

ВЛИЯНИЕ НА МЕЖДУЕЛЕМЕНТНАТА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА ВРЪЗКА ВЪРХУ ПАРАМЕТРИТЕ НА САТЕЛИТНА АНТЕННА РЕШЕТКА

Петър Петков

Технически университет – София
e-mail: ppetkov@tu-sofia.bg

Ключови думи: *антенна решетка, взаимно свързване, антеннен облъчвател*

Резюме: *Антенните решетки съставени от цилиндрични рупорни елементи са основна градивна част на антенните системи за създаване на контурно покритие върху земната повърхност. Техните параметри имат решаващо значение за качеството на цялостната антенна система. Разгледани са някои аспекти за подобряване на някои от тези параметри*

MUTUAL COUPLING IMPACT ON PERFORMANCE OF SPACE-BORNE ANTENNA ARRAY

Peter Petkov

Technical University – Sofia
e-mail: ppetkov@tu-sofia.bg

Keywords: *Reflector antenna, mutual coupling, feed horn array*

Abstract: *Antenna horn arrays with a horn element as basic component are major building block of the shaped beam antenna systems. The performance of the feed array has a significant impact on the performance of the whole antenna system. This paper discusses some aspects to improvement of these performance characteristics.*

Въведение

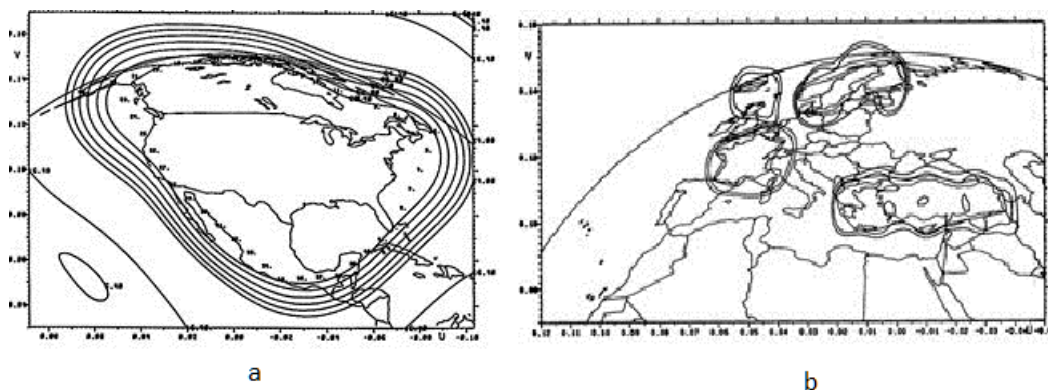
Антенните системи с контурен лъч са основно средство за постигане на ефективни телекомуникационни решения в съвременните спътникови технологии. Възникнали в средата на 80-те години на 20-ти век, те достигат състояние на абсолютна необходимост за съвременните телекомуникационни спътници. Предимствата които предлагат са безспорни и незаменими с други средства – формиране на зона на покритие върху желана географска територия, потискане на смущения от и към друга географска територия, поддържане на постоянни EIRP и G/T върху зоната на покритие (фиг.1).

Реализирането на контурен лъч се осъществява с два необходими компонента. Първият компонент е квазипараболичен рефлектор деформиран по начин, който да предизвика основната част на контурното покритие и антенна решетка от разпределени в пространството източници, които да създадат вълнов фронт, с подходящо амплитудно и фазово разпределение, което да допринесе за формирането на контурния лъч. Сложността на задачата нараства много, имайки предвид че в повечето случаи контурният лъч трябва да следва териториалните граници на дадена държава или формата на някой континент (в зависимост от предназначението на комуникационния спътник).

За решаване на първата задача се използват методи базирани на Физическата оптика (PO) и Физическа теория на дифракцията (PTD) и по-рядко Метод на Моментите (макар и поточен метод) [1]. Причината за рядкото използване на метода на моментите е огромната изчислителна работа, която трябва да се извърши и дори при съвременният напредък на компютърната техника, като пресмятането на единична диаграма на насочено действие може да отнеме часове и дни. При това положение, оптимизационна задача би отнела месеци и даже

години. Анализ с помощта на Физическата оптика е няколко стотици пъти по-бърз, но въпреки това, синтезът на средно-голямо огледало (~2m) за честоти от Ки-обхвата отнема седмици.

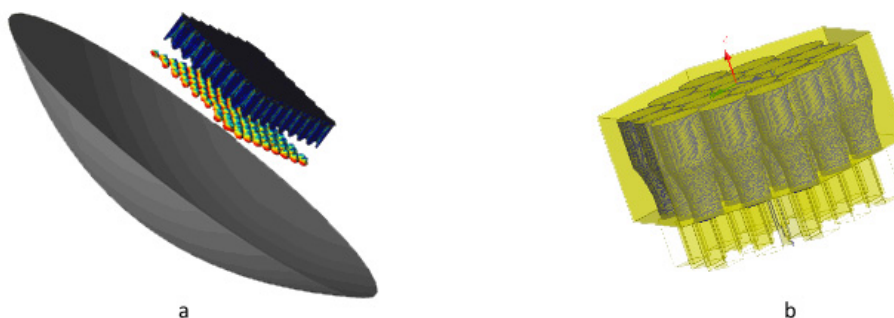
Независимо от методът използван за анализ и синтез, крайният резултат е геометричната форма на рефлектора и разпределението (пространствено, амплитудно и фазово) на източниците, създаващи първичната Диаграма на насочено действие (фиг.2a). Следващата стъпка при създаване на Антенна система с контурен лъч е синтезът на тези източници. Този синтез се извършва най-често с помощта на Метода на крайните елементи. За съжаление, този метод, макар и изключително точен е още по-ресурсоемък и се прилага за синтеза на един облъчвател на антенната решетка. Диаграмата на цялата решетка се синтезира лесно с помощта на отдавна установени от науката и практиката емпирични зависимости [2]. Недостатъкът на този подход е, че при синтез на общата диаграма на антенната решетка не се отчита взаимното влияние на съседните елементи на решетката, което води до промени във вторичната диаграма (контурния лъч) на антенната система и несъвпадението и с предварително изчислената [3]. Представеното изследване характеризира ефекта (ползата) от намаляването на това междуелементно влияние, върху коефициента на усилване на единичния елемент на решетката.



