

สายอากาศออฟเซตรีเฟลคเตอร์พาราโบลิก

OFFSET REFLECTOR PARABOLIC ANTENNA

ผู้จัดทำ

นายไชยรัตน์ สุธรรมภาวดี 33100096

นายณัฐวิทย์ วยากรณ์ 33100107

นายสุรชาติ สุวรรณโหมสิต 33100448

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สมผล โภทส์ลวีตร์

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

สายอากาศออฟเซตรีเฟลคเตอร์พาราโบลิด

OFFSET REFLECTOR PARABOLIC ANTENNA

ผู้จัดทำ

นายไชยรัตน์ สุธรรมภาวดี	33100096
นายณัฐวิทย์ วายากรณ์	33100107
นายสุรชาติ สุวรรณโฆษิต	33100448

ปฏิญานินพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

ชื่อเรื่อง สายอากาศออฟเซทรีเฟลคเตอร์พาราโบลา

OFFSET REFLECTOR PARABOLIC ANTENNA

ชื่อ นาย ไชยรัตน์ สุธรรมภาวดี

นาย ณัฐวิทย์ วยากรณ์

นาย สุรชาติ สุวรรณโษษิต

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. สมผล โภคกุลวิตร

บทคัดย่อ

สายอากาศพาราโบลาแบบออฟเซทได้ถูกออกแบบให้รับสัญญาณในย่านKU band (11.6GHz) โดยมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับจานพาราโบลาแบบ Front feed ขนาด 60 เซนติเมตร แต่สายอากาศชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า นอกจากนี้ยังได้ออกแบบขนาดของฮอร์นตัวป้อนที่ใช้ร่วมกับสายอากาศตัวนี้ด้วย

Title OFFSET REFLECTOR PARABOLIC ANTENNA

Name Chairat Sutumpavadee

Nattawit Wayakorn

Surachart Suwankosit

Department of Telecommunication Engineering

Faculty of Engineering

Advisor Asst. Prof. somphol Kosalwit

ABSTRACT

The offset parabolic antenna is designed at KU-band (11.6 GHz). The cross sectional area is equivalent to front feed parabolic dish of diameter 60 cm, but shows higher efficiency and lower side lobe pattern. The conical horn is also designed to feed the offset dish.

สารบัญ

บทคัดย่อ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	คำศัพท์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมสายอากาศ	2
	2.1 อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ	2
	2.2 แพทเทินของการกระจายคลื่น	3
	2.3 อัตราขยาย	7
บทที่ 3	ทฤษฎีสายอากาศ	11
	3.1 สายอากาศออฟเซทรีเฟรคเตอร์พาราโบลอยด์	11
	3.2 รูปทรงเรขาคณิต	12
	3.3 ข้อดีและข้อเสียของออฟเซทรีเฟรคเตอร์พาราโบลอยด์	13
	3.4 ประสิทธิภาพของช่องเปิด	14
	3.5 โคโพลาริเซชันและครอสโพลาริเซชัน	15
	3.6 พฤติกรรมทางไฟฟ้า	16
	3.7 คุณสมบัติการดีโพลาริเซชันของสายอากาศออฟเซทรีเฟรคเตอร์	25
	3.8 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการดีโพลาริเซชันบนตัวสะท้อนคลื่น	25
	3.9 ส่วนประกอบในการหันเหของลำบีม	26
	3.10 กระบวนการออกแบบ	28
บทที่ 4	การออกแบบพีดฮอร์น	36
บทที่ 5	การออกแบบและการสร้างสายอากาศออฟเซทรีเฟรคเตอร์	46
	5.1 การออกแบบสายอากาศออฟเซทรีเฟรคเตอร์	46

บทที่ 6	การจัดเตรียมการทดลองและผลการทดลอง	49
6.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	49
6.2	Block Diagram ในการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	49
6.3	ขั้นตอนการทดลอง	50
6.4	ผลการทดลอง	52
บทที่ 7	สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	56
7.1	สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	56
7.2	ข้อเสนอแนะ	58



บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากสายอากาศแบบพาราโบลอยด์มีข้อดี เช่น สามารถเปลี่ยนคลื่นแบบทรงกลม (Spherical Wave) เป็นคลื่นแบบระนาบ (Plane Wave) ที่ปากช่องเปิด แต่เมื่อใช้ในความถี่สูงๆ จะเห็นว่าตัวกระจายคลื่นและก้านที่ใช้ยึดตัวกระจายคลื่นจะมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับความยาวคลื่น ดังนั้นจึงทำให้เกิดการบังทางเดินของคลื่น และทำให้เกิดการกระจายของคลื่นออกไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ จึงได้มีการแก้ปัญหาโดยวิธีใช้เพียงส่วนหนึ่งของจานพาราโบลอยด์มาเป็นตัวสะท้อนคลื่น (ออฟเซตฟีลด์) โดยที่ตัวกระจายคลื่นที่อยู่บริเวณจุดโฟกัสต้องไม่บังเส้นทางเดินของคลื่น มีผลให้ระดับของไซด์โลบที่เกิดจากการกระจายของคลื่นลดลง ดังนั้นสายอากาศแบบออฟเซตจึงมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา ประหยัดวัสดุ เหมาะสมแก่การใช้งาน

คณะผู้จัดทำ

นายไชยรัตน์ สุธรรมภาวดี

นายณัฐวิทย์ วายากรณ์

นายสุรชาติ สุวรรณโหมษิต

บทที่ 2

ค่าศัพท์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมสายอากาศ

ในบทนี้จะกล่าวถึงค่าศัพท์ทางเทคนิคต่างๆในสายอากาศระบบส่งและระบบรับที่เข้ากันแพร่หลายและควรรู้ คุณสมบัติสายอากาศโดยทั่วไปที่มีความสำคัญทางปฏิบัติมีดังนี้คือ

1. Impedance ของสายอากาศ
2. Pattern ของการกระจายคลื่น
3. อัตราของสายอากาศ

2.1 Impedance ของสายอากาศ

2.1.1 อินพุทอิมพีแดนซ์ (Input impedance)

Input impedance คือ Impedance ที่มีนิยามเหมือนในวงจรไฟฟ้าทั่วๆไป คือเป็นอัตราส่วนของ voltage และ current ที่จุดบ่อนของสายอากาศ ดังนี้คือ

$$Z_{in} = v/i = R + jx \quad (1)$$

โดยปกติแล้ว Z_{in} นี้จะมีทั้งส่วนที่เป็นความต้านทานและส่วนที่เป็นรีแอกแตนซ์ นั่นคือเมื่อนำสายสัญญาณซึ่งมี Impedance เป็นความต้านทานอย่างเดียวยุติตรงกับสายอากาศ ส่วนใหญ่จะเกิดการ mismatch ขึ้น คือพลังงานของคลื่นส่งบางส่วนจะถูกสะท้อนกลับมาทางเครื่องส่ง ในทางปฏิบัติส่วนมากจึงต้องใช้วงจรแมทชิ่ง (matching circuit) มาต่อไว้ระหว่างสายส่งกับสายอากาศเพื่อเป็นการลดพลังงานส่วนนี้ให้ลดลง

2.1.2 อิมพีแดนซ์ของการกระจายคลื่น

อิมพีแดนซ์ของการกระจายคลื่นเป็น impedance ที่มีค่านิยามเหมือนกับการนิยาม impedance จากกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าธรรมดา กล่าวคือถ้ามีกระแส I (A) ไหลผ่านความต้านทาน R (Ω) จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่ R เท่ากับ $R[I]^2$ ในกรณีของสายอากาศ เราให้นิยามของการกระจายคลื่น ในทางองเดียวกันว่าถ้ากระแสที่จุดบ่อนเป็น I และกำลังคลื่นที่กระจายออกไปจากสายอากาศ (radiation power) เป็น w_r เราให้ความต้านทานของการกระจายคลื่นเป็นดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและดัดแปลงอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_r = w_r / |I|^2 \quad (2)$$

กำลังคลื่นที่กระจายไปกระจายออกไปจากสายอากาศนั้น เมื่อคิดเปรียบเทียบ ในกรณีของวงจรไฟฟ้าธรรมดา ก็เหมือนกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในความต้านทาน ในความเป็นจริงแล้ว กำลังเคลื่อนที่ออกจากผิวของสายอากาศไม่ได้มีกำลังเคลื่อนที่ที่กระจายออกไปอย่างเดียว ยังมีกำลังเคลื่อนที่ส่วนที่ ไม่ได้กระจายออกไปอยู่ด้วย ซึ่งกำลังคลื่นส่วนนี้จะเป็นพลังงานที่สะสมอยู่ใกล้ๆตัวสายอากาศในลักษณะเดียวกับพลังงานส่วนที่สะสมอยู่ใกล้ๆตัวสายอากาศ ในลักษณะเดียวกับพลังงานที่สะสมอยู่ใน L และ C ในวงจรไฟฟ้าธรรมดา นั่นคือกำลังคลื่นที่ออกจากผิวของสายอากาศจะเป็นกำลังคลื่นเชิงซ้อน (complex power) ซึ่งจากอันนี้เราได้นิยามของ impedance ของการกระจายคลื่นเป็นดังนี้ คือ

$$Z_r = R_r + jX_r = W_r + jW_u / |I|^2 \quad (3)$$

โดย W_u เป็นกำลังคลื่นที่เก็บสะสมอยู่ในตัวกลางรอบสายอากาศ

2.2 แพทเทินของการกระจายคลื่น

ความหมายของแพทเทินของการกระจายคลื่น

เมื่อเราสังเกตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่บริเวณห่างไกลจากตำแหน่งของแหล่งกำเนิดคลื่น สนามไฟฟ้าจะสามารถเขียนออกมาในรูปดังนี้คือ

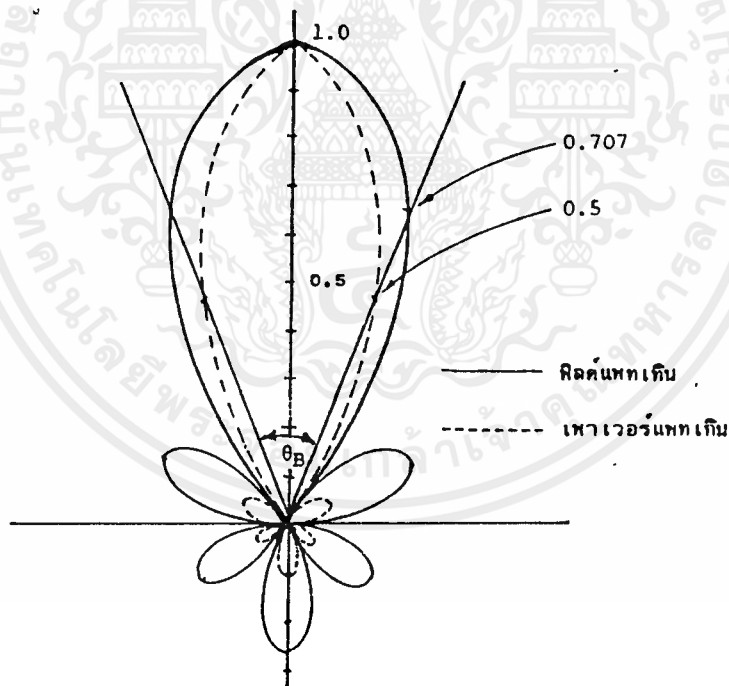
$$\vec{E}(r, \theta, \phi) = e^{-jk_r r} / r \vec{D}(\theta, \phi) \quad (4)$$

โดยที่ $\vec{D}(\theta, \phi)$ จะไม่แปรตามระยะทาง r และจะขึ้นอยู่กับ θ, ϕ เท่านั้น นอกจากนี้ เวกเตอร์ $\vec{D}(\theta, \phi)$ นี้ เมื่อคำนึงถึงทิศทางของพอยน์ติง เวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับ r_0 กล่าวคือมีส่วนประกอบในทิศทาง θ และ ϕ แต่ไม่มีส่วนประกอบในแพทเทินของการกระจายคลื่นคือ แพทเทินที่เขียนให้อยู่ในรูปของ 2 มิติ (หรือ 3 มิติ) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าที่จุดห่างไกลจากแหล่งกำเนิดคลื่นในทิศทางของ θ หรือ ϕ (θ, ϕ ในกรณี 3 มิติ) แพทเทินของการกระจายคลื่นโดยทั่วไปจะมี 2 แบบคือ ถ้าเขียนจากสนามไฟฟ้า ($|\vec{D}(\theta, \phi)|$) ใน (4) จะเรียก field pattern ถ้าเป็นแพทเทินที่เขียนจากกำลังเคลื่อน ($|\vec{D}(\theta, \phi)|^2$) ก็จะเรียก power pattern และโดยปกติจะหารไว้ด้วยค่าสูงสุด ซึ่งจะทำให้แพทเทินมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 หรือ ถ้ากำกับหน่วยเป็น dB ค่าสูงไม่จำกัดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดจะเป็น 0 dB

นอกจาก 2 แบบข้างต้นแล้ว บางครั้งการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของเฟสก็มีความหมายในทางปฏิบัติเช่นเดียวกัน แพทเทินที่แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของเฟสนี้เรียกว่า phase pattern ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับ phase นี้ก็คือ ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่วัดล้นแต่อยู่ใน $D(\theta, \phi)$ ทั้งสิ้นนอกจากนี้ $D(\theta, \phi)$ ยังบอกทิศทางของ polarization ของ E อีกด้วย

แพทเทินของการกระจายคลื่นนี้ โดยทั่วไปแล้วจะมีรูปร่างทำนองเดียวกับ รูปที่ 1



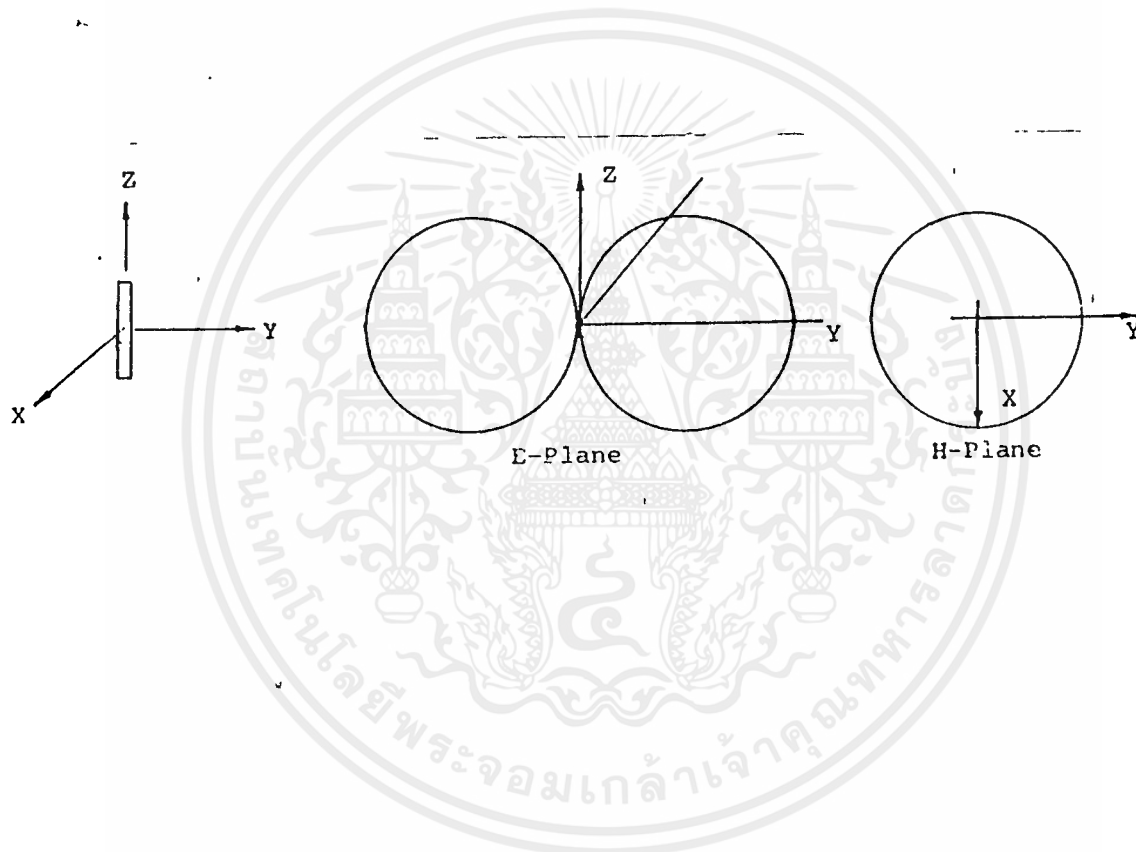
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 1 ตัวอย่าง pattern ของการกระจายคลื่น
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรียกลักษณะสำคัญๆ ในแพทเทินไว้ดังนี้คือ

