų geometrinis centras plokštumoje.

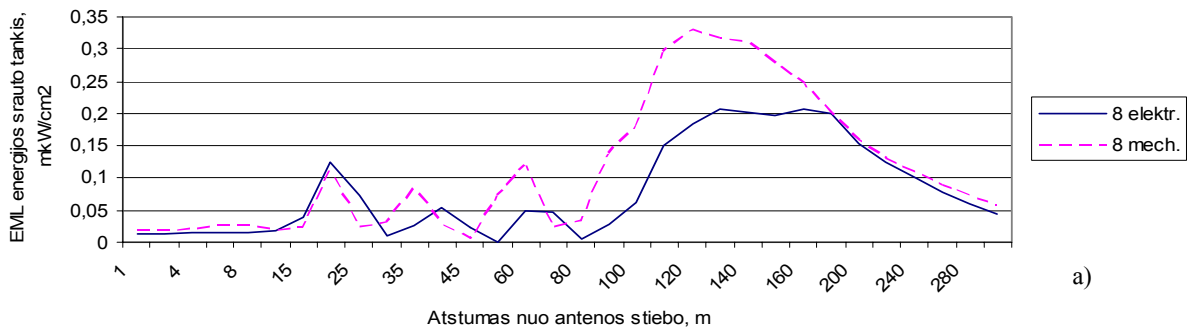


a)

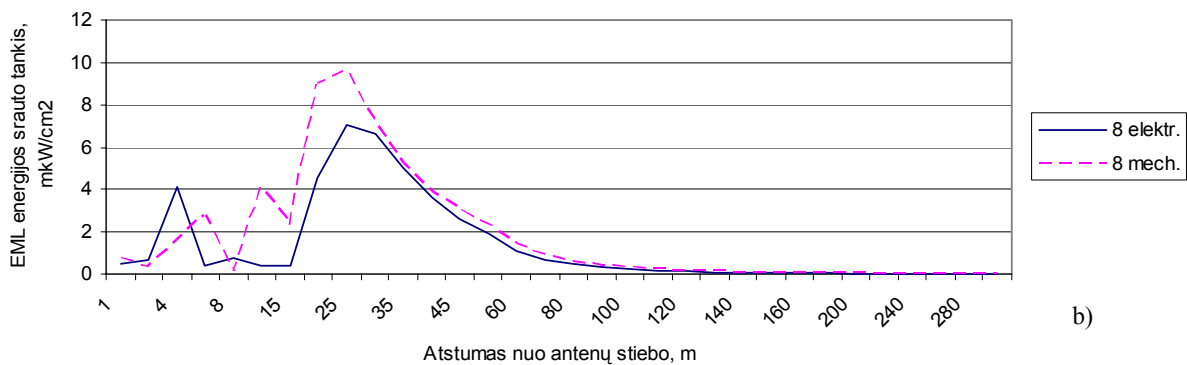


b)

**4 pav.** EML energijos srauto tankio pasiskirstymas 2 m aukštyje (a) ir 25 m aukštyje (b) virš žemės, esant antenos kryptingumo diagramos elektriniam arba mechaniniam 4 laipsnių nuosvyriui

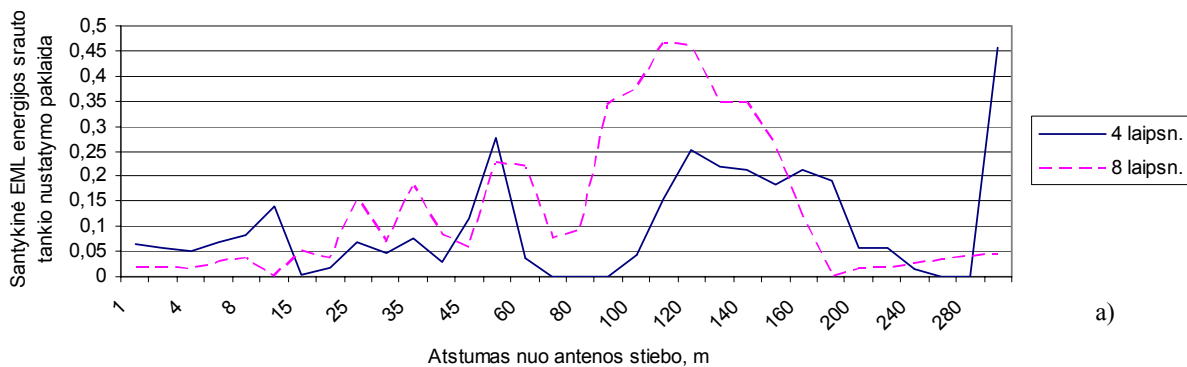


a)