Фиг. 1. Конурна Диаграма на насочено действие (лъч): а – проста, б –сложна. (Източник – ESA)

Постановка на задачата и получени резултати

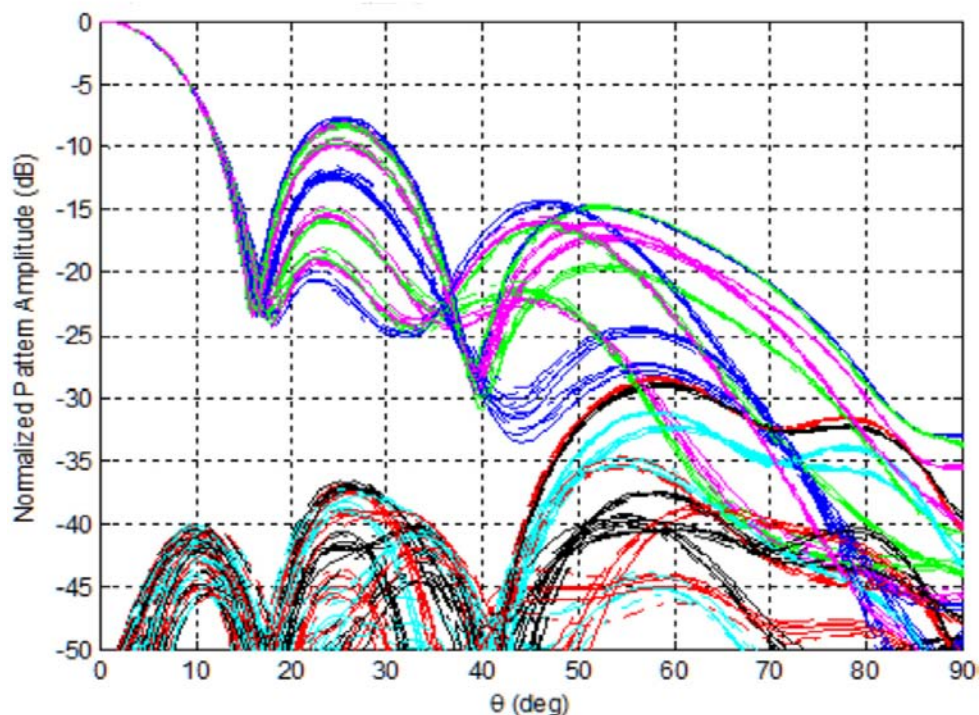
За анализ на междуелементното взаимодействие е съставен блок от 18 първични елемента, обединени в обща антенна решетка (фиг 2b). Възбуждане се предизвиква само на един от портовете на централно разположеният елемент, като се следи резултатът на портовете на всички останали елементи в блока. Анализът се осъществява с помощта на метода на крайните елементи. Най-важният параметър, за който се осъществява оптимизацията е диаграмата на насочено действие на централно разположеният елемент.



Фиг. 2. Антенна система за контурен лъч: а – Рефлектор с антенна решетка (Източник – Технологичен Университет в Чалмерс), б – електричен модел на антенната решетка

Резултатите от анализа и последвалата оптимизация са представени на фиг. 3. Фигурата представя диаграмите на насочено действие на централния елемент, в 36 равнини около оста му на излъчване. От съществено значение е да се отбележи изключително ниското ниво на кросполяризацияната компонента в областта, в която антенната решетка облъчва рефлектора (0-15deg). За цялата тази област това ниво не надвишава -40dB (-25dB при

неоптимизирана решетка), което допринася за изключително високото качество на вторичната диаграма на насочено действие.



Фиг. 3. Диаграма на насочено действие на единичен елемент от оптимизирана антенна решетка

Допълнителна полза установена при анализа е намаляването на вариациите на коефициента на насочено действие в зависимост от честотата. В процеса на работа бе установено, че КНД на елемент от стандартна антенна решетка може да варира с 0,55dB в честотна лента от 2GHz, докато м,и антенна решетка с понижена междуелементна връзка тази вариация намалява до 0,25dB

Заклучение

В заключение можем да се отбележи че разгледаният подход дава следните съществени предимства:

- Осигурява стабилност на коефициентът на насочено действие на възбуждащата антенна решетка и оттам на цялата антенна система.
- Осигурява изключително ниско ниво на крос-поляризационната компонента на първичната ДНД в зоната на облъчване на рефлектора и оттам нейното ниско ниво във вторичната диаграма и контурния лъч .
- Подобрява предсказуемостта на реалните елементи и улеснява електрическото им моделиране и точността на анализ на електрическите модели.

Методът използван за понижаване на междуелементното влияние в антенната решетка е в процес на патентна защита.

Литература:

1. V i s k u m, H.-H. and S. B. S o r e n s e n, Dual Offset Shaped Reflectors Optimized for Gain and XPD performance, 1994 IEEE AP-S Int.
2. B a l a n i s, C. A., Antenna Theory, Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.
3. G u p t a, I. J. and A. A. K s i e n s k i, "Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 31, no. 5, pp. 785-791,1983