1. main beam หรือ major lobe คือ beam ส่วนที่มีกำลังคลื่นกระจายออกไปมากที่สุด และโดยทั่วไปจุดสูงสุดของแพทเทินจะอยู่ใน main beam นี้
2. side lobe หรือ minor lobe คือ beam ส่วนอื่นทั้งหมดนอกจาก main beam
3. beamwidth คือค่าที่แสดงความกว้างของ main beam โดยกำหนดให้เป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างจุดที่เกิดขึ้นระหว่างจุดที่มีค่าเท่ากับ 0.5 ใน main beam ของ power pattern หรือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างจุด $1/\sqrt{2}$ ใน main beam ของ field pattern
4. อัตราส่วนระหว่างหน้าต่อหลัง (front-to-back ratio) คือค่าอัตราส่วนของสนามไฟฟ้าในทิศทางข้างหน้ากับสนามไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุดในทิศทางตรงข้าม $\pm 60^\circ$ กล่าวคือ ถ้าให้ทิศทางนั้นเป็น 0° และสนามไฟฟ้าในทิศนั้นคือ E_F อัตราส่วนระหว่างหน้าต่อหลังจะเป็นอัตราส่วนระหว่าง E_F กับ E ที่สูงที่สุดในช่วง $180^\circ \pm 60^\circ$ ซึ่งให้เท่ากับ E_B โดยทั่วไปแล้วค่า front-to-back ratio (FBR) จะแสดงในรูป db ดังนี้ คือ

$$\text{FBR} = 20 \log(E_F/E_B) \quad (\text{db}) \quad (5)$$

pattern ของการกระจายคลื่นนั้น นอกจากรูปแบบทำนองเดียวกันกับรูปที่ 1 แล้ว ในบางกรณีจะมีรูปทรงพิเศษอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้คือ สำหรับ pattern ที่เป็นรูปทรงกลม คือค่า $|D(\theta, \phi)|$ เท่ากันหมดทุกทิศทาง ซึ่งเป็น pattern ที่ได้มาจากแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุด (point source) นั้นเรียกว่า แพทเทินแบบไอโซโทรปิก สำหรับในกรณีที่แพทเทินในระนาบใดระนาบหนึ่งมีค่าเท่ากันหมด เราเรียกว่า แพทเทินแบบวงกลม (omnidirectional pattern) ตัวอย่างของแพทเทินแบบนี้ได้แก่ แพทเทินของ E_θ (หรือ H_ϕ) ของสายอากาศไดโพลในระนาบที่ตั้งฉากกับตัวสายอากาศไดโพล



รูปที่ 2 field pattern ของสายอากาศไดโพลขนาดสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อัตราขยาย (gain)

อัตราขยาย หมายถึง ความสามารถในการส่งหรือรับคลื่นของสายอากาศนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศมาตรฐาน สายอากาศมาตรฐานที่ใช้ก็คือสายอากาศไดโพลหรือแหล่งกำเนิดแบบจุด ในรายละเอียดแล้วอัตราขยายในระบบสายอากาศจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ เช่น การสูญเสียในตัวสายอากาศ การไม่แมทซ์กันระหว่างสายนำสัญญาณกับสายอากาศ เป็นต้น ซึ่งทำให้ต้องมีนิยามสำหรับอัตราขยายในกรณีต่างๆ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

อัตราขยายของสายอากาศ (power gain) และความสามารถในการชี้ทิศทางของสายอากาศ (directivity)

นิยามของอัตราขยายของสายอากาศคือ เมื่อเราให้กำลังไฟฟ้าอินพุตที่เท่ากันแก่สายอากาศหนึ่งกับสายอากาศที่เป็นมาตรฐาน อัตราขยายของสายอากาศในทิศใดๆ ของสายอากาศนั้น คือ อัตราส่วนระหว่างพอยต์ติ้งเพาเวอร์ที่เกิดจากสายอากาศนั้นกับพอยต์ติ้งเพาเวอร์ที่เกิดจากสายอากาศมาตรฐานนั้นคือ เมื่อเขียนเป็นสูตรจะได้ดังนี้

$$G(\theta, \phi) = \frac{\left| \vec{E}(\theta, \phi) \right|^2 / Z_0}{\left| \vec{E}_0(\theta, \phi) \right|^2 / Z_0} \quad (6)$$

โดยที่ $G(\theta, \phi)$ คืออัตราขยายของตัวสายอากาศในทิศ (θ, ϕ)

$\vec{E}(\theta, \phi)$ คือสนามไฟฟ้าจากสายอากาศที่ต้องการรู้ค่าอัตราขยาย

$\vec{E}_0(\theta, \phi)$ คือสนามไฟฟ้าจากสายอากาศที่ใช้เป็นมาตรฐาน และ

เนื่องจากค่ากำลังสองของสนามไฟฟ้าจะแปรโดยตรงกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับสายอากาศ เพราะฉะนั้นถ้าให้ P และ P_0 เป็นกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอากาศที่ต้องการรู้ค่าอัตราขยายและสายอากาศมาตรฐานตามลำดับ เราจะได้ค่าอัตราขยายของสายอากาศเป็นดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G(\theta, \phi) = \frac{|\vec{E}(\theta, \phi)|^2 / W}{|\vec{E}(\theta, \phi)|^2 / W_0} \quad (7)$$

ซึ่งเป็นสูตรทั่วไปสำหรับอัตราขยายของสายอากาศในทิศ (θ, ϕ) ค่าอัตราขยายนั้นโดยทั่วไปมักจะแสดงในหน่วยเดซิเบล (dB) ซึ่งสามารถได้จากค่าที่เป็นจำนวนเท่าในรูป $10 \log G$ สำหรับอัตราขยายของสายอากาศที่พุ่งถึงโดยไม่มีบ่งทิศ θ, ϕ ให้ถือว่าเป็นค่าอัตราขยายในทิศที่มีกำลังคลื่นออกไปสูงสุด ซึ่งเป็นทิศที่ใช้งานโดยทั่วไป

หนึ่ง สายอากาศที่ใช้เป็นมาตรฐานนั้นสำหรับช่วงคลื่นที่สูงกว่า UHF ขึ้นไป โดยเฉพาะเมื่อสูงกว่าไมโครเวฟขึ้นไปจะนิยมใช้แหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุด ซึ่งส่งคลื่นออกไปในทุกทิศทางเท่ากันหมดเป็นตัวเปรียบเทียบ เราเรียกอัตรขยายของตัวสายอากาศในกรณีนี้ว่าอัตราขยายสัมบูรณ์ของสายอากาศ (absolute power gain)

ในกรณีของอัตราขยายสัมบูรณ์ของสายอากาศ ถ้าเราให้กำลังคลื่นต่อหนึ่งหน่วยมุมทึบ (solid angle) ของ $\vec{E}(\theta, \phi)$ และ $\vec{E}_0(\theta, \phi)$ เป็น $F(\theta, \phi)$ และ F_0 ตามลำดับเราก็ได้

$$F(\theta, \phi) = \frac{r^2 |\vec{E}(\theta, \phi)|^2}{Z_0} = \frac{|\vec{D}(\theta, \phi)|^2}{Z_0} \quad W/\text{Steradian} \quad (8)$$

สำหรับของแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุดเราจะได้

$$4\pi F_0 = W_0 \quad (9)$$

เมื่อแทนค่าสมการ (8) และ (9) ลงใน (7) และให้อัตราขยายสัมบูรณ์ของตัวสายอากาศในกรณีนี้เป็น $G_0(\theta, \phi)$ เราจะได้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_{\Omega}(\theta, \phi) = \frac{F(\theta, \phi) 4\pi r^2 |\vec{E}(\theta, \phi)|^2}{W_{\text{inc}} Z_0 W} \quad (10)$$

นั่นคือ ค่าอัตราขยายสัมบูรณ์ของตัวสายอากาศก็คืออัตราส่วนของกำลังคลื่นต่อหนึ่งหน่วย steradian ของสายอากาศนั้น กับแหล่งกำเนิดคลื่นแบบจุดที่มีกำลังไฟฟ้าอินพุตเท่ากัน

ต่อไปเราจะคิดถึงในทางปฏิบัติซึ่งส่วนหนึ่งของกำลังไฟฟ้าอินพุตมักจะสูญเสียไปเนื่องจากการใช้ตัวนำไม่สมบูรณ์แบบ ถ้าเราให้ W_r และ W_1 เป็นกำลังคลื่นที่กระจายออกไปและกำลังไฟฟ้าสูญเสียตามลำดับ เราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$W_r = W - W_1 = \eta W \quad (11)$$

โดยที่ η เป็นประสิทธิภาพของการกระจายคลื่น W_r นั้น จากนิยามของ $F(\theta, \phi)$ จะได้เป็น

$$W_r = \oint F(\theta, \phi) d\Omega \quad (12)$$

จากสมการ (10), (11) และ (12) G_{Ω} เขียนได้ดังต่อไปนี้คือ

$$G_{\Omega}(\theta, \phi) = \frac{\eta 4\pi F(\theta, \phi)}{\int F(\theta, \phi) d\Omega} \quad (13)$$

$$F(\theta, \phi) d\Omega$$

$$\text{ถ้าเราให้ } G_{\Omega}(\theta, \phi) = F(\theta, \phi) \quad (14)$$

$$\frac{1}{4\pi} \oint F(\theta, \phi) d\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและสิ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ (15)

033376

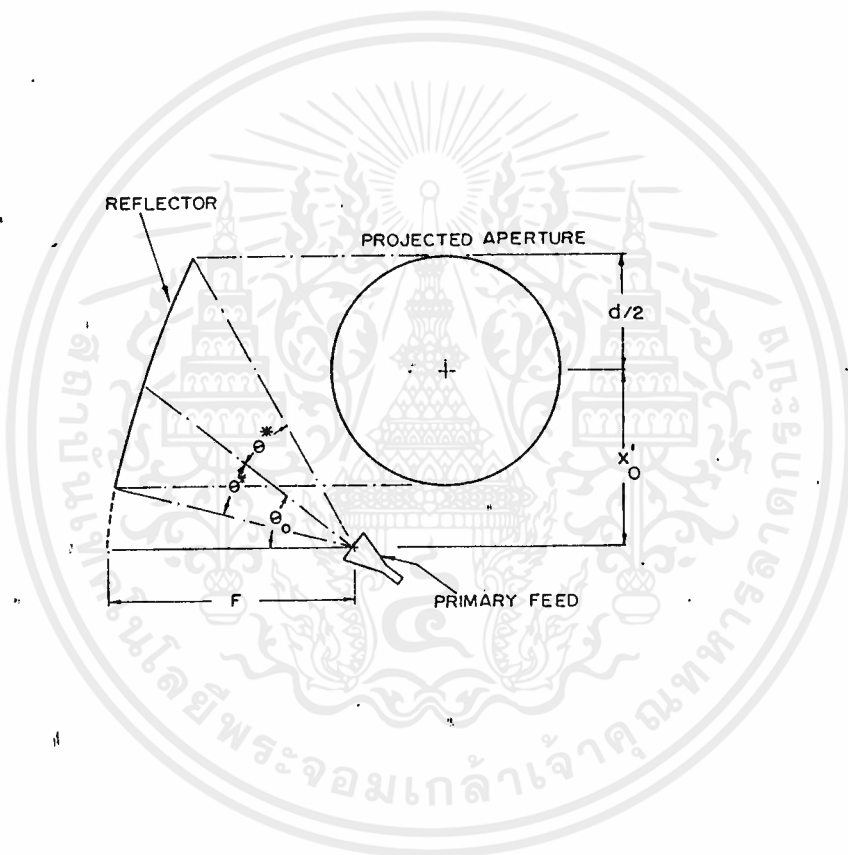
$G_d(\theta, \phi)$ ที่นิยามโดยสมการ (14) นั้นเป็นอัตราส่วนของกำลังคลื่นที่กระจายออกไปในทิศใดๆ ต่อค่าเฉลี่ยของกำลังคลื่นที่กระจายออกไปจากสายอากาศนั้น และจะเห็นได้ว่าเป็นค่าที่สามารถคำนวณได้โดยตรงจากแพทเทิร์นของการกระจายคลื่น โดยที่ไม่มีกำลังไฟฟ้าอินพุตเข้ามาเกี่ยวข้อง ในความหมายนี้ $G_d(\theta, \phi)$ จึงถูกเรียกว่า ความสามารถในการชี้ทิศ (directivity) และก็เช่นเดียวกับในกรณีของอัตราขยายของสายอากาศ ถ้าพูดถึงความสามารถในการชี้ทิศลอยๆ หมายถึง ความสามารถในการชี้ทิศในทิศที่มีกำลังคลื่นกระจายออกไปมากที่สุด



บทที่ 3

ทฤษฎีสายอากาศ (offset reflector paraboloid)

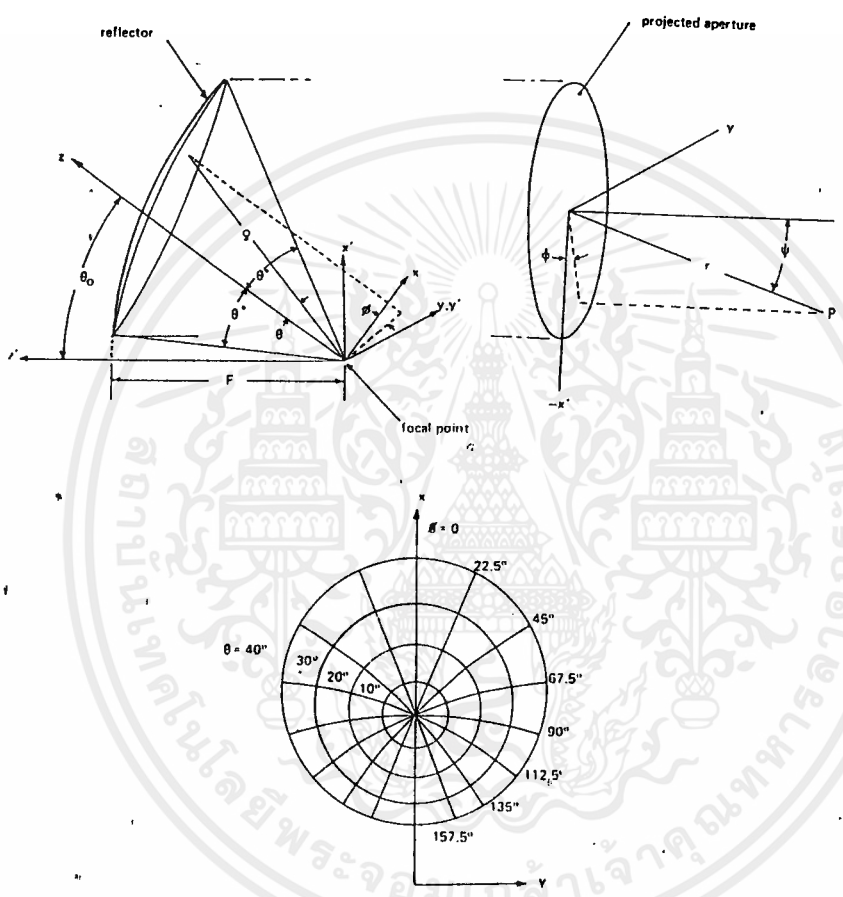
3.1 สายอากาศออฟเซทรีเฟลคเตอร์พาราโบลอยด์



รูปที่ 1 สายอากาศออฟเซทพาราโบลอยด์

สายอากาศออฟเซทพาราโบลอยด์มีโครงสร้างดังรูปที่ 1 คือตัวจานสะท้อนคลื่นจะเป็นส่วนหนึ่งของพาราโบลอยด์ และตัวกระจายคลื่นขั้นต้น (Primary feed) จะวางอยู่บริเวณจุดโฟกัสของพาราโบลอยด์ ลักษณะเฉพาะของสายอากาศแบบนี้คือ ตัวกระจายคลื่นขั้นต้นจะไม่อยู่ตรงกลางของตัวจานสะท้อน ลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้มีชื่อเรียกว่าสายอากาศออฟเซทพาราโบลอยด์ (offset paraboloid) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 รูปทรงเรขาคณิต



รูปที่ 2 a) Single Offset-reflector Coordinate System
 b) Constant θ, ϕ Contours on Projected-aperture Plane

จากรูปเป็นการแสดงรูปร่างทางเรขาคณิตของสายอากาศออฟเซตหรือเฟรคเตอร์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ซึ่งจะเห็นค่าตัวสะท้อน จะเป็นส่วนหนึ่งของพาราโบลอยด์และจะเปลี่ยนคลื่นทรงกลมจาก
 ไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกระจายคลื่นเป็นคลื่นระนาบที่ปากของช่องเปิด (projected aperture) ซึ่งเรายังคงวางตัวกระจายคลื่นบริเวณจุดโฟกัสของจานสะท้อนคลื่น แต่จะหันตัวกระจายสู่กึ่งกลางของจานออฟเซต เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาล้นจาน (spill over)

ซึ่งจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$F/d = (\cos\theta_0 + \cos\theta^*) / (4\sin\theta^*) \quad (1)$$

ซึ่งความสัมพันธ์ในสมการที่ 1 จะเป็นตัวช่วยในการออกแบบสายอากาศ เนื่องจากเมื่อเราใช้ตัวกระจายแบบเชิงเส้น (linear polarization) นั้นจะทำให้เกิดครอสโพลาไรเซชัน (cross polarization) ขึ้น ส่วนตัวกระจายแบบวงกลม (Circular Polarization) จะไม่ทำให้เกิดครอสโพลาไรเซชัน แต่จะทำให้เกิดการเอียงของลำคลื่น ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มค่า (F/d) ของสายอากาศ แต่ถ้าหาก (F/d) มากเกินไป จะทำให้เกิดปัญหาล้นจานขึ้น ดังนั้นจึงต้องเลือกค่า (F/d) ที่เหมาะสม

