

เสารากาณะนิกแฉงเจงเส่นแบบการจกัช่วงระหว่างตัวกระจายกลืนไม้สม่าเสมอ



นายณนทวัฒน์ จันทรเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๖

001092

I15864510

NONUNIFORMLY SPACED LINEAR ANTENNA ARRAYS

Mr Nontawut Junjareon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Electrical Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
1973

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

สมชาย วัฒนวิทย์  
.....

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ

.....  ..... กรรมการ

.....  ..... กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ อยุณนอม

หัวข้อวิทยานิพนธ์   เสาอากาศชนิดแผงเชิงเส้นแบบการจัดช่วงระหว่างตัวกระจายคลื่นไม่  
 สม่่าเสมอ  
 ชื่อ                    นายนันทวัฒน์ จันทร์เจริญ   แผนกวิชา   วิศวกรรมไฟฟ้า  
 ปีการศึกษา           ๒๕๑๕

บทคัดย่อ



วิทยานิพนธ์นี้รายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและการออกแบบแผงเสาอากาศชนิดรูปร่างระหว่างตัวกระจายคลื่นไม่สม่ำเสมอ ซึ่งถือเอาการจัดวางตำแหน่งของตัวกระจายคลื่นแต่ละตัวเป็นแฟคเตอร์สำคัญในการสร้างแพทเทิร์น สายอากาศแบบนี้สิ่งที่นับว่าสำคัญคือต้องพยายามทำให้ ไซด์-โลบ (Sidelobe) มีค่าน้อยที่สุด และ บีม วิกต์ (Beam-width) แคบ การใช้จำนวนของตัวกระจายคลื่น การวางระยะห่างกัน และ ระยะเฉลี่ยระหว่างตัวกระจายคลื่นแต่ละตัวต้องเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้ได้แพทเทิร์นที่มี ไซด์-โลบน้อย และ บีม วิกต์อยู่ในเขตที่ต้องการ

การออกแบบจะใช้เครื่องอนุภาค คอมพิวเตอร์ช่วยในการทดสอบแพทเทิร์นตามวิธีเพอร์เทอร์บเบชัน (Perturbation) คือเปลี่ยนตำแหน่งของตัวกระจายคลื่นแต่ละตัวไป แล้วสังเกตดูว่าตำแหน่งใดที่สามารถทำให้แพทเทิร์นได้ดีที่สุด เริ่มต้นด้วยตำแหน่งของตัวกระจายคลื่นอย่างประมาณ ซึ่งหาได้จาก การเทียบเคียงแพทเทิร์นกับของสายอากาศชนิดกระแสต่อเนื่องแนวตรง (Continuous line source)

ผลการศึกษาพบว่า ไซด์-โลบจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อระยะเฉลี่ยระหว่างตัวกระจายคลื่นแต่ละตัวมีค่าอยู่ระหว่าง ๐.๕๕ ถึง ๐.๕๕ ความยาวคลื่น ( ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของแผงสายอากาศ และจำนวนตัวกระจายคลื่นที่ใช้ ) และการที่จะให้ไซด์-โลบลดลงนั้น ต้องเพิ่มความหนาแน่นของตัวกระจายคลื่นบริเวณใจกลางของแผงสายอากาศให้มีความสูงกว่าบริเวณปลาย นอกจากนี้การองบีม วิกต์จะขึ้นอยู่กับระยะของไซด์-โลบและความยาวของ

↑ แฉงสายอากาศ บีม วิกต์จะมีค่าลดลงเมื่อไซท์-โตนมีค่าสูงขึ้น และการเพิ่มความยาวของ  
 แฉงสายอากาศจะมีผลทำให้บีม วิกต์ลดลงเช่นกัน

แฉงสายอากาศแบบการจัดช่วงระหว่างตัวกระจายคลื่นไม่สม่ำเสมอจะให้ไซท์-  
 โตน โคค่า ( ประมาณ  $-25$  เดซิเบลลงมา ) ก็ต่อเมื่อจำนวนตัวกระจายคลื่นมีค่าสูง  
 ( มากกว่า ๑๐ ตัว ขึ้นไป ) จะพบว่าจำนวนตัวกระจายคลื่นยิ่งมีมากเท่าไร แพทเทิร์น  
 ที่ได้รับจะยิ่งดีขึ้นเท่านั้น

Thesis Title Nonuniformly Spaced Linear Antenna Arrays

Name Mr Nontawut Junjareon Department Electrical Engineering

Academic Year 1972

#### ABSTRACT

This thesis reports studies on the characteristics and pattern synthesis of nonuniformly spaced arrays which the element spacing is considered as a main parameter to control the directional pattern. In such antennas the minimum sidelobe level and the narrow beamwidth are considered very important. Relation between parameters such as the number of elements, the spacing of nonuniformly spaced elements, and the average element spacing, all to satisfy the condition of minimum sidelobe level are numerically obtained.

In designing procedures, an approximate directional pattern is obtained first by relating a pattern function of a continuous line source to a distribution function of element spacings. These arrays however, do not satisfy the condition for the sidelobe level. Their patterns are examined by programming the array factor equation into an analog computer which coefficient potentiometers are proportional to element locations. Then the directional pattern can be improved to a more satisfied pattern by the perturbation method done with an analog computer.

As a result , it is found that,for the same total length and same number of elements with equally spaced array, unequally spaced array can provide lower sidelobe level. The minimum sidelobe level occurs when the average element spacing is around  $0.85$  to  $0.95\lambda$ , ( depending upon the total length and the number of elements ) and that the sidelobes are some what reduced by increasing the density of elements near the center of the antenna array. The beamwidth of the pattern is depended on its sidelobe level and the total length of the antenna array. Increasing in the sidelobe level and the average element spacing cause a decreasing in the beamwidth.

