

Վ.Ա. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ա.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Հ.Վ. ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ

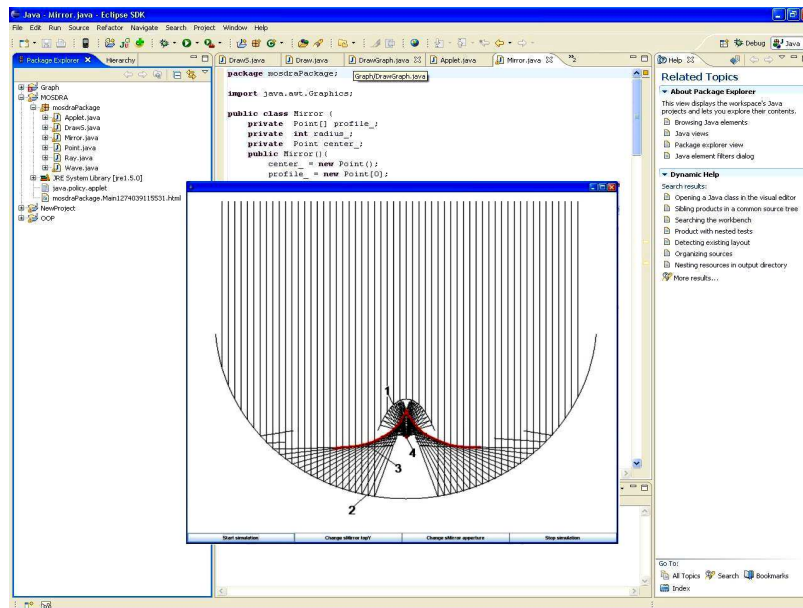
ԵՐԿՀԱՅԵԼԱՅԻՆ ՍՖԵՐԻԿ ԱՆՏԵՆԱՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ
ՀԱՇՎԱՐԿԻ ԵՎ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՓԱԹԵԹԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Դիտարկված է սֆերիկ երկհայելային անտենաների գլխավոր և երկրորդային հայելիների պրոֆիլների հաշվարկ և մոդելավորում: Կատարված է անտենայի էլեկտրական բնութագրերի հաշվարկ, ինչպես նաև տեսանելիացված է էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածումը փոքր և մեծ հայելիների բացվածքներում: Շնորհիվ ստեղծված ծրագրային փաթեթի, հնարավոր է դարձել հաշվարկել և ստանալ կիզակետային տիրույթի չափերը, որը հնարավորություն է ստեղծում որոշել կիզակետում դրվող ճառագայթիչի թույլատրելի առավելագույն չափը և դիրքը՝ ապահովելով անտենայի բացվածքում հավասարաչափ ամպլիտուդային բաշխվածություն:

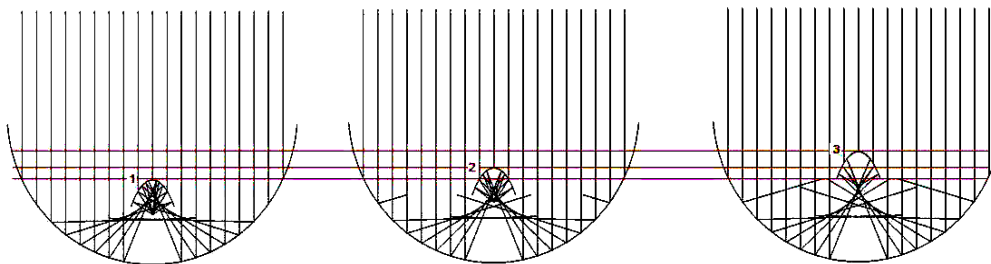
Առանցքային բառեր. անտենա, կիզակետային տիրույթ, կաուստիկայի կոր, ուղղվածության դիագրամ, մոդելավորում, MatLab:

Երկհայելային սֆերիկ անտենաների գլխավոր հայելին անշարժ սֆերա է, որը կարող է պատրաստվել հողային թասի ներսում (ՌՕԴ-54/2.6, Հայաստան) կամ ձկալարերով ձգված (300 մ ռադիոաստղադիտակը ԱՄՆ-ում) [1,2]: Ի տարբերություն գլխավոր հայելու, երկրորդային հայելին շարժվելու հնարավորություն ունի, ինչի շնորհիվ անտենային համակարգը տեսածրման հնարավորություն է ստանում: Փոփոխելով երկրորդային հայելու դիրքը՝ հնարավորություն է ընձեռվում փոփոխել անտենայի ուղղվածության դիագրամի ուղղությունը: Երկրորդային հայելու նախագծման կամ ճիշտ տեղակայման համար անհրաժեշտ է բավարարել որոշակի պայմանների, օրինակ՝ հայելու պրոֆիլը չպետք է հասի կաուստիկայի կորը և նրա չափերը պետք է լինեն բավականաչափ փոքր, որպեսզի մեծ հայելու օգտագործվող մակերեսը հնարավորին չափ քիչ ստվերացում ստանա: Ուստի իմանալով կաուստիկայի կորի կոորդինատները, հնարավորություն ենք ստանում գնահատել հայելու տեղաշարժման թույլատրելի տիրույթը: Չնայած երկրորդային հայելին նախատեսված է հիմնական հայելու սֆերիկ աբերացիայի շեղումները ուղղելու և կիզակետ ստանալու համար, այնուամենայնիվ, հայելուց անդրադարձած ալիքները նորից ձևավորում են ոչ թե կետ, այլ ծավալային տիրույթ [3]: Ուստի ճառագայթիչը տեղադրելու համար անհրաժեշտ է իմանալ նաև երկրորդային հայելու կիզակետային տիրույթի դիրքը:

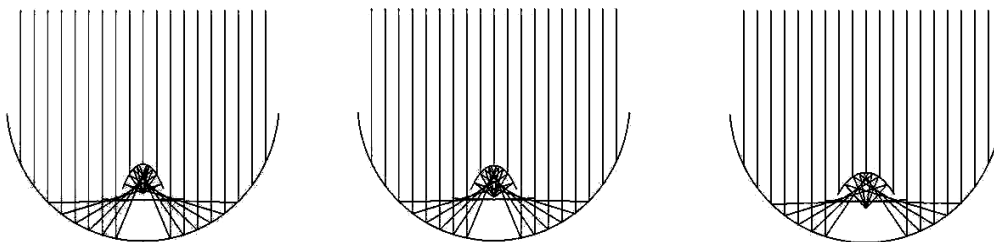
Մույն աշխատանքում ներկայացված ծրագրային փաթեթը բաղկացած է երկու հիմնական մասերից, առաջինը գրված է Java իսկ մյուսը MathLab ծրագրավորման լեզուներով: Ծրագրի առաջին մասը բաղկացած է հետևյալ բաժիններից՝ հայելիների պրոֆիլների հաշվարկ, էլեկտրամագնիսական ալիքների տեսապատկերում և կիզակետային տիրույթի որոշում: Այդ ամենն իրականացվել է փոքր հայելու գազաթի ու բացվածքի չափի և կիզակետի կոորդինատների տարբեր արժեքների դեպքում (նկ. 1):



ա)



բ)



գ)

Նկ. 1. Երկհայելային սֆերիկ անտենայի ֆոկալային տիրույթը
 ա - ընդհանուր տեսքը 1-փոքր հայելի 2-մեծ հայելի 3-կաուստիկայի կոր 4-կիզակետ
 բ - փոքր հայելու գագաթի և կիզակետի կոորդինատների տարբեր արժեքների դեպքում գ -
 փոքր հայելու բացվածքի չափի և կիզակետի կոորդինատների տարբեր արժեքների դեպքում

Փաթեթի երկրորդ մասը իրականացված է MatLab ծրագրային լեզվով և ունի հետևյալ ֆունկցիոնալությունը: Իրականացվել է անտենայի ուղղվածության դիագրամների հաշվարկ E և H հարթություններում, անտենայի բացվածքում