3.3 ข้อดีและข้อเสียของออฟเซตรีเฟคเตอร์พาราโบลอยด์

3.3.1 ข้อดี

1. เนื่องจากไม่มีอะไรไปบังเส้นทางเดินของคลื่น (blocking) จึงทำให้พื้นที่ประสิทธิภาพ (Effect. Area) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสายอากาศแบบธรรมดาที่มีตัวกระจายคลื่นอยู่ด้านหน้า

2. สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการกระจายคลื่นเมื่อคลื่นไปชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้า ซึ่งการกระจายคลื่นจะทำให้เกนของระบบลดลง และยังทำให้เกิดไซด์โลบ (side lobe) ที่เราไม่ต้องการอีกด้วย

3. สามารถปรับมิวชวลคัปปลิง (Mutual coupling) ระหว่างตัวกระจายคลื่นกับตัวสะท้อนคลื่นได้ง่าย เพราะทั้งสองเป็นอิสระซึ่งกันและกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ข้อเสีย

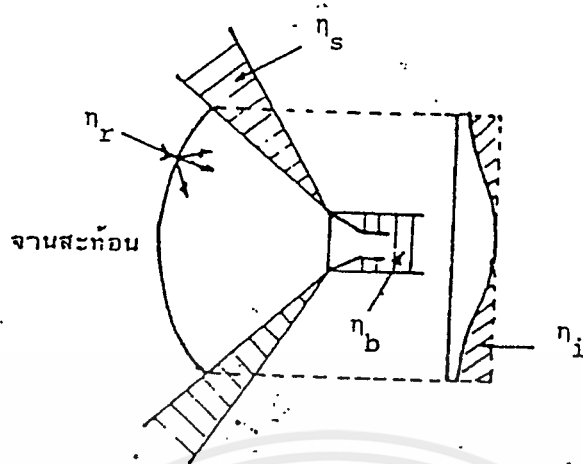
1. ในกรณีที่ใช้การกระจายแบบลิเนียร์โพลาริเซชัน จะเกิดปัญหาโพลาริเซชันในแนวตั้งจาก ส่วนในกรณีโพลาริเซชันแบบวงกลม จะเกิดปัญหาการโอนเอียงของลำคลื่นออกจากระบบสายตา
2. มีความยุ่งยากในการออกแบบค่อนข้างสูง

3.4 ประสิทธิภาพของช่องเปิด (Aperture efficiency)

เนื่องจากอัตราขยายของสายอากาศขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของช่องเปิด และโดยทั่วไปประสิทธิภาพของช่องเปิดจะมาจากสาเหตุต่อไปนี้

1. ผลจากความไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าช่องเปิด โดยใช้ผลจากส่วนนี้เป็น n_e
2. ผลจากการล้นจาน แทนด้วย n_s
3. ผลจากการบังคลื่น (blocking) เกิดจากการที่มีตัวกระจาย หรือจานสะท้อนรอง (subreflector) อยู่ทางด้านหน้าของจานสะท้อนหลัก ซึ่งเป็นเส้นทางเดินของคลื่น ผลส่วนนี้ให้เป็น n_b
4. ผลจากการกระจัดกระจายของคลื่น (scattering) เกิดจากโครงยึดตัวกระจายคลื่น หรือโครงยึดของจานสะท้อนรอง ส่วนนี้ให้เป็น n_{sc} หรือเกิดจากความไม่เรียบของผิวสะท้อนส่วนนี้ให้เป็น n_r

$$\eta = n_e \cdot n_s \cdot n_b \cdot n_{sc} \cdot n_r$$

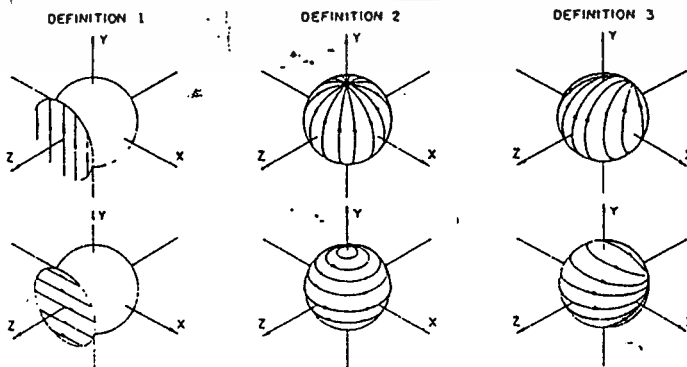


รูปที่ 3 แสดงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของช่องเปิด

3.5 โคโพลารไรเซชันและครอสโพลารไรเซชัน (Copolar and Cross-polar)

ในการออกแบบสายอากาศเรื้องของครอสโพลารไรเซชัน ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ซึ่งในที่นี้สามารถให้นิยามได้ว่า โคโพลารเป็นองค์ประกอบที่ขนานกับโพลารไรเซชันอ้างอิง (reference polarization) และครอสโพลารเป็นองค์ประกอบของสนามในทิศทางตรงข้าม (orthogonal function) คือตั้งฉากกับโพลารไรเซชันอ้างอิง

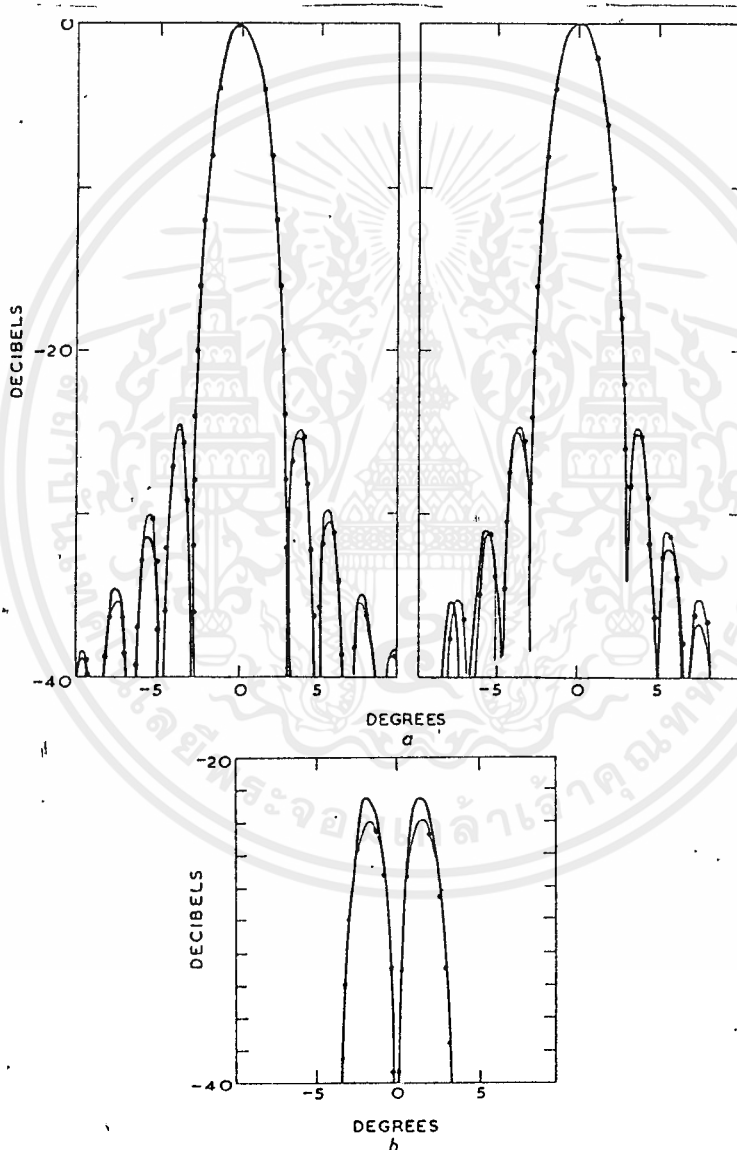
TOP: DIRECTION OF THE REFERENCE POLARIZATION
 BOTTOM: DIRECTION OF THE CROSS POLARIZATION



3.6 พฤติกรรมทางไฟฟ้า (Electrical performment of the single offset reflector antenna)

3.6.1 โพลาริเซชันเชิงเส้น (Linear polarization)

เมื่อเราแพร่กระจายคลื่นด้วยตัวแพร่กระจายคลื่นที่เป็นโพลาริเซชันเชิงเส้นที่บริสุทธิ์ ตัวออฟเซตรีเฟลคเตอร์จะแสดงถึงคุณสมบัติดีโพลาไรเซชัน (Depolarizing effect) ซึ่งกำหนดครอสโพลาริเซชัน 2 โพล ในระนาบไม่สมมาตรดังรูปที่ 5



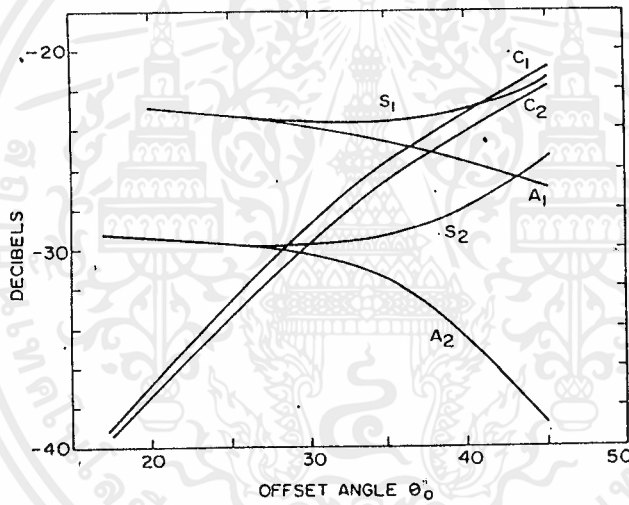
รูปที่ 5 Radiation field from (a) K-band offset-reflector antenna,

Copolar radiation in (a) Plane of symmetry ($\phi = \pi/2$) and (b) Plane of asymmetry ($\phi = 0$). Cross-polar radiation in (c) plane of asymmetry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปเป็นข้อมูลที่คัดจากออฟเซคทีฟเรคเตอร์ที่มีความถูกต้อง เชื่อถือได้ ซึ่งป้อนคลื่นโดย (Fundamental mode rectangular horn ที่มีการเทเปอร์ 12 db ที่ขอบเขตตัวสะท้อนคลื่น

ซึ่งข้อมูลการคาดคะเนครอสโพล่าได้จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่ซับซ้อนจะดีกว่า การวัดรูปแบบแพทเทิร์น ซึ่งเป็นคุณสมบัติของออฟเซคทีฟเรคเตอร์ที่เป็นโพลาริเซชันเชิงเส้นซึ่งครอสโพล่าไรเซชันโพลเป็นผลซึ่งเกิดจากความไม่สมมาตรของตัวรีเฟลคเตอร์ โดยจะอยู่ในย่าน 6 dB รอบบีมหลัก (main beam) ของโคโพล่าไรเซชันไคโดลปย่อยอื่นอื่นซึ่งห่างออกไปจะลดลงไปอีกราว 20 dB สำหรับการกระจายคลื่นของโคโพล่าโพลจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเพื่อมุมนี้ห่างจากระดับสายตา ดังรูปที่ 6

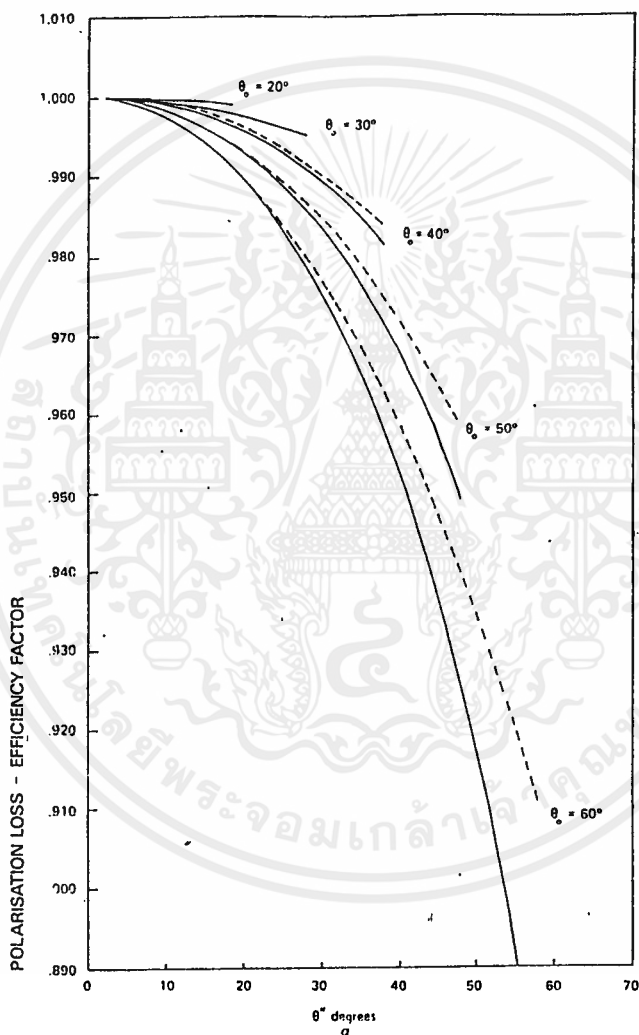


รูปที่6 Peak Copolar Sidelobe Level in Planes of Symmetry (s) and (A) for Offset Reflector with $\theta_0 = \theta^* + 5$, fed by uniform illumination tapers at $\theta_0 = \theta^*$. Peak Cross-polar Levels (c)occurring in Plane of Symmetry are also indicated.

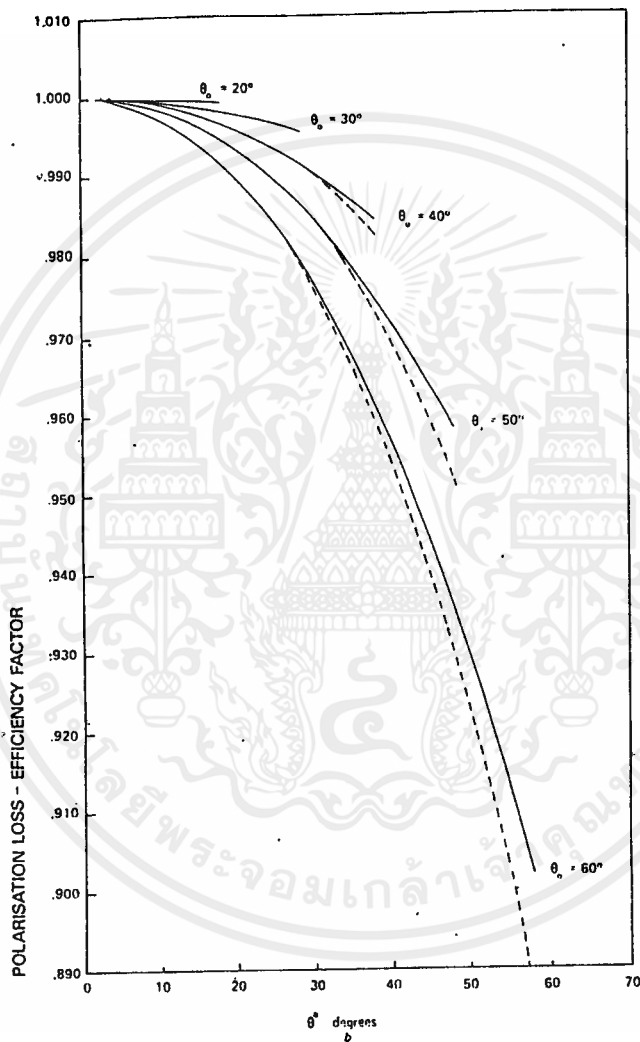
ในรูปสามารถอธิบายให้ทราบถึงไคโดลปบางอันเช่นค่าของครอสโพล่าไรเซชันซึ่งขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ θ_0, θ^* โดยนอกเหนือจากค่าที่ป้อนเทเปอร์เข้าไปแล้ว การที่มีระดับไคโดลปต่ำขึ้นอยู่กับการป้อนเทเปอร์โดยตัวกระจายคลื่นขั้นต้นเป็นหลัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวกระจายคลื่นขั้นต้นถ้ามีคุณสมบัติการกระจายคลื่นไม่ดีจะมีปัญหาเกี่ยวกับไมวากรณใจ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