Furthermore,it is shown that if the average element spacing - is kept constant,nonuniformly spaced array designed for larger number of elements (also longer total length) will give the results more satisfied than the smaller one.

## ACKNOWLEDGEMENT

The author wish to express his gratitude to the thesis adviser , Assistant Professor Dr. Narong Yeethanom , for many helpful suggestions during this work was carried on. Thanks to Dr. Suthee Arksernkit for his advice in antenna construction and Associate Professor Vichai Sunkajuntranon who provides the books of IEEE Transactions on Antennas and Propagation .





TABLES



Table Number

Page

1	The initial settings of the coefficient potentiometers of an analog computer for various number of elements in the array... ..	21
2	Element locations of nonuniformly spaced array that provide minimum average side lobe level pattern.(From the perturbation method done with analog computer.) ... ..	35

## ILLUSTRATIONS

Fig.No	Page
1	Nonuniformly spaced array ... .. 6
2	Symmetrical arrangement of nonuniformly spaced elements 10
3a	The block diagram for generating $\cos^2 \omega t$ ... .. 14
3b	The complete block diagram of the array factor ... .. 15
3c	The block diagram for the example. ... .. 17
4a	Analog computer employed for the calculation ... .. 18
4b	Connection of the computing units ... .. 19
5	The visual curve of a directional pattern as seen from oscilloscope of an analog computer ... .. 20
6	Patterns of 5 element nonuniformly spaced arrays designed for various sidelobe levels ( the minimum spacing betw een adjacent elements is $0.5\lambda$ ) ... .. 25
7	Patterns of 7 element nonuniformly spaced arrays ... . 27
8	Patterns of 9 element nonuniformly spaced arrays desi. gned from Taylor line source. ( $d_{\min} = 0.5\lambda$ ) ... .. 29
9	The comparison between the patterns of 7 element nonuni formly spaced arrays which the total lengths are 3.5, 5 and 8 wavelengths. ... .. 30
10	The comparison between the patterns of 4,6 and 9 element nonuniformly spaced arrays occupying the same length.. 31
11	Sidelobe characteristics of nonuniformly spaced arrays designed from the one parameter Taylor's line source.. 32

Fig. No	Page
12	33
The half-power beamwidth characteristics of nonuniformly spaced arrays designed from the one parameter Taylor's line source . . . . .	
13	38
The minimum sidelobe level pattern for various number of elements of nonuniformly spaced array as achieved from the perturbation method comparing with those of equally spaced arrays (dotted line ) . . . . .	
14	39
The minimum average sidelobe level and the beamwidth for various number of elements of nonuniformly spaced array achieved from the perturbation method . . . . .	
15	40
Sidelobe level vs total length of an array . . . . .	
16	43
Patterns of the designed arrays . . . . .	
17	44
The half-wave dipole broadside nonuniformly spaced array as constructed for an example. . . . .	
18	45
The directional pattern of the half-wave dipole nonuniformly spaced array obtained from the experiment comparing with that from the theoretical design . . . . .	

## LIST OF SYMBOLS AND ABBREVIATIONS

- a     Half length of the model continuous line source.
- d     Distance between adjacent elements of an equally spaced array.
- D     Directivity.
- $D(\psi)$    The difference in the patterns of equally and unequally spaced array.
- E     Electric field intensity.
- $f(\theta)$    The directional pattern or the array factor .
- $i_n$      Current at the  $n^{\text{th}}$  element of an array .
- $i(z)$    Current distribution along the array axis of an array .
- $i_o(z)$    Current distribution of the model continuous line source .
- $I_o(z)$    The cumulative current distribution of the continuousline source.
- $I(z)$     The cumulative current distribution of an array .
- $I_m(x)$    Modified Bessel function , first kind order m.
- $J_m(x)$    Bessel function , first kind , order m .
- k     the propagation constant
- N     Number of elements in the array . (sometimes  $2N + 1$  )
- r     Distance from the center of an array to the far field point .
- $r_n$     Distance from the  $n^{\text{th}}$  element of an array to the far field point.
- R     Sidelobe ratio with respect to the main beam .
- $S(\theta)$    Power pattern of an array .
- t     Computed time of an analog computer .
- u     Angular variable in the form of  $\sin\theta$  .
- V     Volts
- $v(z)$    The source number function .

W	The total power radiated .
W(u)	Weighting function.
z	The array axis.
$z_n$	Distance of the $n^{\text{th}}$ element from the center of an array .
$\psi$	Angular variable in the form of $k d \sin \theta$
$\lambda$	Wavelength
$\xi$	Angular variable in the form of $k \sin \theta$
$\Omega$	solid angle
$\phi$	Angle measured from the x axis in the spherical co-Ordinate
$\theta$	Angle measured from the perpendicular of the array axis .
$\alpha$	Angle measured from the array axis.
$\omega$	Natural frequency .
dB	Decibel
$\Delta_n$	The departure of the $n^{\text{th}}$ element from its position in an equally spaced array .

## CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (Thais) ... ..	iv
ABSTRACT (English) ... ..	vi
ACKNOWLEDGEMENT ... ..	viii
TABLES ... ..	ix
ILLUSTRATIONS ... ..	x
LIST OF SYMBOLS AND ABBREVIATIONS ... ..	xii

## CHAPTER

I Introduction ... ..	1
II Review of Literature ... ..	3
III Analog Computer Applications in Design Nonuniformly Spaced Arrays ... ..	12
IV Design Examples of Nonuniformly Spaced Arrays ... ..	41
V Discussion ..... ..	46
VI Conclusion and Recommendation ... ..	48
REFERENCES ... ..	50
APPENDIX ... ..	52
VITA ... ..	55