ամպլիտուդային բախվածության հաշվարկ և անտենայի ուղղվածության դիագրամի հաշվարկ:

Քանի որ գլխավոր հայելու պրոֆիլը կիսաշրջան է, այն որոշվում է միայն հայելու շառավղի մեծությամբ: Ծրագրային փաթեթի առաջին մասը, որը կազմված է “object oriented” սկզբունքներով, հայելիների սխեմաների հաշվարկման և պահպանման գործընթացը կատարում է հետևյալ կերպ: Ծրագրի աշխատանքի ընթացքում ստեղծվում է օբյեկտ, որն ունակ է ինֆորմացիա պահել հայելու պրոֆիլի կոորդինատների մասին, ինչպես նաև պատասխանատու է հայելու պրոֆիլի գծման համար [4-6]: Մեծ հայելու մոդելի ստեղծման ընթացքում պահպանվում է էկրանի վրա և արտապատկերվում կանխորոշված շառավղով շրջանը: Երկրորդային հայելու հաշվարկի ալգորիթմի հիմքում ընկած են հետևյալ պարամետրական բանաձևերը [3]:

$$\begin{cases} x = A_x - P \cos 2\theta, \\ y = A_y - P \sin 2\theta, \end{cases}$$

որտեղ (x, y) - ը փոքր հայելու մակերեսի կետերի կոորդինատներն են,

$$\begin{cases} A_x = 1 - (1 - \cos \theta) \times 2 \cos^2 \theta, \\ A_y = \sin \theta - (1 - \cos \theta) \times \sin 2\theta, \end{cases}$$

$$P = \frac{c^2 - (A_x - f^2) - A_y^2}{2 \times [c - \cos 2\theta (A_x - f) - A_y \sin 2\theta]}, \text{ իսկ } c = 1 - 2l + f :$$

Երկրորդային հայելու պրոֆիլի կետերը նույնպես պահպանվում են դինամիկ հիշողության մեջ և արտապատկերվում են էկրանին:

Ծրագրի այս կառուցվածքի շնորհիվ հնարավոր է դարձել հեշտորեն փոփոխել անտենային համակարգի սխեման, այսինքն՝ հնարավորություն է ստեղծվել փոփոխել երկրորդ հայելու եզրային կոորդինատները, նրա շառավղը, կորությունը և կիզակետային հեռավորությունը: Փոփոխելով վերը նշված պարամետրերը՝ հնարավոր է դառնում դիտարկել էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածումը հայելու բացվածքում և որոշել կիզակետի կոորդինատները, երկրորդային հայելու զազաթի տարբեր դիրքերի դեպքում:

Հաջորդ տրամաբանական բլոկը էլեկտրամագնիսական դաշտի մոդելավորումն է անտենայի բացվածքում: Որպեսզի հնարավոր լինի տեսապատկերել էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածումը, անտենայի բացվածքում ծրագրային միջոցներով ստեղծվել է ինֆորմացիայի կրող, որը պարունակում է առանձին ճառագայթների մասին ինֆորմացիա կրող մասնակի օբյեկտների մասիվ: Յուրաքանչյուր մասնակի օբյեկտն իր մեջ կրում է համապատասխան ճառագայթի հետագծի բոլոր կոորդինատները:

Էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման ալգորիթմը կառուցվել է հետևյալ կերպ: Ճառագայթների փնջի տարածման գործընթացը բաժանվում է տրամաբանական քայլերի: Յուրաքանչյուր քայլի ընթացքում ալիքային ճակատը կատարում է որոշակի առաջընթաց: Քայլն ավարտելուց հետո ստուգվում է, թե արդյոք ալիքային ճակատը հասել է գլխավոր հայելու պրոֆիլը, թե ոչ: Եթե ծրագիրը որևէ մի կետում նշագրում է հայելու պրոֆիլի հետ հասնում, ապա համապատասխան ճառագայթն անդրադարձվում է հայելուց համապատասխան անկյան տակ, և շարունակում է ճառագայթի ընթացքը, մինչև