เรื่องไฮด์โพล เป็นส่วนใหญ่

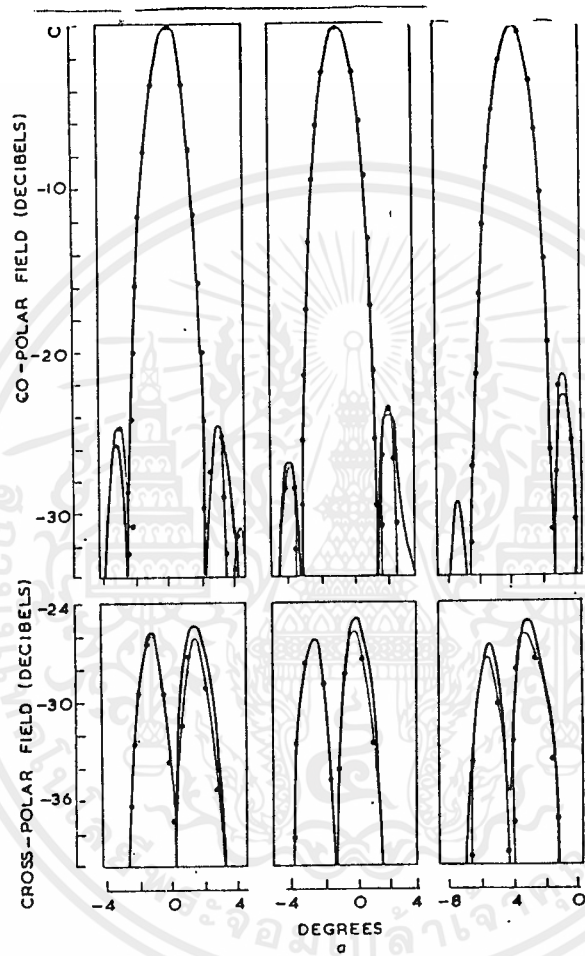
การลดลงของประสิทธิภาพช่องเปิด จะเกิดจากการตีโพลาไรซ์ของตัวสะท้อนคลื่นซึ่งจะมีค่าน้อย เมื่อค่าของ θ_0, ϕ^* น้อยกว่า 45 องศา แต่เมื่อมุมใหญ่ขึ้นจะทำให้เกิดปัญหามากขึ้น ซึ่งแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7(a) Polarization loss efficiency factor of offset reflector paraboloid, offset angle θ_0 being a parameter, illuminated by—— electric dipole oriented along x axis and
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Huygens source and----- electric dipole oriented along y axis
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7(b) Polarization loss efficiency factor of open Cassegrain antenna, offset angle θ_0 being a parameter, illuminated by ——— electric dipole oriented along x and y axis and ----- Huygens source
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

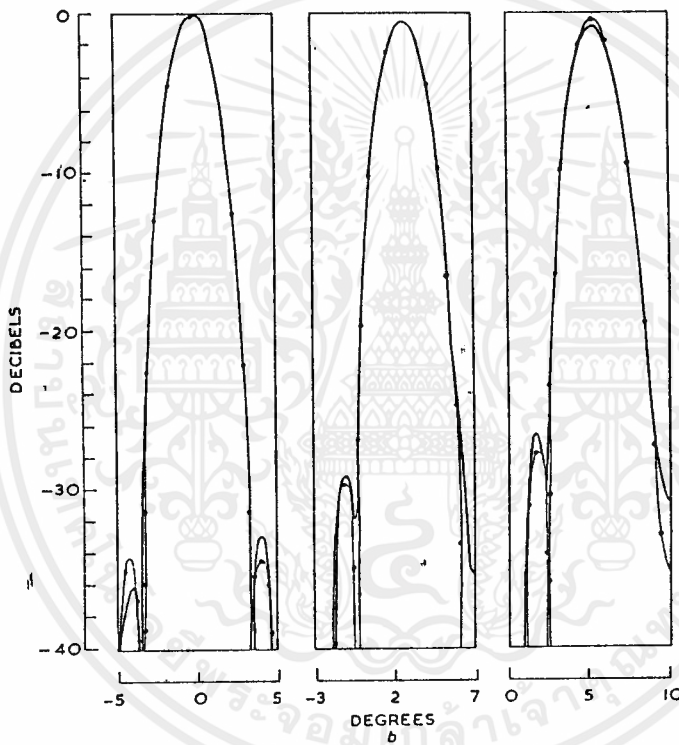


รูปที่ 8(a) Radiation field from offset reflector

($F=30.4\lambda$, $\theta_0 = 35^\circ$, $\theta^* = 30^\circ$) with linearly polarized pyramidal horn primary feed offset transversely along y axis by 0.83λ , 2.5λ

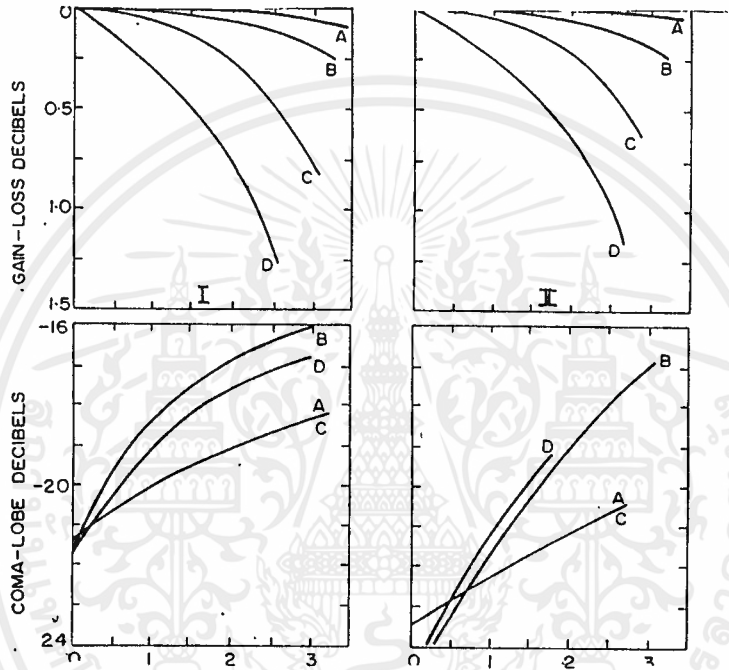
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

respectively ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8(b) Copolar radiation field from circularly polarized offset reflector ($F = 22.7\lambda$, $\theta_0 = 44^\circ$, $\theta^* = 30^\circ$) with scalar-horn feed offset transversely by ϕ , 1.4λ and 2.8λ , respectively, measured, Predicted
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 8 แสดงถึงการทำนายและการวัดเรดิเอชันแพทเทิร์นของออฟเซตรีเฟรคเตอร์แบบโพราไรเซชันเชิงเส้น ซึ่งผลเหล่านี้แสดงถึงคุณภาพของการวิเคราะห์และอธิบายการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าครอสโพล่าโลบ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อตำแหน่งของตัวกระจายคลื่นขึ้นต้นอยู่ในแนวตั้งฉาก ดังนั้นการสูญเสียของแกนของสายอากาศออฟเซตรีเฟรคเตอร์จึงสำคัญอยู่ที่ตัวกระจายคลื่น แต่เรดิเอชันแพทเทิร์นจะเลวลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเราป้อนในแนวตั้งฉากในระนาบสมมาตรเพื่อเทียบกับระนาบไม่สมมาตร จากการคำนวณค่าแกนและจำนวนไซด์โลบดังแสดงในรูปที่ 9



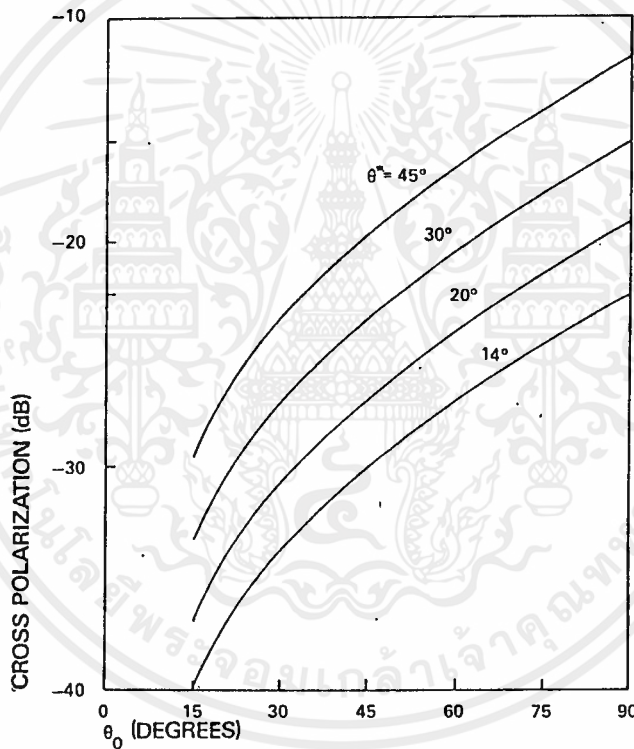
รูปที่ 9 Beam scanning gain loss and coma-lobe levels.

illumination tapers of -6dB (column I) and -10dB (column II)

- a $\theta^* = 30^\circ, \theta_0 = 0^\circ$
- b $\theta^* = 45^\circ, \theta_0 = 0^\circ$
- c $\theta^* = 30^\circ, \theta_0 = 45^\circ$
- d $\theta^* = 45^\circ, \theta_0 = 45^\circ$

จากรูปจะเห็นได้ว่าจานสายอากาศของออฟเซตรีเฟรคเตอร์จะขึ้นอยู่กับมุมของออฟเซต (θ_0) คือเมื่อ θ_0 มาก จะไม่มีบิลอกกิ้งเอฟเฟคต์ เมื่อคิดค่าที่ Semi angle (θ^*) เท่ากัน โดยเราสามารถกล่าวได้ว่ารูปแบบการหันเหของบีมของออฟเซตรีเฟรคเตอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดมุมของออฟเซต θ_0 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกระจายของโคโพลารไรซ์โพลจากงานสายอากาศออฟเซตรีเฟรคเตอร์แบบเชิงเส้น เป็นการสร้างเฟสเดียวกันในโคโพล่าเป็นหลัก การโพลารไรซ์ทั้งหมดของบีมหลักจะเปลี่ยนจากเชิงเส้นที่จุดกึ่งกลางบีมไปเป็นแบบวงรี (Eiiiptical polarization) ในขอบเขตของครอสโพลารไรซ์โพล ในการใช้งานบางอย่างสิ่งเหล่านี้ จะไม่เป็นปัญหาหากต้องการให้โพลารไรซ์เชิงเส้นครอบคลุมขอบเขตของเมนบีม ดังนั้น Inherent Limitation ของสายอากาศออฟเซทพาราโบลิด ซึ่งเป็นแบบธรรมดา คือมีตัวกระจายคลื่นขั้นต้นจะเป็นสิ่งจำเป็นระดับสูงสุดของครอสโพลารไรซ์โพลสามารถลดให้มีระดับต่ำได้ (ต่ำกว่า -35db) ถ้าหากมุมของเฟรท (θ_0) มีค่าน้อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 10 ถ้าหากต้องการหลักเลี้ยวออฟเพอร์เจอร์เอฟเฟคต์ต้องให้ค่า θ^* น้อยกว่า θ_0



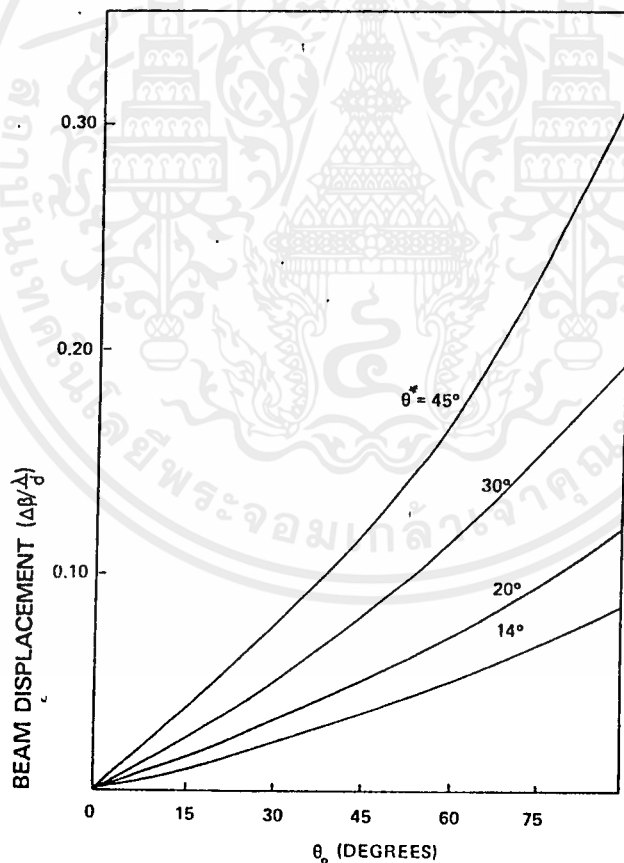
รูปที่10 Peak cross polar levels radiated in the plane of asymmetry ($\phi = \pi/2$) as a function of the offset reflector parameters θ_0 and θ^*

3.6.2 โพลารไรซ์เชิงเส้นวงกลม (Circular Polarization)

ถ้าตัวกระจายคลื่นขั้นต้นมีการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบโพลารไรซ์เชิงเส้นวงกลม แล้ว ออฟเซทพาราโบลิดรีเฟรคเตอร์จะไม่ดีโพลารไรซ์สัญญาณในการสะท้อนของคลื่นที่ตัวสะท้อนคลื่นนั้น แต่ละคลื่นซึ่งตกกระทบที่เป็นโพลารไรซ์เชิงเส้น จะสร้างองค์ประกอบของครอสโพลารไรซ์แต่อย่างไรก็ตามเมื่อความสัมพันธ์ของ phase-quadrature ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาได้จากสององค์ประกอบที่เป็นเชิงเส้น ได้แก่ การรวมทางเวกเตอร์ของสองออโทโกนอล โคลลาไรซ์และเฟสอซิมเมตริก (Phase Asymmetric) ซึ่งเป็นการจัดคู่เวกเตอร์ของครอสโพลาริซ์ที่หมุนในทิศทางเดียวกันด้วยเหตุนี้การรวมของสัญญาณทั้งสองจะทำให้เกิดเป็นโพลาริซ์ที่บริสุทธิ์ แต่การรวมขององค์ประกอบที่สมมาตรจะทำให้เกิดการเอียงของเรดิเอชันแพทเทิร์นออกจากแนวระดับสายตา ซึ่งเราเรียกว่าการเอียงของลำบีม (Beam-squint effect) ซึ่งการเคลื่อนที่ของบีมจะตรงไปหรือเอียงออกจากแกนสมมาตรในทิศทางใดขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของโพลาริเซชัน ในรูปที่ 11 แสดงผลกระทบของรีเฟลคเตอร์พารามิเตอร์ θ_0, θ^* ต่อขนาดการเอียงของบีม ซึ่งเราสามารถหาได้ว่าบีมเอียงไปกี่องศา จากสูตร

$$\Psi_m = \arcsin (\lambda \sin \theta_0) / 4\pi f$$



รูปที่ 11 Beam displacement as a function of the offset reflector parameters θ_0 and θ^* , $\Delta\beta$ is the angular squint of the beam in radians

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 คุณสมบัติการดีโพลาไรเซชันของสายอากาศออฟเซตรีเฟลคเตอร์

(Depolarization Properties of offset reflector Antennas)

คุณสมบัติการดีโพลาไรเซชันของสายอากาศแบบออฟเซตมีอยู่ 2 ประการคือ

1. ครอสโพลาไรเซชันที่เกิดจากการกระตุ้นแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น (Linearly Polarized Excitation)

2. การหันเหของลำบีม

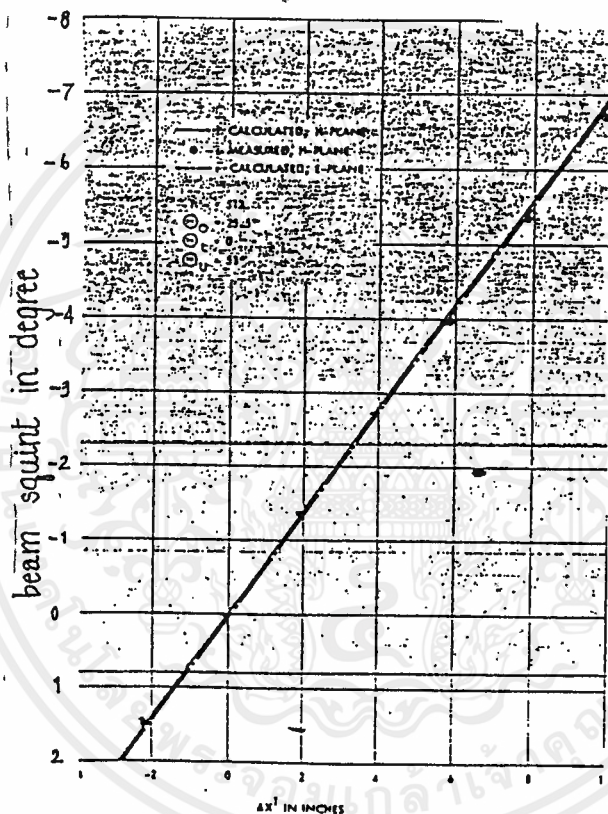
เมื่อคลื่นหักกระทบกับตัวสะท้อนเป็นคลื่นแบบโพลาไรซ์เชิงเส้น จะทำให้เกิดโพลาไรเซชันเวกเตอร์ (polarization vector) ที่มีขนาดเท่ากัน และมีการหมุนในทิศทางเดียวกัน ถ้าคลื่นที่ตกกระทบเป็นโพลาไรซ์เชิงวงกลม การหมุนจะตรงข้ามกับทิศทางที่คลื่นตกกระทบและจะมีเฟสชิฟเกิดขึ้น ดังนั้นการกระจายคลื่นแบบวงกลม จะไม่มีครอสโพลาไรเซชัน แต่จะเกิดการหันเหของลำบีมเพียงเล็กน้อย

3.8 ปัจจัยอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดการดีโพลาไรเซชันบนตัวสะท้อนคลื่น

3.8.1 Longitudinal Current Distribution ครอสโพลาไรเซชันที่เกิดจาก Longitudinal Current Distribution บนสายอากาศแบบรีเฟลคเตอร์ ขึ้นอยู่กับระดับของไอโซทรอปิก (Isotropic) ดังนั้นเราไม่จำเป็นต้องสนใจ Longitudinal Current Distribution ถ้าใช้สายอากาศรีเฟลคเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และมีเกนสูง