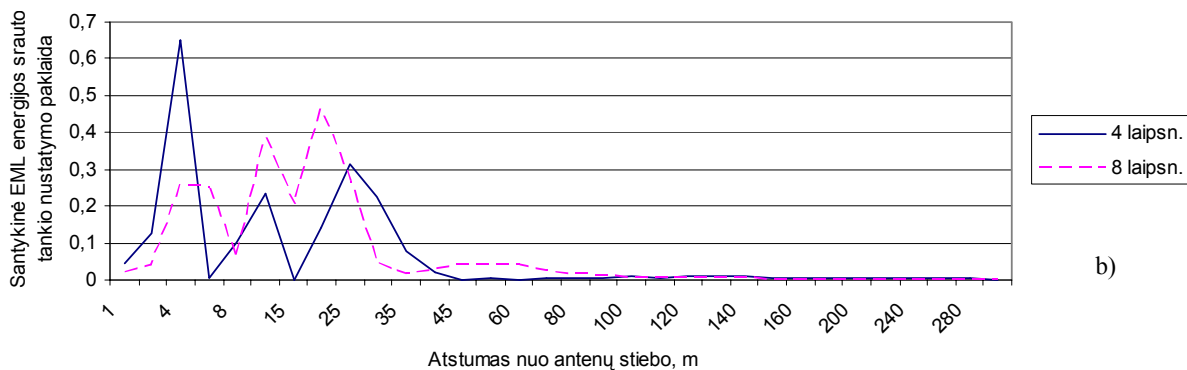


b)

**5 pav.** EML energijos srauto tankio pasiskirstymas 2 m aukštyje (a) ir 25 m aukštyje (b) virš žemės, esant antenos kryptingumo diagramos elektriniam arba mechaniniam 8 laipsnių nuosvyriui



a)



b)

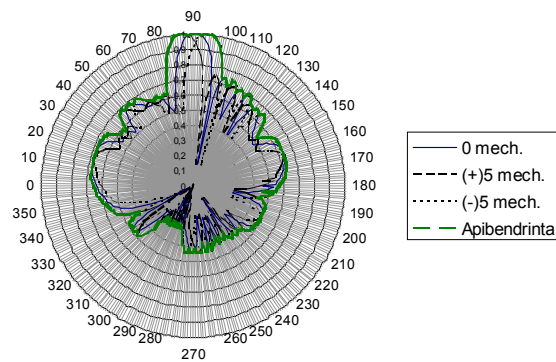
**6 pav.** Santykinių EML energijos srauto tankio nustatymo 2 m aukštyje (a) ir 25 m aukštyje virš žemės (b) paklaidų priklausomybės nuo atstumo (nuo antenų stiebo), kai skaičiavimams taikomos mechanškai palenktos kryptingumo diagramos vietoj realių elektriškai palenktų atitinkamu kampu antenų kryptingumo diagramų, esant 4 ir 8 laipsnių nuosvyrio kampams

**Apibendrintų kryptingumo diagramų taikymas nustatant sanitarinės ir ribinio užstatymo zonų ribas**

Visos žinomos sanitarinės ir ribinės užstatymo zonų ribų nustatymo artimoje anteninių įrenginių aplinkoje metodikos [3, 4] yra grindžiamos pačių nepalankiausių aplinkybių įvertinimu, pavyzdžiui, taikant atsargos koeficientus dėl antenų kryptingumo diagramų netolygumo, galimų žemės paviršiaus savybių pokyčių dėl meteorologinių sąlygų ir pan.

Galimi realių antenų atsitiktiniai nuosvyriai vertikalojoje plokštumoje iš tikrųjų, kaip parodyta anksčiau, gali sukelti didelius EML stiprio pokyčius konkrečiame erdvės taške, taip pat gali turėti įtakos ir aprėpties zonos nestabilumams.

Todėl prognozuojant, pavyzdžiui, realios mobiliojo korinio ryšio bazinės stoties sanitarinės ir ribinio užstatymo zonų ribas, tikslinga pasinaudoti apibendrintomis kryptingumo diagramomis vertikalojoje plokštumoje, kurios sudaromos tipines antenos kryptingumo diagramas nulenkiant reikiamu nuosvyrio kampu ir suformuojant jos gaubtinę papildomai palenkiant diagramą  $\pm 3$  arba  $\pm 5$  laipsnių kampu. Šiuo būdu vertikalojoje plokštumoje suformuotos kryptingumo diagramos pavyzdys pateiktas 7 pav.



**7 pav.** Antenos apibendrintos kryptingumo diagramos, suformuotos tipinę kryptingumo diagramą palenkiant +5 ir -5 laipsnių vertikalojoje plokštumoje, pavyzdys (diagrama sąlygiškai pasukta  $\pi/2$  kampu)

Tokių apibendrintų kryptingumo diagramų taikymas laiduoja, kad išmatuotos realių antenų sukurtų EML intensyvumo parametrai būtų bet kuriame erdvės taške nebus didesni už prognozuotąsias ir tenkins higienos normų [5, 6], reglamentuojančių nejonizuojančiosios spinduliuotės šaltinius, reikalavimus.

## Išvados

1. Mobiliojo korinio ryšio sistemų bazinių stočių antenų sukurtam elektromagnetinių laukų pasiskirstymas labai priklauso nuo antenų kryptingumo diagramų elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampų.