այն չհասնի երկրորդային հայելու կիզակետին, կամ ծրագիրը չկատարի նախօրոք կանխորոշված քանակով քայլեր (նկ. 2):



Նկ. 2. Ճառագայթների ընթացքը

Քանի որ դինամիկ հիշողության մեջ պահպանված են ճառագայթների հետագծերի բոլոր կետերի կոորդինատները, հնարավոր է դառնում փորձնական միջոցով ստանալ հայելու մակերեսի օգտագործման գործակիցը (ՄՕԳ): Նշագրելով այն կետը, որտեղից սկսած անդրադարձած ճառագայթները չեն մասնակցում կաուստիկայի կորի ձևավորմանը, կարելի է որոշել, թե հայելու մակերեսի որ մասն է առավել արդյունավետ:

Ճառագայթի տարածման ալգորիթմը կազմված է հետևյալ կերպ: Ալիքային ճակատը որոշակի կամայական կետից սկսած տարածվում է մինչև գլխավոր հայելու հետ հատվելը, հատվելուց հետո ճառագայթն անդրադառնում է, հատման կետը սֆերայի կենտրոնի հետ կապող և հատման կետում նորմալի կազմած անկյանը հավասար անկյունով: Ճառագայթների փունջը, վերը նշված օրենքով անդրադառնալով գլխավոր հայելուց, ձևավորում է կաուստիկայի կորը և շարունակում է տարածվել մինչև փոքր հայելու հետ հատվելը: Եկրորդային հայելու հետ հատվելուց հետո կորելացված ալիքային ճակատը անդրադառնում է և հավաքվում երկրորդային հայելու կիզակետում:

Կաուստիկայի կորի ճշգրիտ կորդինատները որոշվում են՝ նշագրելով բոլոր հարևան ճառագայթների հատման կետերը, որոնցից փաստորեն իրականում կազմված է կաուստիկայի կորը, այնուհետև ստացված երկրաչափական արդյունքը սուզվում հետևյալ համակարգով [7].

$$\begin{cases} x = \cos \theta \left(1 - \sin^2 \theta \cos 2\theta - \frac{1}{2} \cos^2 2\theta \right), \\ y = \sin^3 \theta : \end{cases}$$

Իմանալով կաուստիկայի կորի ճշգրիտ կոորդինատները՝ կարելի է որոշել նաև կիզակետային տիրույթի մակերեսի կոորդինատները կամ կատարել դրա ծավալային գնահատումները:

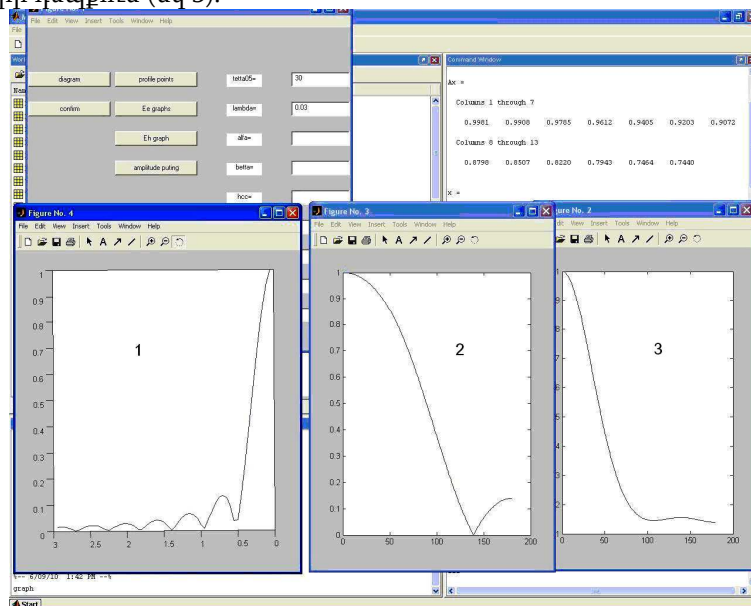
Ծրագրային փաթեթի երկրորդ մասը, որը կազմված է MatLab ծրագրավորման լեզվով, կատարում է անտենայի հիմնական էլեկտրական պարամետրերի հաշվարկ: Հաշվարկվում են ընտրված ճառագայթիչի ուղղվածության դիագրամները H և E հարթություններում: Օգտագործվում են հետևյալ բանաձևերը.