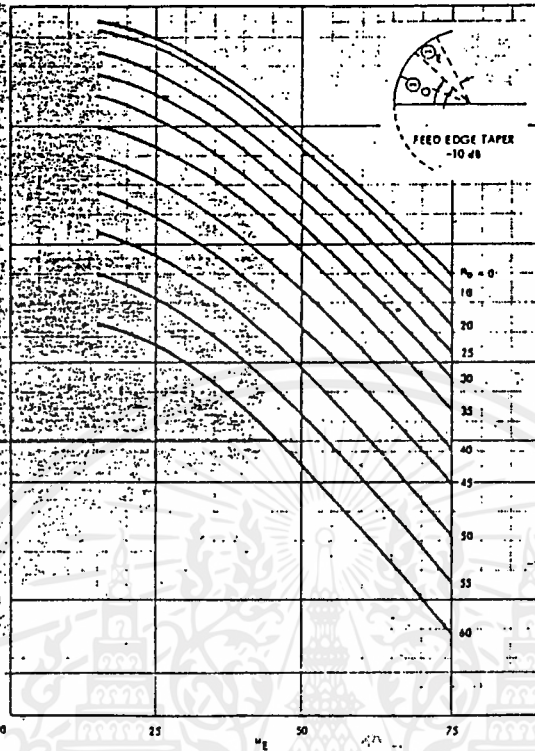
3.8.2 การที่รูปร่างพื้นผิวไม่เป็นพาราโบลอยด์ (Nonparaboloidal surface shape) ในการออกแบบสายอากาศแบบมัลติบีมหรือสแกนนิ่ง วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ การใช้รีเฟลคเตอร์แบบทรงกลม (Spherical or Torus Reflector) ซึ่งลักษณะพื้นผิวจะผิดเพี้ยนไปจากความโค้งของพาราโบลอยด์

3.9 ส่วนประกอบในการหักเหของลำบีม (Beam Deviation Factor)



รูปที่ 12 Beam deviation characteristics

จากรูปแสดงให้เห็นถึงการเอียงของลำบีมในระนาบหลัก ซึ่งขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนย้ายตัวกระจายคลื่นไปในระนาบของออฟเซทโพกัส และสังเกตได้ว่าการเอียงของลำบีมจะเป็นลักษณะเดียวกันในระนาบหลักที่มีการเคลื่อนย้ายในระนาบทั้งสองเท่ากัน ซึ่งแสดงว่าส่วนประกอบของการหักเหของลำบีมจะไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวกระจายคลื่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในแนวอาชีพ (Azimuth) ไม่ว่าจะพิมพ์หรือเผยแพร่ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 Beam deviation factor vs. The edge angle (θ_E) for different offset angle (θ_0)

จากรูปแสดงให้เห็นถึงการคำนวณค่า BDF (Beam Deviation Factor) โดยที่มีมุมของขอบ (θ_0) เป็นตัวแปร (วัดเทียบกับแกนออฟเซต, ϕ_0) ที่มีมุม θ_0 ต่างๆ กัน โดยสมมติให้ตัวกระจายคลื่นที่มีรูปร่างเป็น \cos^n Type Voltage pattern โดยที่ n จะถูกปรับให้มี edge taper เป็น -10db

ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากมีการเพิ่ม θ_0 (หรือ ϕ_0) เมื่อ θ_E (หรือ ϕ_E) คงที่ จะทำให้ค่า PDF ลดลง เพราะการเพิ่มค่า ϕ_0 เมื่อ θ_0 คงที่ จะทำให้ค่า f/d ลดลงตามสากการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$f/d = (\cos \theta_0 + \cos \phi_0) / (4 \sin \theta_0)$$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะทำให้ค่า BDF ลดลงด้วย.

นอกจากนั้น เราสามารถคำนวณหาค่า BDF ของออฟเซตรีเฟลคเตอร์ได้จาก สายอากาศที่มีการฟีดจากด้านหน้า (Front Fed Reflector) ที่มีมุมของขอบจานเท่ากัน ได้จากสมการต่อไปนี้

$$(BDF)_{offset} * (f/d)_{front\ fed} = (BDF)_{front\ fed} * (f/d)_{offset}$$

3.10 กระบวนการออกแบบ (The Design Procedure)

3.10.1 Step 1 : Reflector Projected Aperture

การหาเส้นผ่านศูนย์กลางของ Projected-Aperture (d) ขึ้นอยู่กับระดับค่า ไซดโลปที่เราจะกดไว้ และค่าฮัพเพาเวอร์บีมวิดท์ต่ำสุด (Ψ_{min}) ซึ่งต่างระดับไซดโลป สูงสุดต่ำกว่า -20db เส้นผ่านศูนย์กลางของ Project-Aperture ต่ำสุดจะมีค่าเท่ากับ

$$f/d = (\cos \theta_0 + \cos \theta^*) / 4 \sin \theta^*$$

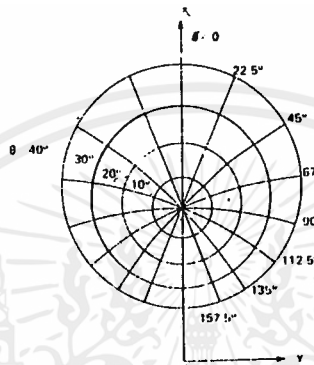
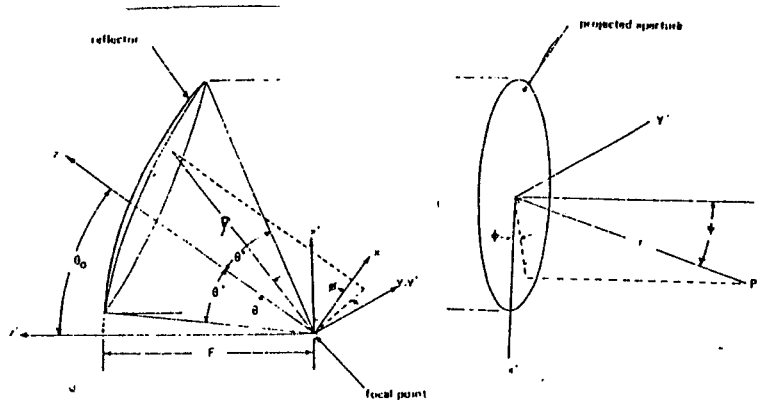
d : เส้นผ่านศูนย์กลางของ Project-Aperture

F : ความยาวโฟกัส

θ_0 : มุมของออฟเซตเทียบกับแกนพาราโบลา

θ^* : Simiangle Subtended by Reflector Rim from Focus

เราจะต้องกำหนดค่าของ F, θ_0 , θ^* เพื่อคำนวณหาค่าความสูง h_c ค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง D และเคลียแรนซ์ dc ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป โดยสามารถคำนวณหา ค่าต่างๆ ได้จากสูตร



รูปที่ 14 (a) Single offset reflector coordinated system
 (b) Constant θ, ϕ contours on projected-aperture plane

$$h_c = 2F \tan [(\theta_0 + \theta^*)/2] + l \sin \theta_0$$

$$D = [d^2/4 + (w_c, z)^2] / w_c$$

เมื่อ

$$w_c = F \{1 - \sin \theta_0 / (\cos \theta_0 + \cos \theta^*)\} + l \cos \theta_0$$

$$d_c = ZF * \tan \{(\theta_0 - \theta^*)/2\}$$

โดยที่

l : ความยาวตัวพีคมีค่า 5-10 ความยาวคลื่น

h : ความสูงของ Bornding Cyliner

D : เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของ Cylinder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 d : ระยะทางของเคลียแรนซ์ (Clearance)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้น เราจะต้องหาค่าการเอียงของบีม (Ψ_0) เนื่องจากการแพร่ของ โพลาริเซชันวงกลมจะเกิดการเอียงของบีม โดย Ψ_0 หาจากสมการ

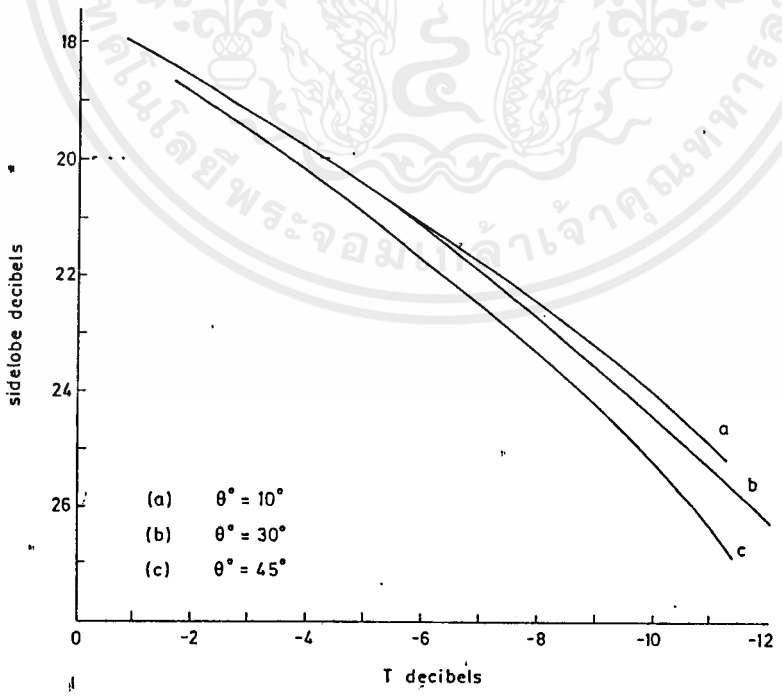
$$\Psi_0 = \arcsin([\sin\theta_0]/4\pi F)$$

3.10.3 Primary-feed Parameters

จะมีชนิดของตัวกระจายคลื่นขึ้นต้นที่จะปรารภนามีดังนี้คือ

1. The corrugated or Hybrid-mode Conical horn
2. The "Potter" or dual-mode Conical horn
3. The Fundamental mode ($Tf_{1,1}$) Conical horn

การหาเส้นผ่านศูนย์กลางของ Feed-horn Aperture เราจะต้องกำหนดค่าไซด์ โลบซึ่งมีค่าสูงสุด -20db และนำค่านี้ไปหาค่าเทเปอร์ (T) ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ดัง กราฟรูปที่15



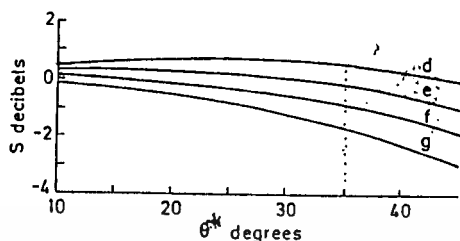
รูปที่15 First radiated sidelobe levels from

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า reflectors, as a function of reflector illumination taper T

ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทเปอร์ T ประกอบด้วย symmetrical G และ Space-factors

($T = G+S$) โดยค่า Space-factor S สามารถหาได้จากกราฟ

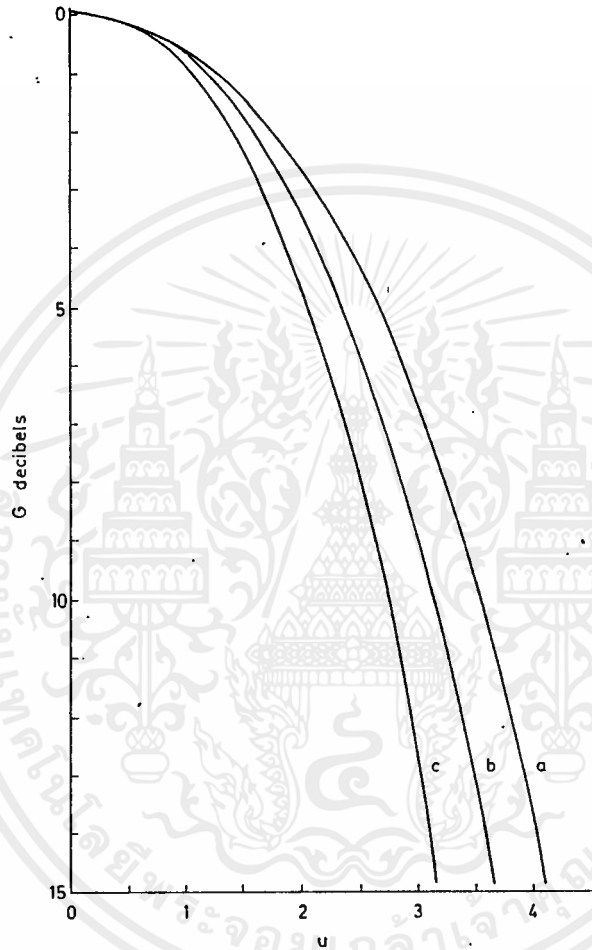


รูปที่ 16 Space attenuation factor for offset reflectors, including additional $1/2(1+\cos\theta^*)$ term from feed expression. For plane of symmetry use (d) $\theta_0 = 45^\circ$, (e) $\theta_0 = 40^\circ$, (f) $\theta_0 = 35^\circ$. For plane of asymmetry use (g) for any offset angle

จากกราฟ เราสามารถหาค่า S โดยดูค่า θ^* และ θ_0 ซึ่งค่า θ^* และ θ_0 เราทราบจาก step 2

ดังนั้นสามารถหาค่า G ได้จาก $T = G+S$

$$G = T - S$$



รูปที่ 17 Illumination taper due to pre-dominant term of feed directivity as a function of $u = 2\pi b \sin \theta$ where b is the feed aperture radius in wavelengths

(a) Hybrid mode or dual mode feed

(b) Circularly polarized fundamental-mode feed

(c) Uniformly illuminated circular-aperture feed for comparative purpose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

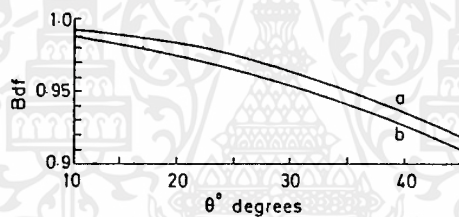
จากรูปเราสามารถทราบความสัมพันธ์ระหว่าง G และ U ได้ เมื่อทราบ U ก็
สามารถหาเส้นผ่านศูนย์กลางได้จากสูตร

$$U = 2\pi b \sin \theta^*$$

$$b = U / 2\pi \sin \theta^*$$

b : รัศมีของ Feed-Aperture หน่วยของ b เป็นความยาวคลื่น เส้นผ่านศูนย์กลาง
กลางของ Feed-Aperture $= 2b\lambda$

3.10.4 step 4 primary feed location



รูปที่ 18 Beam deviation factor with mean reflector
illumination of (a) -10dB and (b) -6dB

จากรูปเราสามารถหาค่า Beam deviation Factor (b_{df}) ได้

3.10.5 Test for feed-apering

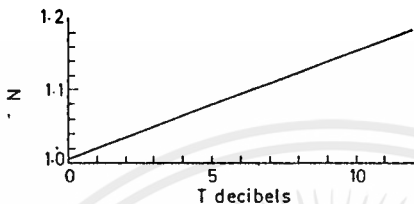
จาก step 3-4 ค่าต่างๆ หากทดสอบแล้วไม่ได้ สามารถที่จะเปลี่ยนใหม่ได้
ซึ่งสามารถเปลี่ยนจนการทดสอบได้ผลที่พอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.6 Outline electrical performance

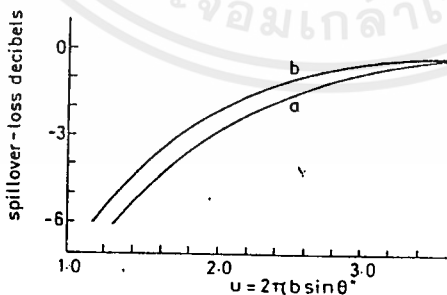
ค่าออฟเพอร์มิตีวัดที่หาได้จาก

$$\Psi_{on} = (N\pi) / d$$



รูปที่19 Beamwidth factor N as a function of reflector illumination taper

จากรูปเมื่อเรารู้ค่าเทเปอร์ T เราสามารถหาค่า Beamwidth factor N ซึ่งนำไปหาค่า half-power Beamwidth ได้ ซึ่งในการกำหนดมุม θ^* จะกำหนดไม่เกิน 45 ค่าการสูญเสียการล้นจาน (Spillover loss) และค่าครอสโพลาไรเซชันของสายอากาศสนามระยะไกล (Far-field) สามารถหาได้จากรูป 2 รูป ดังนี้

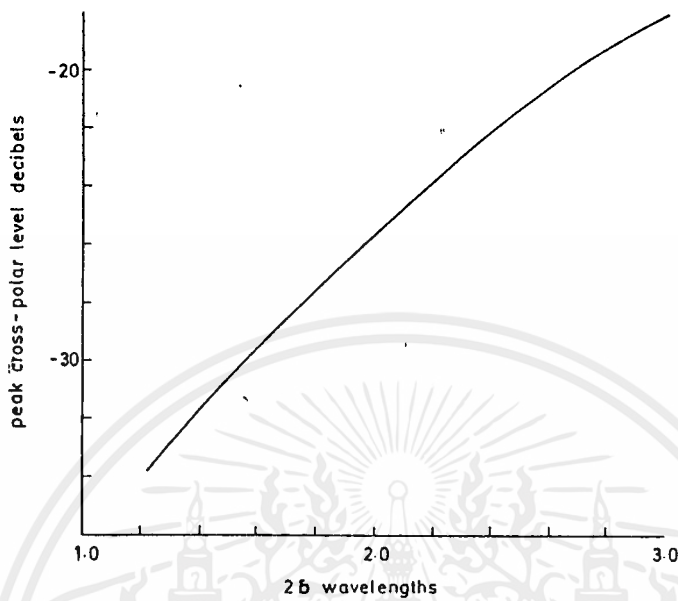


รูปที่20 Fees spillover loss

(a) Hybrid mode or dual mode feed

(b) Fundamental mode conical feed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (circularly polarized) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 Computed radiated crosspolar peak offset reflector antenna with θ_0 value in range 40-50 value in the range 30-35 when fed by circularly polarized fundamental mode conical horn of diameter 2B

