

## АНТЕННИ СОНДИ НА БАЗАТА НА ФРЕНЕЛОВИ ОСЕСИМЕТРИЧНИ КРИВОЛИНЕЙНИ ПОВЪРХНОСТИ

гл. ас. инж. Любомир Петров Камбуров  
доц. д-р инж. Йордан Русев Урумов  
проф. д.т.н. инж. Христо Динков Христов  
Технически Университет - Варна  
Катедра „Радиотехника“

Abstract - The offered construction represents a high frequency antenna of optical type with focusing systems - axial symmetrical curved surfaces with not transmitting places corresponded to even Fresnel zones and open odd zones. Thanks to the devised shape this type construction have priority over the classic measure antennas of the same class when they perform measuring and controlling from the flying at high speed objects in result of minimum wind-resistance.

The offered paper a mathematical model of such construction is analysed. The focusing features of the curved aperture along the antenna system axis are examined and evaluated.

### Увод

При практическото използване на електронни системи за измерване на височина, доплерови системи за измерване на скорост и др., е необходимо използването на антени конструкции с ниско ветрово съпротивление, способни да запазват своята работоспособност в сложни метеорологични условия. Като общи изисквания към тези системи, и в частност към техните антени могат да бъдат посочени и изискванията за малогабаритност, малко тегло и ниска цена.

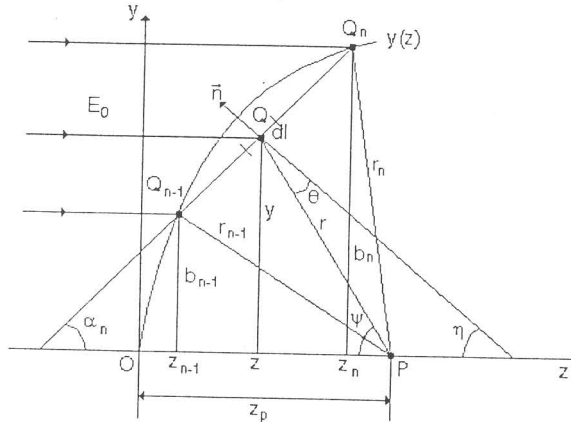
Един от възможните методи за удовлетворяване на тези изисквания е използването на антени конфигурации с лещи от френелов тип. Те се характеризират с това, че не извършват пълна (непрекъсната) трансформация на сферичната вълна в плоска. В резултат на това ефективността на фокусиране на френеловата леща е по-малка от тази на класическите антени от оптичен тип. Наред с този недостатък, обаче, тези антени имат редица предимства: малка дебелина, обем и тегло, а също конфигурация на фокусиращата повърхност съпадаща с повърхността на съществуващи обекти (корпус на летящ обект).

Предложените конструкции представляват високочестотни антени от оптичен тип с фокусиращи системи - осесиметрични криволинейни повърхности, с непропускащи участъци съответстващи на четните зони на Френел и отворени нечетни зони. Благодарение на това антени от този тип са подходящи при осъществяване на измервания от бързо

лелящи обекти, поради малкото си ветрово съпротивление. В настоящата публикация се предлага математичен модел, с помощта на който са изследвани и оценени фокусиращите свойства на криволинейната апертура, които са сравнени с класическата плоска френелова антена.

### 1. Математичен модел

На фиг. 1 е показана геометрията на осесиметричната повърхност на която пада плоска вълна. Всички отворени зони се апроксимират като хорди както е показано за  $n$ -тата зона. Криволинейната функция е зададена като  $y(z)$ ,  $P$  е точка разположена на оста на симетрия, облъчвана от всяка елементарна повърхност  $dS$ .



Фиг. 1

Големината на елементарната повърхност се определя съгласно формулата

$$dS = y(z) \cdot dl \cdot d\varphi = y(z) \cdot d\varphi \cdot \left( \frac{dz}{\cos \alpha_n} \right) \quad (1)$$

Плоската вълна се разпространява в посока  $+z$  и електрическото поле в точка  $Q$  се дефинира като  $E(Q) = E_0 \cdot e^{-j\beta z}$ , където  $E_0 = E(z=0)$ .