$$E_H = \frac{\pi E_{ab}}{2\lambda r} \left(\frac{W}{W_{01}} + \cos \varphi \right) \frac{\cos(kb/2 \sin \varphi)}{(\pi/2)^2 - (kb/2 \sin \varphi)^2},$$

$$E_E = \frac{E_{ab}}{2\lambda r} \left(1 + \frac{W}{W_{10}} \cos \theta \right) \frac{\sin(ka/2 \sin \theta)}{ka/2 \sin \theta},$$

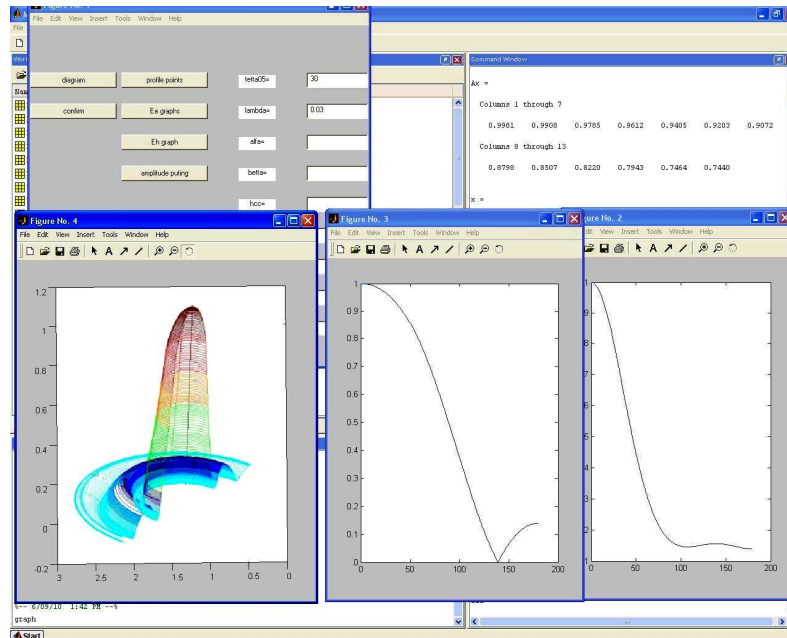
որտեղ $W=120\pi$ - օղի ալիքային դիմադրությունն է, W_{10} -ն՝ ալիքային դիմադրությունն ալիքատարի մեջ և $W_{10} = 120\pi \lambda_w / \lambda$:

Շնորհիվ ստեղծված ինտերֆեյսի, հնարավոր է ստանալ ճառագայթիչի տարբեր ուղղվածության դիագրամներ, համապատասխանաբար տարբեր էլեկտրական պարամետրերի դեպքում (նկ 3):



Նկ. 3. Երկհայելային սֆերիկ անտենայի (1) ճառագայթիչի H (2) և E հարթություններում (3) ուղղվածության դիագրամները

Ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ հնարավոր է նաև դիագրամի տարածական պատկերի ստացումը (նկ. 4):



Նկ. 4. Երկհայելային սֆերիկ անտենայի տարածական ուղղվածության դիագրամը

Անտենայի բացվածքում ամպլիտուդային բաշխվածության հաշվակեր կատարվել է Էներգիայի պահպանման օրենքի հիման վրա: Հաշվարկը իրականացվել է հետևյալ կերպ.