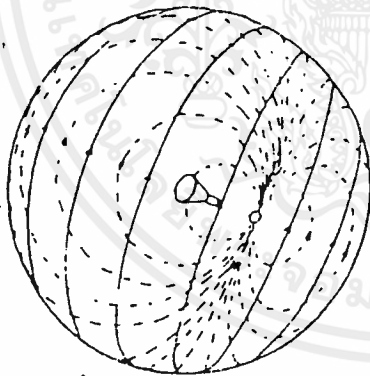
ในการออกแบบออฟเซตรีเฟลคเตอร์ มุมออฟเซตที่เรากำหนดให้เขียนกราฟ นั้นมีค่า 35-45 และมุม θ_0 มีค่า 30-35

บทที่ 4

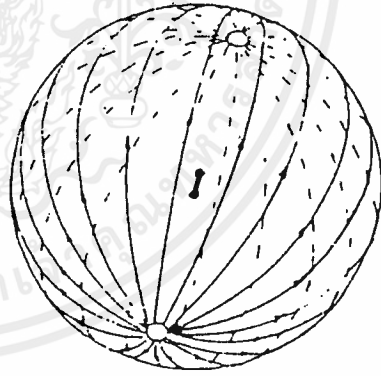
การออกแบบฟีดฮอร์น (Feed horn Design)

ในปี ค.ศ.1960 ได้มีการนำเอาฟีดฮอร์น (Feed Horn) มาใช้งานแทนไดโพล (Dipole) ทั้งนี้เพราะว่า คุณสมบัติบางประการของไดโพล คือ เมนบีม (Main Beam) ใน E-plane กับ H-plane แตกต่างกันมาก และถ้าไปพิจารณาทางด้านคุณสมบัติของโพลาไรซ์ (Polarization characteristic) ของรีเฟลคเตอร์แอนเทนน่า (Reflector Antenna) จะมีข้อจำกัดลงไปอีก ดังแสดงตามรูปที่ 4.1

IDEAL FEED POLARIZATION



(a)



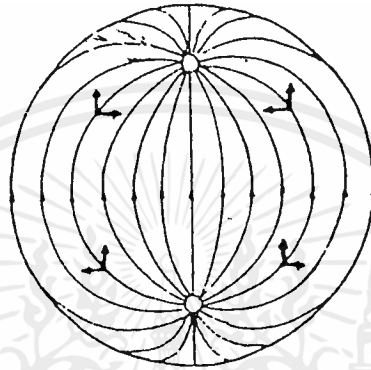
DIPOLE POLARIZATION

(b)

รูปที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติโพลาไรซ์ของรีเฟลคเตอร์แอนเทนน่า

(a) โพลาไรซ์ของไอเดียลฟีด (Ideal Feed Polarization)
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก (b) โพลาไรซ์ของไดโพล (Dipole Polarization) การนำไปใช้

คลื่นที่สะท้อนออกมาจากไอเดียลฟีด (Ideal Feed) จะมีทิศทางเดียว แต่ถ้าเป็นไดโพล (Dipole) คลื่นที่สะท้อนออกมาจะมีส่วนประกอบของครอสโพลาไรซ์ (Cross Polarized) ออกมา ซึ่งมีโพลาไรซ์ออกมา 2 ทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.2

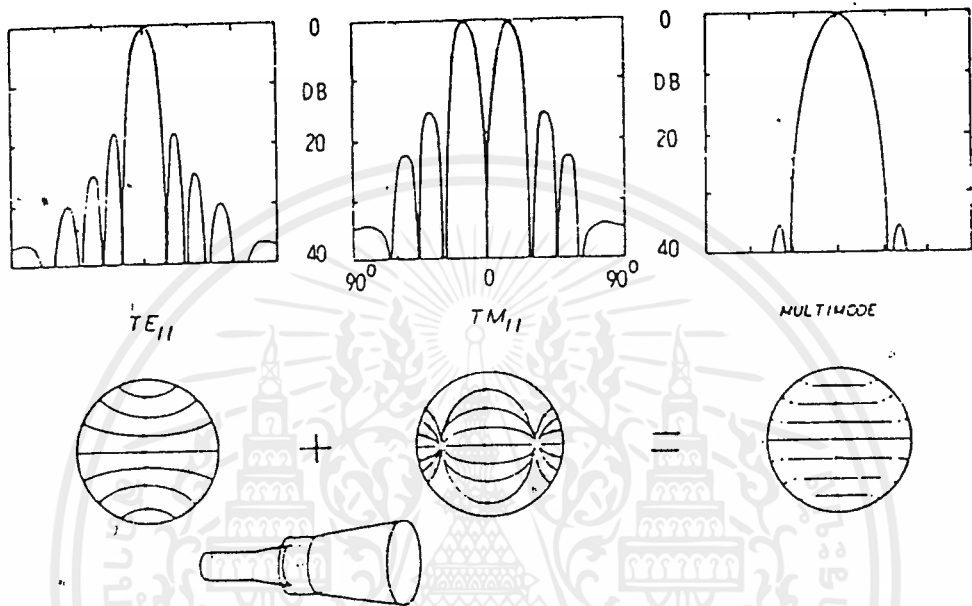


DEEP DISH APERTURE FIELD

รูปที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติโพลาไรซ์ ของดิฟดิชอเพอร์เจอร์ฟิวส์ (Deep Dish Aperture Field)

ต่อมาเมื่อผู้ค้นพบว่า ถ้าเอาอิเล็กตริกไดโพล (Electric Dipole) มารวมกับ แมกเนติก (Magnetic Dipole) จะเกิดการรวมกันของครอสอิเล็กตริกไดโพล (Crossed Electric Dipole) และสามารถปรับจนกระทั่งการแพร่กระจายคลื่นในแนว ครอสโพลาไรซ์ หมดไป

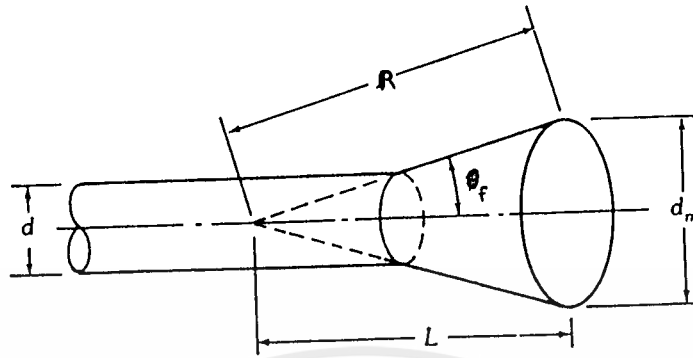
จากหลักการนี้เราสามารถทำได้โดยปล่อยคลื่น $TE_{1,1}$ mode เข้าไปในโคนิคอนฮอร์น (Conical Horn) โดยให้บริเวณต้นคอของฮอร์น มีเส้นผ่าศูนย์กลางเปลี่ยนแปลง ผลจากการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้มี โดมิแนนท์โหมด (Dominant Mode) ขึ้นมาอีกอัน คือ $TN_{1,1}$ mode ซึ่งถ้าทั้ง 2 โหมด นี้รวมกันอย่างถูกต้องจะทำให้เกิดการแพร่กระจายคลื่นในแนว E-plane ใกล้เคียงกับ H-plane และยังสามารถลด ไซด์โลบที่เกิดในแนว E-plane ลงได้อีกด้วย ซึ่งจะ เป็นผลดีในการแพร่กระจายคลื่นที่ออกมาจาก ฟีดฮอร์น ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถที่จะแสดงในรูปที่ 4.3



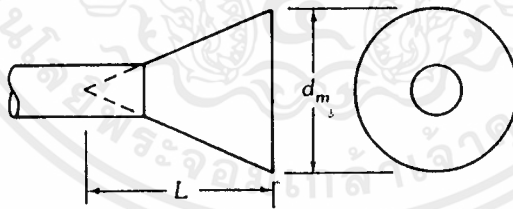
รูปที่ 4.3 แสดง แพทเทิร์น การแพร่กระจายคลื่นในแนว E-plane ของแต่ละโหมด และผลจากการรวมโหมดทั้ง 2 เข้าด้วยกัน

สำหรับปริภูมิตวินนี้ ในการออกแบบระบบเปิด จะใช้ ฟีดฮอร์น แบบ เซอคูลาร์ (Circular Horn) ซึ่งการออกแบบรูปร่าง มีความกว้าง-ยาว, รัศมีที่ อเพอร์เจอร์ และมุมของฮอร์น ที่ทางออกว่าต้องให้ที่องศา แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบสามมิติ



แบบสองมิติ

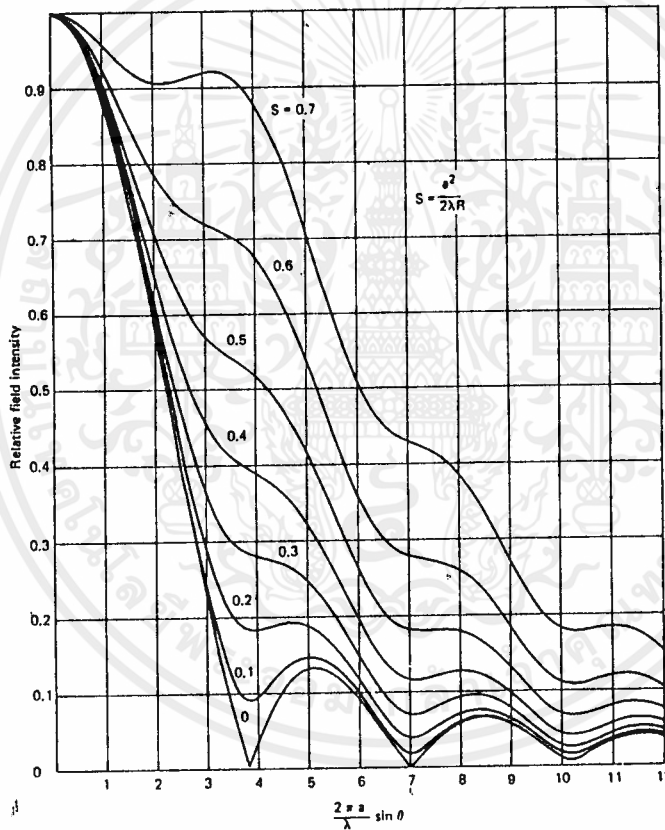
รูปที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของ ฟีดฮอร์น แบบ เชอคูลาร์ (Circular Horn)

ในแบบสามมิติและสองมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนการออกแบบของ เชอคูเลอ ฮอร์น ทำได้ดังนี้

- 1) พิจารณาค่ามุม θ_c ที่แผ่จากจุดโฟกัส (Focus) ไปที่ปากขอบของจาน
- 2) กำหนดค่า ปีมวิท (Beamwidth) ที่ต้องการ เช่น 3 dB หรือ 10 dB
- 3) พิจารณาพารามิเตอร์ S (Quadratic Phase Distribution) จากค่า $2\pi a/\lambda \sin \theta_c$ โดยพิจารณาตามกราฟและแสดงออกมาเป็นตาราง ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.5



E-plane universal pattern of a circular horn, TE_{11} mode. (Source: T. Milligan, "Universal Patterns Ease Circular Horn Design," *Microwaves*, vol. 20, no. 3, March 1981, p. 84.)

(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Circular-Horn Beamwidths, TE₁₁ Mode

S	Beamwidth level				ATL + PEL, dB
	3 dB		10 dB		
	E plane	H plane	E plane	H plane	
	Location	$\frac{2\pi a}{\lambda} \sin \theta$	Location	$\frac{2\pi a}{\lambda} \sin \theta$	
0	1.6163	2.0376	2.7314	3.5189	0.77
0.04	1.6175	2.0380	2.7368	3.5211	0.80
0.08	1.6212	2.0391	2.7536	3.5278	0.86
0.12	1.6273	2.0410	2.7835	3.5393	0.96
0.16	1.6364	2.0438	2.8296	3.5563	1.11
0.20	1.6486	2.0477	2.8982	3.5799	1.30
0.24	1.6647	2.0527	3.0024	3.6115	1.54
0.28	1.6855	2.0592	3.1757	3.6536	1.82
0.32	1.7123	2.0676	3.5720	3.7099	2.15
0.36	1.7471	2.0783	4.6423	3.7863	2.53
0.40	1.7930	2.0920	5.0492	3.8933	2.96
0.44	1.8552	2.1100	5.3139	4.0504	3.45
0.48	1.9441	2.1335	5.5375	4.2967	3.99
0.52	2.0823	2.1652	5.7558	4.6962	4.59
0.56	2.3435	2.2089	6.0012	5.2173	5.28
0.60	3.4329	2.2712	6.3500	5.6872	5.98
0.64	4.3656	2.3652	7.6968	6.0863	6.79
0.68	4.8119	2.5195	8.4389	6.4622	7.66
0.72	5.1826	2.8181	8.8519	6.8672	8.62

(b)

รูปที่ 4.5 แสดงยูนิเวอร์แซลแพทเทิร์น และตารางบีมวิท ของ เชอคูลาร์ฮอร์น

(a) ยูนิเวอร์แซลแพทเทิร์น (Universal Pattern) ของ เชอคูลาร์ฮอร์น (Circular Horn)

(b) ตารางบีมวิท (Beamwidth) ของเชอคูลาร์ฮอร์น (Circular Horn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คำนวณหาค่าความยาวแนวเอียงของขอบ (R) ของเชอคูลาร์ฮอร์น (Circular Horn) จากความสัมพันธ์

$$S = a^2 / 2\lambda R$$

5) การหา เฟสเซ็นเตอร์ (Phase Center) ของ เชอคูลาร์ฮอร์น (Circular Horn) เพราะว่า เชอคูลาร์ฮอร์น ถูกนำมาใช้ในระบบออฟเซ็ท รีเฟรคเตอร์ แอนเทนน่า โดยตัวเชอคูลาร์ฮอร์น จะทำหน้าที่เป็นตัวปิดให้แก่ระบบ ดังนั้นเราต้องศึกษาเกี่ยวกับจุดเฟสเซ็นเตอร์ ของ เชอคูลาร์ฮอร์น ในที่นี้จะหาค่าจากตารางที่แสดงในรูปที่ 4.6 ได้เลย โดยก่อนอื่นจะต้องรู้พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

- 5.1) ค่า S (Quadratic Phase Distribution)
- 5.2) รัศมีของอเพอเจอร์
- 5.3) ความยาวแนวเอียงของขอบ (R)

Phase Center Axial Location of a Circular-Waveguide Horn (TE₁₁ Mode) behind the Aperture as a Ratio of the Slant Radius

S	H-plane L_{ph}/R	E-plane L_{pe}/R	S	H-plane L_{ph}/R	E-plane L_{pe}/R
0	0	0	0.28	0.235	0.603
0.04	0.0046	0.012	0.32	0.310	0.782
0.08	0.018	0.048	0.36	0.397	0.801
0.12	0.042	0.109	0.40	0.496	0.809
0.16	0.075	0.194	0.44	0.604	0.836
0.20	0.117	0.305	0.48	0.715	0.872
0.24	0.171	0.441			

รูปที่ 4.6 แสดงตารางความสัมพันธ์ของค่า S กับอัตราส่วนระยะเฟสเซ็นเตอร์ต่อ

ความยาวแนวเอียงของขอบ
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

- กำหนดความถี่ที่ใช้รับสัญญาณเท่ากับ 11.5GHz คำนวณหาค่าความยาวคลื่น

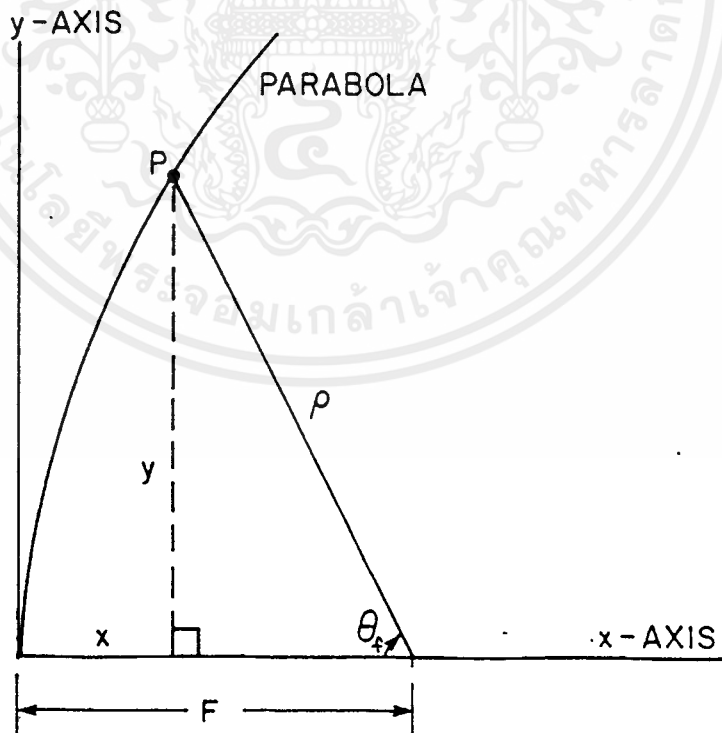
$$\text{จากความสัมพันธ์ } \lambda = c/f$$

$$\text{จะได้ } \lambda = 2.59 \text{ cm.}$$

- วัดเส้นผ่านศูนย์กลางจาน ได้ 120 cm.