2. Skirtingo dydžio elektrinio kryptingumo diagramos nuosvyrio kampai lemia ne tik kryptingumo diagramos pagrindinių ir šalutinių lapelių maksimumų persistūmimą, bet taip pat keičia ir gaubtinės formą.

3. Didėsni elektrinio ir mechaninio nuosvyrio kampai lemia didesnius atitinkamų kryptingumo diagramų tarpusavio skirtumus.

4. Mechanškai nulenktų kryptingumo diagramų naudojimas vietoj realių elektriškai palenktų antenų diagramų vertikaliojoje plokštumoje gali sukelti iki 50 % siekiančias EML intensyvumo įvertinimo 2 m aukštyje paklaidas, kurios santykiškai vienodai pasiskirsto visoje artimoje antenos aplinkoje (iki 300 m atstumu), ir net iki 60–65 % siekiančias EML intensyvumo įvertinimo (plokštumoje, esančioje 5 m žemiau antenos geometrinio centro) paklaidas, kurios pasiskirsčiusios 40–50 m atstumu nuo antenų stiebo.

5. Apibendrintų kryptingumo diagramų, sudaromų visus įmanomus antenos kryptingumo diagramos atsitiktinius nuosvyrius modeliuojant atitinkamu tipinės kryptingumo diagramos nuosvyrių sektoriumi, panau-

dojimas nustatant sanitarinės ir ribinio užstatymo zonų ribas gali būti laikomas pakankamai pagrįstu.

## Literatūra

1. **Pocius R.V.** Radiotechninių objektų elektromagnetinės ekspertizės klausimai // *Elektronika ir elektrotechnika*. – Kaunas: Technologija, 2002. – Nr. 1(36). – P.38–42.
2. **Pocius R.V.** The evaluation of intensity parameters of electromagnetic fields generated by non-ionizing radiation sources // *Proceedings of 13th international Conference on Electromagnetic Disturbances EMD'2003*. – Bialystok, Poland, 2003. – P.1.8-1– 1.8-4.
3. **Методические указания МУК 4.3.045-96.** Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения средств телевидения и ЧМ-радиовещания. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
4. **Маслов О. Н.** Электромагнитная безопасность радиоэлектронных средств. – МЦНТИ, ООО “Мобильные коммуникации”, 2000. – 82 с.
5. **HN 80:2000** Elektromagnetinis laukas darbo vietoje ir gyvenamoje aplinkoje. Parametrų leidžiamos vertės ir matavimo reikalavimai 10 kHz–300 GHz dažnių juostose. – Vilnius, 2000. – 2 p.
6. **HN 81:1998** Judriojo korinio ryšio sistemų bazinės stotys (Žin., 1999, Nr.3-71).

Pateikta spaudai 2005 04 14

**R.V. Pocius. Antenų kryptingumo diagramų nuosvyrio įtaka formuojant mobiliojo korinio ryšio ląstelių ribas ir vertinant elektromagnetinio lauko intensyvumą // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 8(64). – P. 31–36.**

Aptariamas antenų su keičiamu mechaniniu ir elektriniu kryptingumo diagramų nuosvyrių taikymas formuojant mobiliojo korinio ryšio ląsteles. Kiekybiškai įvertinti antenos sukuriama elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų pokyčiai artimoje antenų aplinkoje, taikant mechaninį ir elektrinį kryptingumo diagramos nuosvyrį. Išnagrinėtos analitinio EML skaičiavimo metodo paklaidos, susidaranti dėl netikslaus antenų diagramų nuosvyrio vertikaliojoje plokštumoje įvertinimo. Il.7, bibl.6 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**R.V. Pocius. The Influence of Downtilt of Antennae Directional Diagrams on the Formation of Mobile Network Cells and Estimation of Electromagnetic Field Intensity // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 8(64). – P. 31–36.**

The possibility of making use of antennas with continually adjustable mechanical and electrical downtilt of directional diagrams in the formation of mobile network cells has been presented in the paper. The quantitative evaluation of the changes in the intensity parameters of the electromagnetic fields generated by the antenna in the near environment has been made using mechanical and electrical downtilt of directional diagrams. Analytical EMF calculation method errors occurring due to inaccurate evaluation of antennas diagrams and their tilting on the vertical plane have been analysed. Il.7, bibl.6 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

**Р.В. Поцюс. Влияние уклона диаграмм направленности антенн при формировании пределов сот в мобильных сетях связи и оценке интенсивности электромагнитного поля // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 8(64). – С. 31–36.**

Рассматриваются применения антенн с механическим и электрическим изменением угла наклона при формировании пределов сот в мобильных сетях связи. Приводится количественная оценка отклонений параметров интенсивности электромагнитных полей, создаваемых антеннами в близкой среде, возникающих из-за механического или электрического наклона диаграммы направленности. Анализируются погрешности аналитического метода расчета ЭМП, вызываемые неточностью определения диаграмм направленности в вертикальной плоскости при разных величинах электрического или механического угла наклона. Ил.7, библи.6 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10528