$$f(r_{\text{միջ}}) = f(\varphi_{\text{միջ}}) \sqrt{\frac{\cos(\varphi - \Delta\varphi) - \cos\varphi}{r\Delta r - 0.5\Delta r^2}} \quad r_{\text{միջ}} = \frac{r_{i+1} + r_i}{2} \quad \varphi = \pi - \arctg(|y|/(x - f)):$$

Եվ վերջապես, անտենայի ուղղվածության դիագրամի հաշվարկի համար օգտագործվել են հետևյալ բանաձևերը.

$$E(\theta) = \frac{2a_0}{u} J_1(u) + \sum a_n [J_1(v+u)/(v+u) + J_1(v-u)/(v-u)],$$

$$a_0 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n f(r_{\text{միջ}}), \quad a_n = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n f(r_{\text{միջ}}) \cos nr_{\text{միջ}}:$$

Այսպիսով, ստեղծված ծրագրային փաթեթի շնորհիվ հնարավոր է անտենայի կիզակետային տիրույթի ծավալի և դիրքի գնահատումներ կատարել երկրորդային հայելու տարբեր դիրքերի դեպքում, որոշել ճառագայթիչի արդյունավետ դիրքը և չափերը: Հնարավորություն է տրվել կրկին ստանալ ճառագայթների փնջի տարածման

նկարագրությունը երկրորդային հայելու տարբեր դիրքերի դեպքում: Ծրագիրը նաև թույլ է տալիս կատարել անտենայի հիմնական էլեկտրական պարամետրերի հաշվարկը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Геруни П. М.** Большая двузеркальная антенна: Задание на проектирование / ИРФЭАН АрмССР. - 1961.
2. **Altschuler D.R.** The National Astronomy and Ionosphere Center (NAIC) Arecibo Observatory in Puerto Rico Single-Dish Astronomy: Techniques and Applications // ASP Conference Proc., Astronomy Society of the Pacific. - San Francisco, 2002.- Vol. 278. - P.1-24.
3. **Бахрах Л.Д., Галимов Г.К.** Зеркальные сканирующие антенны: Теория и методы расчета.-М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 304 с.
4. **Stephen J. C.** Essentials of MATLAB Programming.- CL-Engineering.- Dec. 2008.
5. **Timothy B.** Introduction to Object Oriented Programming.- Pearson Education.-Singapore.- Pte. Ltd., 2008.
6. **Саргсян А.** Расчет сферических двузеркальных антенн. Программный продукт // В сб. пакетов прикладных программ МАУ. - М., 1989.
7. **Гегуни П.М., Карапетян К.Е., Ахинян Р.А.** Исследование поля вблизи каустической поверхности сферического рефлектора: Отчет по теме 12.03.22.14 ВНННPH.- Ереван, 1972.-С.52.

Ռադիոֆիզիկայի ԳՀԻ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 22.04.2010:

В.А. МИНАСЯН, А.С. САРГСЯН, Г.В. АБРААМЯН

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДВУХЗЕРКАЛЬНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ АНТЕНН

Произведены расчет и моделирование главного и вторичного зеркал сферической двузеркальной антенны, расчет электрических параметров антенны, а также визуализация распространения электромагнитного поля в апертуре большого и малого зеркал. Благодаря созданному программному пакету стало возможным моделирование вычислений и координат установки облучателя, обеспечивающего наилучшее амплитудное распределение в раскрыве антенны.

Ключевые слова: антенна, фокальная область, кривая каустики, диаграмма направленности, моделирование, MatLab.

V.A. MINASYAN, A.S. SARGSYAN, H.V. ABRAHAMYAN

SOFTWARE PACKAGE FOR MODELLING AND DESIGN OF DOUBLE REFLECTOR SPHERICAL ANTENNAS

The software package for modelling and calculation of secondary and primary mirror profiles of double reflector spherical antennas is considered. Electric parameter calculation of the antenna and the visualization of electromagnetic processes in the aperture of primary and secondary mirrors are given. The software package enables to calculate the size of focal antenna region, making possible to estimate the maximal size of the radiator and its position.

Keywords: antenna, focal region, caustic curve, radiation pattern, modelling, MatLab.