วัดความลึกของจาน ได้ 25 cm.

แสดงรูปของจานออฟเซ็ทในระนาบ 2 มิติ (แกน xy)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปหาระยะโฟกัสจากความสัมพันธ์

$$y^2 = 4Fx$$

แทนค่า $y = 60$, $x = 25$ จะได้ $F = 36$ cm.

- คำนวณหามุมที่แผ่จากจุดโฟกัสไปหาขอบจาน

จากความสัมพันธ์ $\theta_f = \tan^{-1} y/(F-x)$

จะได้ $\theta_f = 79.6$ องศา

- กำหนดปริมของขนาดสัญญาณที่ขอบจาน ในที่นี้กำหนดขนาดสัญญาณที่ขอบจานมีค่าเท่ากับ -10 dB

- คำนวณหารัศมีของปากฮอร์น (a)

โดยอาศัยความสัมพันธ์

$$\text{HPBW} = 2\sin^{-1} 0.4429\lambda / a$$

และ

$$BW_1/BW_2 = (\text{Level}_1/\text{Level}_2)^{1/2}$$

ให้ $BW_1 = \text{HPBW}$ ซึ่งมี $\text{Level}_1 = -3$ dB และ $BW_2 = \theta_f$ ซึ่งมี $\text{Level}_2 = -10$ dB

จากนั้นคำนวณหาค่า a ได้เท่ากับ 3.1 cm.

- คำนวณหาความยาวแนวเอียงของขอบ (R)

โดยหาค่าของ $2\pi a/\lambda \sin\theta$ (ซึ่ง $\theta = \theta_f/2$)

จะได้ $2\pi a/\lambda \sin\theta = 4.766$

เมื่อพิจารณาจากกราฟและตารางที่แสดงในรูปที่ จะประมาณค่า $S = 0.37$

(คิดในระนาบ E-plane)

และจากความสัมพันธ์ $S = a^2/2\lambda R$

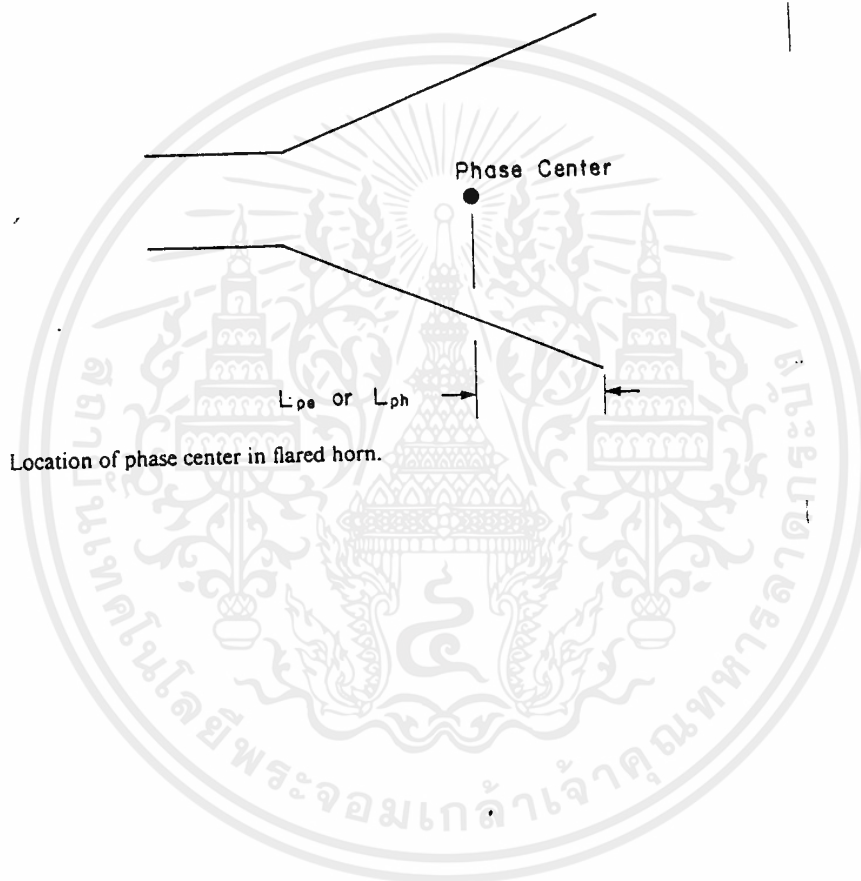
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณหาดำแหน่งเฟสเซนเตอร์

โดยอาศัยตารางที่แสดงที่ในรูปที่ 4.6

$S = 0.37$ จะได้ $L_{pc}/R = 0.8$ (คิดที่ระนาบ E-plane)

เพราะฉะนั้น $L_{pc} = 4$ cm. คือ ตำแหน่งเฟสเซนเตอร์ มีระยะห่างจากปากฮอร์นประมาณ 4 cm. ซึ่งแสดงตำแหน่งของเฟสเซนเตอร์ในรูปที่ 4.7



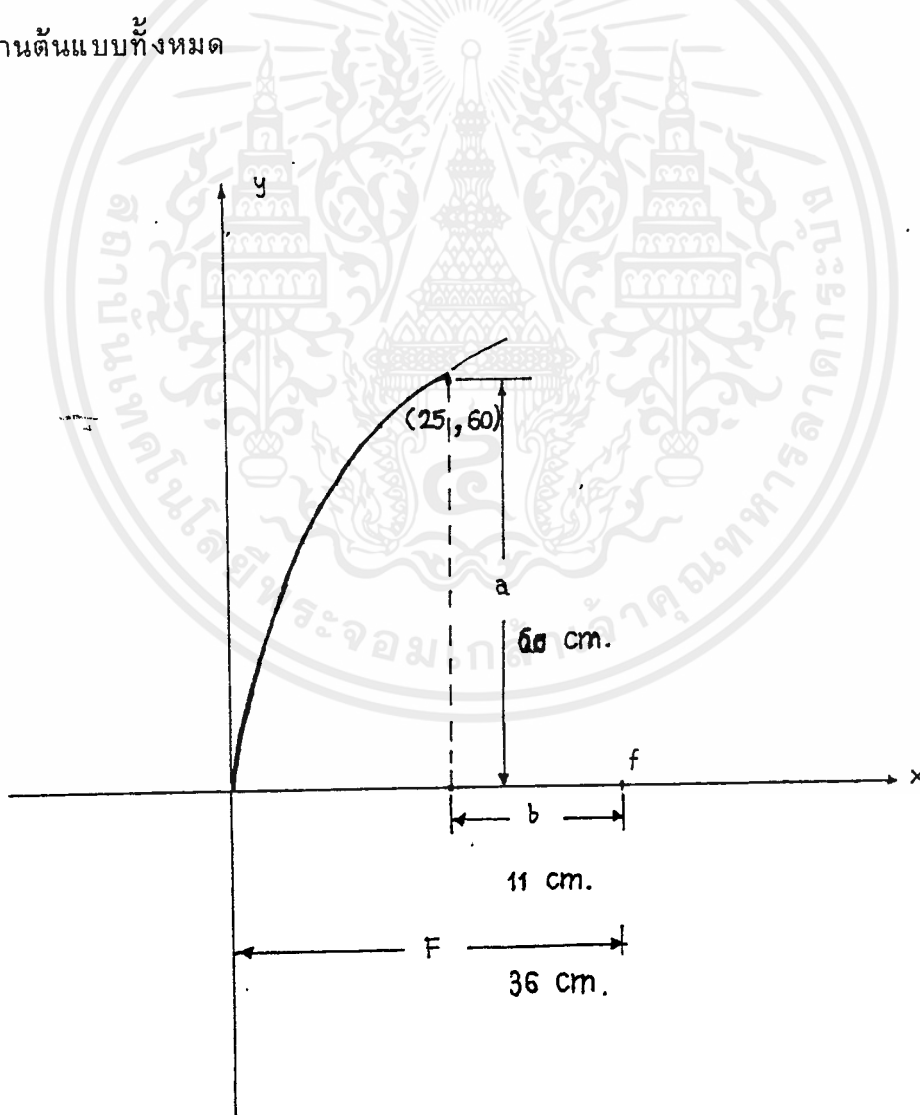
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการสร้างจานออฟเซตและ FEED HORN

5.1 การออกแบบสายอากาศออฟเซตรีเฟลคเตอร์

การออกแบบออฟเซตรีเฟลคเตอร์ ทำได้โดยที่เรามีจานต้นแบบเป็นจานพาราโบลาที่มีการผิดจากด้านหน้า เส้นผ่าศูนย์กลางของจานมีค่าเท่ากับ 120 เซนติเมตร ความยาวโฟกัสเท่ากับ 36 เซนติเมตร เราจึงกำหนดขนาดของ Project aperture ของ offset reflector ให้มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของจานต้นแบบคือเท่ากับ 90 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการหาจุด focus สำหรับติดตั้งตัว feeder จากนั้นจึงทำการกำหนดค่ามุม θ^* จากมุมที่รองรับ จากนั้นจึงทำการกำหนดจานต้นแบบทั้งหมด



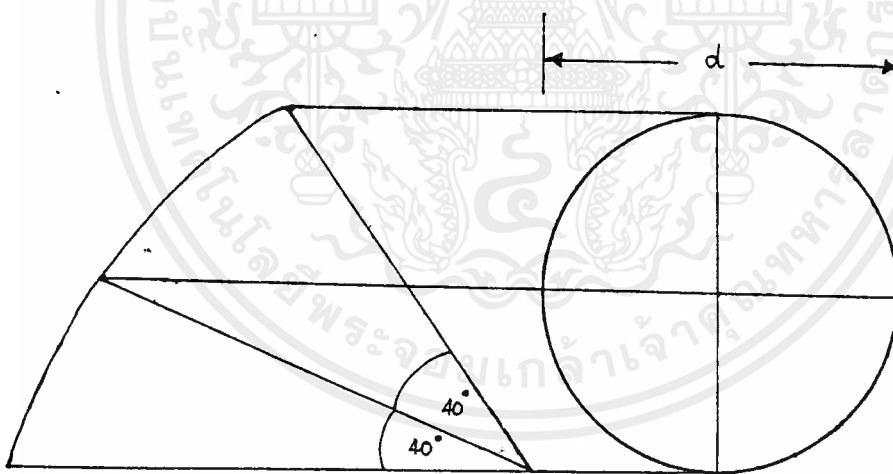
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1 ลักษณะทางเรขาคณิตของจานต้นแบบ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่1 หามุมที่รองรับจานต้นแบบทั้งหมดเพื่อใช้ช่วยในการกำหนดมุมต่างๆ ของออฟเซทรีเฟรคเตอร์ (มุมที่รองรับทั้งหมด คือมุมจากจุดโฟกัสถึงกลางจานและขอบจาน)

จากสมการพาราโบลา $y^2 = 4fx$ เราจะได้จุดโคออร์ดิเนตของขอบจานในแนว x โดยแทนค่า $y = 60$ และ $f = 36$ ลงในสมการพาราโบลา จะได้ค่า $x = 25$

จากรูปที่1 เราจะได้ค่า $a = 120/2 = 60$ cm และ $b = 36 - 25 = 11$ cm ดังนั้นจะได้มุมรองรับทั้งหมด (θ) ดังนี้

$$\theta = \arctan(a/b) = 79.6$$



รูปที่2 รูปทรงทางเรขาคณิตของออฟเซทรีเฟรคเตอร์ที่ออกแบบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การหล่อจานต้นแบบและงานจริง

ในการออกแบบสร้างงานนี้ได้ใช้จาดต้นแบบพาราโบล่าซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร และได้มีการออกแบบขนาดของจานออฟเซตให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอเพอร์เจอร์เท่ากับ 0.60 เมตร จากนั้นทำการฉายอเพอร์เจอร์ซึ่งเป็นพื้นที่วงกลมลงบนจาดต้นแบบซึ่งเราจะได้จาดที่ต้องการเป็นรูปวงรี จากนั้นจึงทำการสร้างจาดตามรูปทรงและขนาดของวงรีที่ได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างบล็อกบนจาดตามเส้นที่ได้มีการฉายลงไป
2. ทำการหล่อไฟเบอร์ลงไปบนบล็อกดังกล่าว จากนั้นรอให้ไฟเบอร์แข็งตัวแล้วจึงทำการหล่อทับลงไปอีก ทำเช่นนี้หลายๆครั้งจนกว่าตัวต้นแบบของเราจะหนาพอ (ประมาณ 2 เซนติเมตร) จากนั้นรอให้แห้งสนิทแล้วจึงแกะไฟเบอร์ออก ก็จะได้ตัวต้นแบบที่มีผิวด้านหลังโค้งเป็นพาราโบล่าเหมือนจาดต้นแบบ
3. นำตัวต้นแบบที่ได้ไปทำการหล่อไฟเบอร์ทับทางด้านหลังเพื่อให้ได้จาดที่จะนำไปใช้งานจริง
4. เมื่อไฟเบอร์แห้งสนิทแล้วก็จะทำการแกะออกจากตัวต้นแบบ ซึ่งจะได้จาดออฟเซตพาราโบล่าที่มีรูปร่างและขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้
5. เมื่อได้จาดออฟเซตหน้าเทปอลูมิเนียมที่มีคุณสมบัติการสะท้อนดีครอบจาดเพื่อให้จาดสามารถสะท้อนคลื่นได้

บทที่ 6

การจัดเตรียมการทดลองและผลการทดลอง

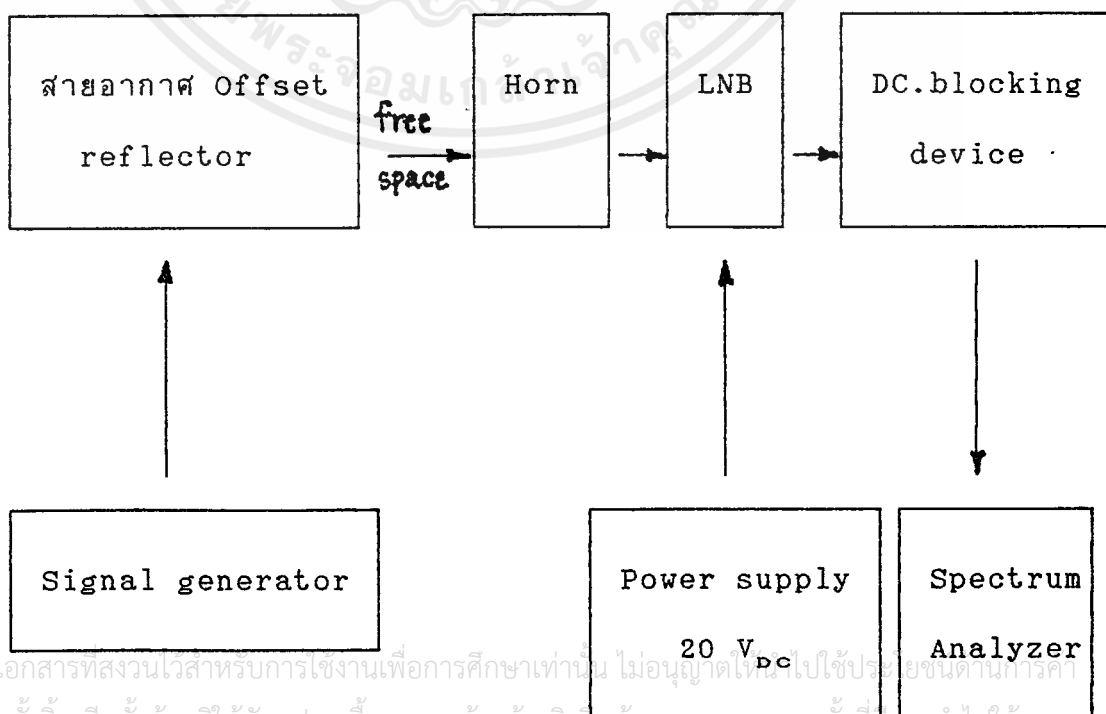
6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. Signal generator ย่านความถี่ 11.6 GHz
2. สาย Coaxial ชนิด Low loss
3. สายอากาศแบบ Offset reflector parabolic ย่านความถี่ 11.6 GHz
4. Horn สำหรับรับสัญญาณย่านความถี่ 11.6 GHz
5. Low Noise Block Amplifier (LNB) ซึ่งใช้สัญญาณอินพุทในย่านความถี่

Ku band และให้สัญญาณเอาต์พุทในย่านความถี่ 950-1450 MHz

6. Power Supply 20 V_{DC}
7. DC.blocking device (capacitor)
8. Spectrum analyzer
9. อุปกรณ์หมุนสายอากาศเพื่อวัดแพทเทิร์น
10. Network analyzer.