Съгласно теорията на дифракцията полето създадено от елементарна повърхност в точка  $P$  може да бъде описано като

$$dE = \frac{j}{2\lambda} (1 + \cos \theta) E(Q) \frac{e^{-j\beta r}}{r} dS \quad (2)$$

където  $\beta = 2\pi / \lambda$  е фазовата константа, а  $r$  се определя от израза  $r = \sqrt{(z_p - z)^2 + y(z)^2}$ .

От геометрически съображения ъглите  $\theta$ ,  $\psi$ ,  $\eta$  и  $\alpha_n$  са свързани със следните съотношения:

$$\theta = \psi - \eta = \psi - \left( \frac{\pi}{2} - \alpha_n \right) \quad (3)$$

където  $\psi = \arctan\left(\frac{y(z)}{z_p - z}\right)$  и  $\eta = \arctan\left(\frac{z_n - z_{n-1}}{b_n - b_{n-1}}\right)$ . Също така

$$\frac{dz}{dl} = \cos\alpha_n = \sin\eta.$$

Цялото поле в точка Р създадено от n-тата зона се намира като повърхностен интеграл, който се свежда до следния линеен интеграл отчитайки че повърхността е осесиметрична

$$E_n = j \frac{\pi E_0}{\lambda} \int_{z_{n-1}}^{z_n} y(z) \frac{1 + \cos\theta}{\cos\alpha_n} \cdot \frac{e^{-j\beta(r+z)}}{r} dz \quad (3)$$

където граници на интегриране се определят от условието

$$z_n + \sqrt{b_n^2 + (z_p - z_n)^2} = z_p + \frac{n\lambda}{2}. \quad (4)$$

## 2. Числени резултати

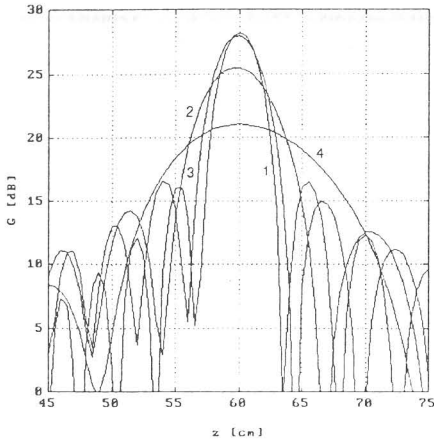
Сравнени са фокусиращите свойства на сферична, параболична, конична и плоска повърхности. Плоската повърхност е дефинирана като частен случай на коничната при  $\alpha_n \rightarrow \pi/2$ .

Прието е разглежданите повърхности да имат общ връх  $z=0$  и да са разположени в полупространството на максимално излъчване на облъчвателя  $z < z_p$ . При Френеловите антени с плоска повърхност на апертурата, при избрани фокусно разстояние и дължина на вълната, увеличаването на броя на зоните води до намаляване тяхната ширина, което затруднява практическата им реализация. Използването на криволинейни повърхности дава възможност за получаване на по-широки зони при равни други условия. Броят на зоните в този случай при приетото по-горе условие е ограничен от максимално възможният диаметър на апертурата за конкретната конструкция.

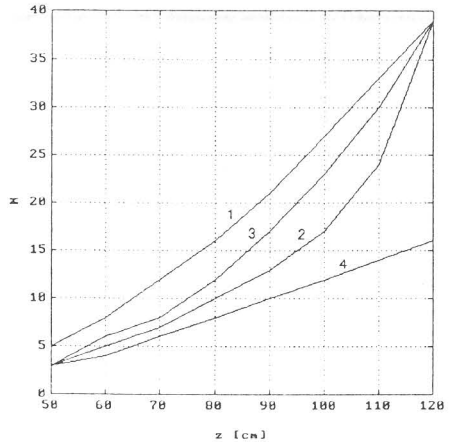
Радиусът на сферичната зонирани повърхност R, параметърът на параболата p и половината ъгъл на разтвора на конуса  $\alpha_n$  са избрани така, че сравняваните антенни системи да имат приблизително еднаква апертура и обем при максималния диаметър на фокусиращата система ( $R=60$  cm,  $p=15$  cm,  $\alpha_n=45^\circ$ ). Изчисленията са направени при дължина на вълната  $\lambda=3$  cm. Фокусното разстояние за всички случаи е  $F=60$  cm.

На фиг. 2 е показано разпределението на интензивността на полето по оста на антенните системи при диаметър  $D \approx 1$  m на апертурите. Крива 1 се отнася за конична повърхност, крива 2 за сферична, крива 3 за параболична и крива 4 за плоска. Големината на диаметъра на апертурата е определена така, че на фокусиращата повърхност да се разполагат цяло число зони на Френел. В конкретния

случай за коничната повърхност при  $D=99.45$  cm зоните на Френел са 27, за сферичната при  $D=98.18$  cm - 17, за параболичната при  $D=99.58$  cm - 23 и за плоската при  $D=99.64$  cm - 12.

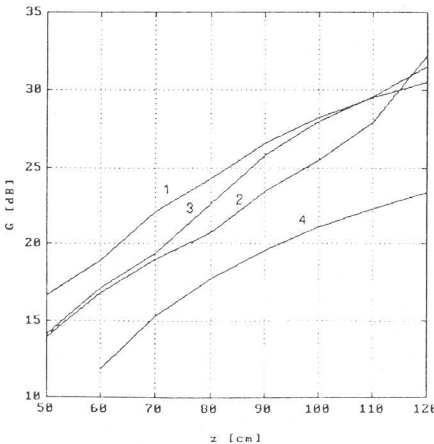


Фиг. 2

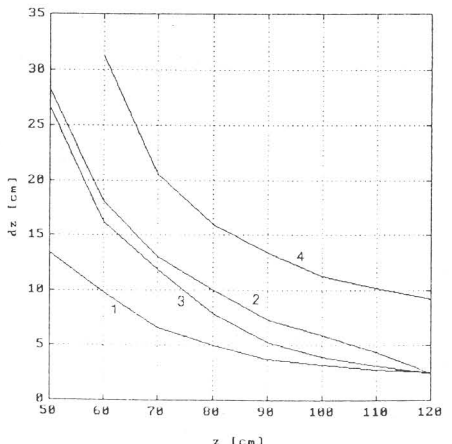


Фиг. 3

На фиг. 3 е представена зависимостта на броя на френеловите зони от диаметъра. Вижда се, че при всички антени с криволинейни повърхности при увеличаване на диаметъра на антената към максималната му стойност, броят на зоните се стреми към една и съща стойност (в случая  $N = 39$ ).



Фиг. 4



Фиг. 5

На фиг.4 са сравнени фокусиращите свойства на разглежданите повърхности във фокуса в зависимост от размера на диаметъра.

Усилването  $G$  на криволинейните повърхности, в целия диапазон на изменение на диаметъра, е с 5 до 7 dB повече от това на плоска повърхност.

На фиг. 5 е представена зависимостта на ширината на фокусната област  $dz$  от диаметъра, измерена на ниво -3 dB от максималното усилване. При криволинейните повърхности тази ширина е по малка отколкото при плоска повърхност със същия диаметър.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените изследвания дават възможност да се подбере подходяща форма на фокусиращата повърхност удовлетворяваща изискванията за минимално ветрово съпротивление и по-добри фокусиращи свойства. Варирайки избора на параметрите на тази повърхност може да се подбере необходимия радиус на фокусната зона за конкретния случай на приложение. Предложената методика за определяне фокусиращите свойства на апертурата може да бъде използвана за други повърхности на въртене от втори ред.

Благодарност: Работата е направена в рамките на изследователски проекти ТН-701/97 и ТН-1/99 спонсорирани от националния фонд „Научни изследвания“.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Leyten L., Fresnel zone plate antenna versus parabolic reflector antenna, M. Sc. Thesis, Eindhoven University of Technology, Faculty of Electrical Engineering, April 1991

2. Houten J. M. and Herben M. H. A. J., Analysis of a phase-correcting Fresnel-zone plate antenna with dielectric/transparent zones, Journal of Electromagnetic Wave and Applications, Vol. 4, No. 6, June 1994

3. Hristov H. D., Analysis and design of transmissive Fresnel zone antennas for DBS reception, Eindhoven University of Technology, Faculty of Electrical Engineering, Telecommunications Division Report, Feb. 1994

4. Hristov H. D. and Herben M. H. A. J., Millimeter-wave Fresnel-zone plate lens and antenna, IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 43, No. 12, December 1995, 2779.

5. Камбуров Л. П., Урумов Й. Р., Христов Х. Д., Изследване на фокусиращите свойства на зонирани френелови повърхности, Научна сесия '97, ТУ-Варна, Октомври 1997