6.2 Block diagram ในการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



จาก block diagram เป็นการต่ออุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งทางด้านส่งจะประกอบด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal generator) ย่านความถี่ 11.6 GHz และสายอากาศ Offset Reflector Parabolic ซึ่งจะใช้เป็นสายอากาศส่ง ระยะทางที่ใช้ในการรับสัญญาณที่ส่งมาจากด้านส่ง (ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าระยะ far field สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$R \gg 2D^2/\lambda$$

โดย R : ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับ (far field)

D : Efficiency Length ของสายอากาศ Offset Reflector
(60 cm)

λ : ความยาวคลื่นของความถี่ 11.6 GHz

ดังนั้นเราจะได้ระยะ far field เท่ากับ 27.84 เมตร

สำหรับทางด้านรับจะใช้ Horn เป็นสายอากาศ ซึ่งต่ออยู่กับ LNB (ต้องการไฟเลี้ยงจึงต้องต่อกับ Power supply 20 V_{DC}) สำหรับ LNB นั้น ภายในจะประกอบด้วยวงจร Mixer และวงจร Amplifier ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณความถี่ในย่าน Ku band เป็นสัญญาณความถี่ย่าน IF (950-1450 MHz) แล้วทำการขยายสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับ Spectrum analyzer ให้รับสัญญาณในย่านความถี่ IF ไว้ จากนั้นสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของ LNB จะถูกส่งผ่าน DC Blocking Device ก่อนที่จะเข้า Spectrum Analyzer เพื่อป้องกันมิให้ไฟ DC เข้าไปใน Spectrum Analyzer อันจะทำให้ Spectrum Analyzer เกิดความเสียหายได้

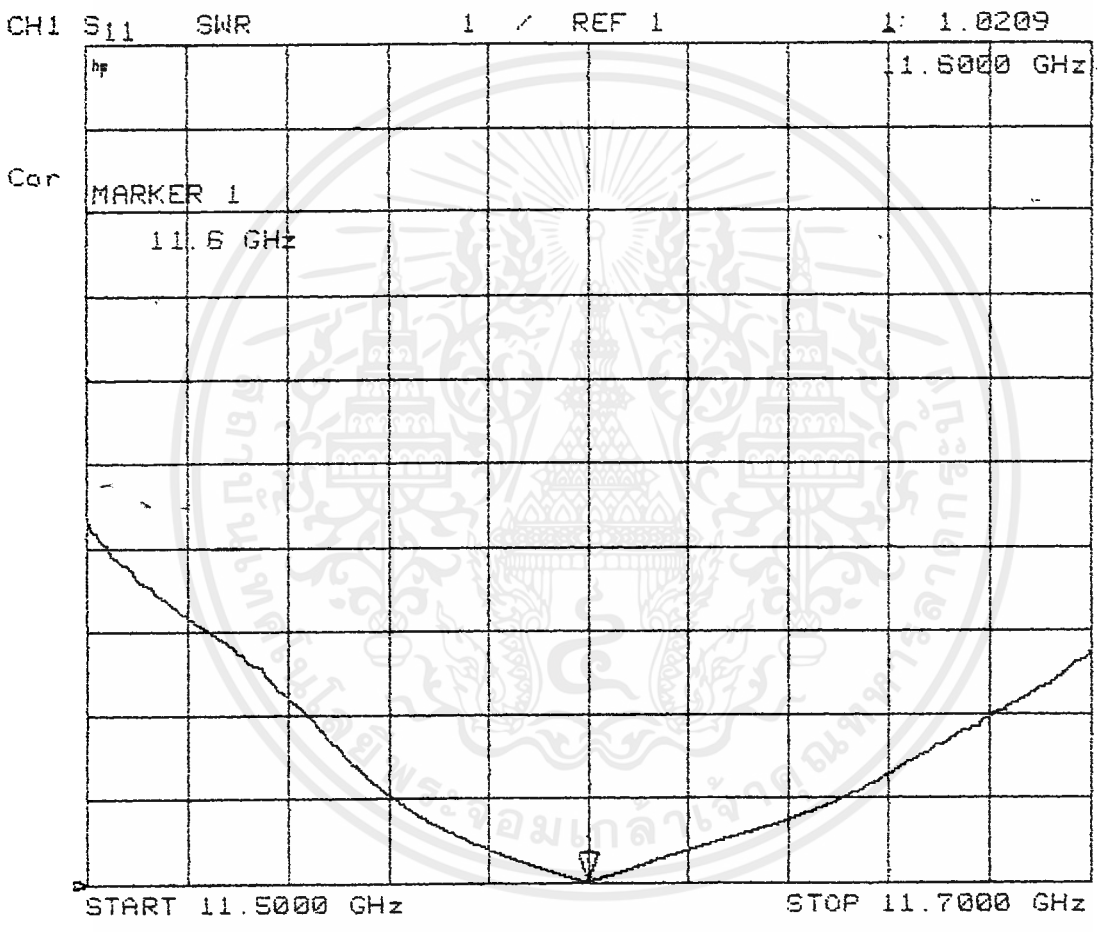
6.3 ขั้นตอนการทดลอง

สำหรับการทดลองนั้นจะเป็นการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายอากาศ Offset Reflector Parabolic ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

6.3.1 การวัด VSWR ของสายอากาศ ขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับ matching ของสายอากาศ ซึ่งหากสายอากาศมีการ matching ที่ดีแล้วก็จะสามารถกระจายกำลังงานของคลื่นได้ดี ประสิทธิภาพของสายอากาศก็ดีขึ้นไปด้วย การวัด VSWR ของสายอากาศ ทำได้โดยต่อสายอากาศเข้ากับ Network Analyzer แล้วทำการปรับตำแหน่งและมุมเงยของ Horn ส่ง สำหรับการ matching ที่ดีของสายอากาศนี้จะต้องมีค่า VSWR อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.5

6.3.2 การวัด Radiation Pattern ของสายอากาศ ขั้นตอนนี้จะเป็นการวัด Pattern ในการกระจายคลื่นของสายอากาศ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความมีทิศทาง (Directivity) , ค่าเกน (Gain) ของสายอากาศ , ค่า Front-to-Back Ratio ตลอดจนนำไปพิจารณาทิศทางของบีมหลัก (main beam) ของสายอากาศด้วย สำหรับการวัด Radiation Pattern นั้นทำได้โดยการจัดอุปกรณ์ตาม Block Diagram นั้นทำได้โดยจัดอุปกรณ์ตาม Block Diagram (ในหัวข้อ 6.2) แล้วทำการหมุนสายอากาศส่งทีละ 5 องศา จนครบ 360 องศา ส่วนทางด้านรับก็จะทำการอ่านค่าของสัญญาณที่รับได้ทุกๆครั้งที่สายอากาศส่งหมุนไป 5 องศา จากนั้นนำค่าที่อ่านได้ไป plot ลงใน Radiation Pattern Chart ซึ่งเราจะได้ Radiation Pattern ของสายอากาศส่งออกมา สำหรับการวัด Radiation Pattern นั้น จะต้องทำการวัดสายอากาศทั้งในแนว Vertical และ Horizontal เสมอ

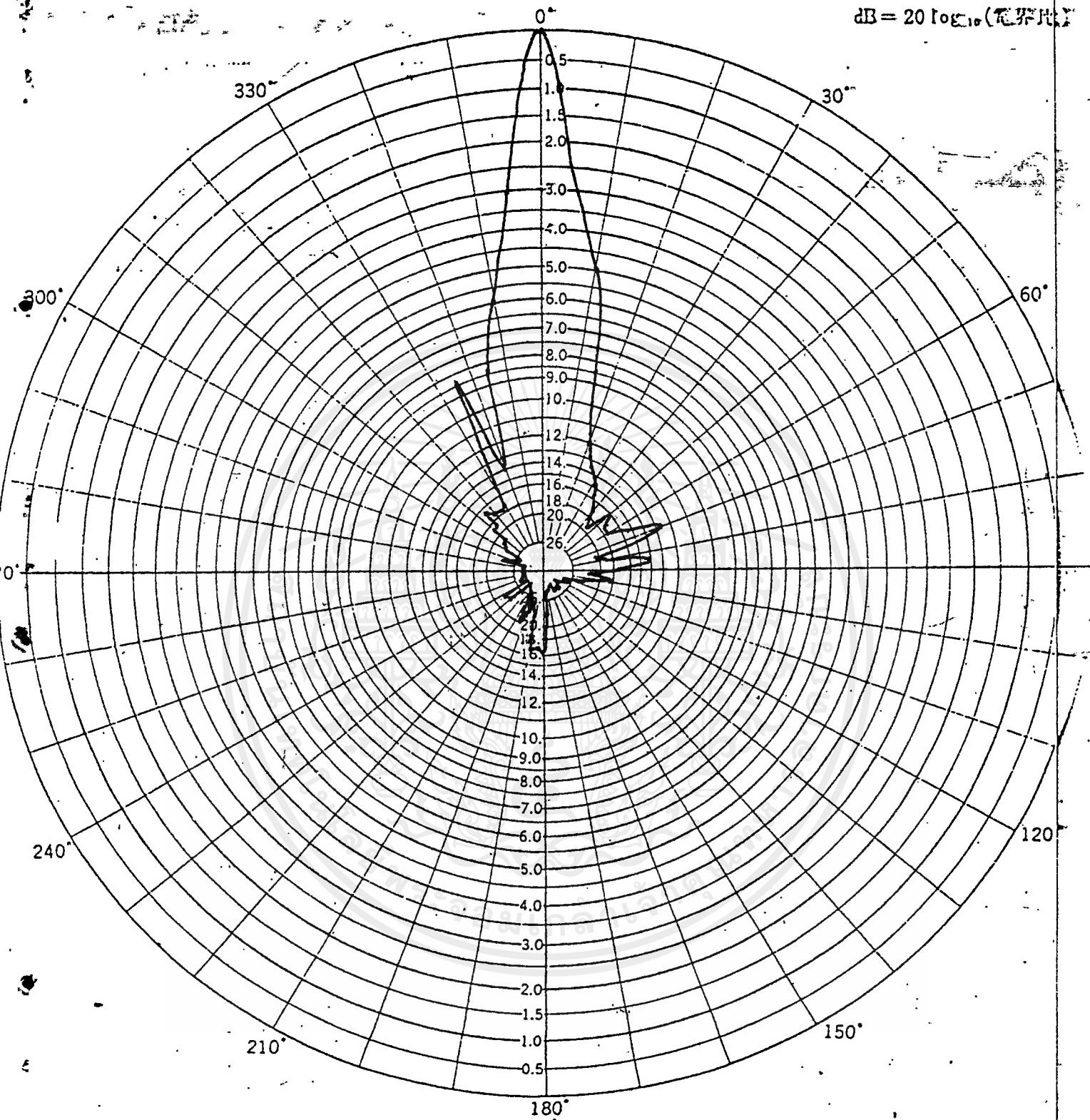
6.4 ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d B 目盛極座標
FAR FIELD (VERTICAL)

$dB = 20 \log_{10}(\text{電界比})$



		訂正欄	
		昭和 年 月 日	
		BSS	
		番	
認	設計	製図	写図
検	名称		
図	日本放送協会		
	尺	度	水平指向性

จาก Radiation Pattern เราจะได้ค่ามุม Half-Power Beamwidth ในแนว Horizontal (θ_H) เท่ากับ 10 องศา และ ในแนว Vertical เท่ากับ 10 องศา ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าความมีทิศทาง Directivity ได้จาก

$$\begin{aligned} D &= 41,253 / \theta_v \cdot \theta_H \\ &= 41,253 / 10 \cdot 10 \\ &= 412.53 \\ &= 26 \text{ dB}_1 \end{aligned}$$

และสามารถคำนวณค่าเกน (Gain) ได้จาก

$$\begin{aligned} G &= 30,000 / \theta_v \cdot \theta_H \\ &= 30,000 / 10 \cdot 10 \\ &= 300 \\ &= 24.8 \text{ dB}_1 \end{aligned}$$

ส่วนค่า Front-to-Back ratio (FBR) สามารถคำนวณได้จากการนำค่าระดับความแรงของสัญญาณที่สายอากาศรับได้ที่ 0 องศา ลบด้วยค่าระดับความแรงของสัญญาณที่สายอากาศรับได้ที่ 180 องศา

$$\begin{aligned} \text{FBR ในแนว HOR} &= 0 - (-8.5) \\ &= 8.5 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FBR ในแนว Ver} &= 0 - (-16.3) \\ &= 16.3 \text{ dB} \end{aligned}$$

บทที่ 7

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

7.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. สายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic มีอัตราขยาย (Gain) สูงกว่าสายอากาศแบบ parabola ที่มีขนาดความยาวของ effective Length เท่ากัน อันเนื่องมาจากสายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic นั้นมีการวางตำแหน่งของตัว Feed Horn ที่ไม่บังทางเดินของคลื่น ทำให้ลดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการบังทางเดินของคลื่น (Blocking Loss) อีกทั้งอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดตัว Feed Horn ก็ไม่บังทางเดินของคลื่นเช่นเดียวกัน ทำให้ลดการสูญเสียเนื่องจากการแตกกระจายของคลื่น (Scattering Loss)

2. การเปรียบเทียบอัตราขยาย (Gain) ระหว่างสายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic กับสายอากาศแบบ Parabolic สามารถเปรียบเทียบได้ โดยการคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$G(\text{dB}) = 10 \log n (\pi D / \lambda)^2$$

โดย n ของสายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic = 0.85

n ของสายอากาศแบบ Parabolar Reflector Parabolic =

0.55

ดังนั้นถ้าสายอากาศทั้งสองชนิดมี Effective Length เท่ากันและใช้ที่ความถี่เดียวกันแล้ว สายอากาศแบบ Offset จะมี Gain สูงกว่าสายอากาศแบบ Parabola

3. สายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic มี Side Lobe ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ Main Lobe อันเนื่องมาจากมีการลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการบังทางเดินของคลื่น (Blocking Loss) และการแตกกระจายของคลื่น (Scattering Loss)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
4. สายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic มีค่า Half Power

Beamwidth (HPB) ค่อนข้างแคบ ดังนั้นถ้าหากเราหันบีมหลัก (Main Beam) ไปยังสถานที่ส่งสัญญาณเช่นดาวเทียมแล้วโอกาสที่สายอากาศจะรับ Noise เข้ามาในบีมหลัก (Main Beam) เข้ามาในบีมหลักจะมีน้อยมาก

5. สายอากาศแบบ Offset Reflector Parabolic สามารถปรับ Mutual Coupling ได้ง่าย โดยการต่อสายอากาศเข้ากับ Spectrum Analyzer และกำหนดตำแหน่งของ Feed Horn ให้อยู่ที่จุด Focus ของตัวสะท้อนคลื่น (Focus) จากนั้นทำการปรับมุมก้มเงยของ Feed Horn จนกว่าสายอากาศจะเกิดการ Matching (ค่า VSWR อยู่ระหว่าง 1.0-1.5) ณ ตำแหน่งนี้สายอากาศจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด

6. อัตราขยายของสายอากาศ (Gain) ในทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$G(\text{dB}) = 10 \log \eta (\pi D / \lambda)^2$$

ซึ่งเมื่อใช้ $D = 60 \text{ cm}$, $\eta = 0.85$, $f = 11.6 \text{ GHz}$ ค่า Gain ที่ได้ จะเท่ากับ

$$G(\text{dB}) = 36.5 \text{ dB}_1$$

สำหรับในทางปฏิบัติเราสามารถคำนวณอัตราขยาย (Gain) ของสายอากาศได้จากสูตร

$$G(\text{dB}) = 10 \log 30,000 / \theta_{\text{HPB}}^2$$

จะได้ค่าอัตราขยาย (Gain) เท่ากับ

$$G(\text{dB}) = 24.8 \text{ dB}_2$$

จะเห็นว่าอัตราขยายในทางปฏิบัติจะต่ำกว่าในทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในการวัด Radiation Pattern ได้ทำการหมุนสายอากาศส่งทีละ 5 องศา ทำให้ Radiation Pattern ที่ได้ไม่ค่อยละเอียดนัก ค่า Half Power Beamwidth (HPB) ที่วัดได้อาจจะมีค่ามากกว่าความเป็นจริง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าอัตราขยาย (Gain) ของสายอากาศมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นควรหมุนสายอากาศส่งในแต่ละครั้งให้น้อยกว่า 5 องศา ซึ่งจะทำให้ได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด
2. สถานที่ที่ใช้ในการวัด Radiation Pattern นั้นไม่ใช่ Free Space อย่างแท้จริง เนื่องจากมีสิ่งกีดขวาง (obstacle) เช่น ดิถุ อาคาร อยู่ใกล้บริเวณที่วัด Radiation Pattern ที่ให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ดังนั้นจึงควรวัด Radiation Pattern ในบริเวณที่เป็นที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆใกล้บริเวณนั้น ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด
3. เนื่องจากพื้นผิวของตัวสะท้อนคลื่น (Reflector) ไม่เรียบนัก อันเนื่องมาจากกรรมวิธีในการหล่อตัวสะท้อนคลื่น ทำให้คุณสมบัติตัวสะท้อนคลื่นเลวลง ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงกรรมวิธีในการสร้างคลื่นให้ดีขึ้น
4. เนื่องจากระยะโพกัสของ Horn อาจคลาดเคลื่อนไปเล็กน้อย ซึ่งจะมีผลทำให้ผลของการวัดที่ได้มีความผิดพลาดจากความเป็นจริงไปบ้าง

เอกสารอ้างอิง

1. บัณฑิต วจน์อารายานนท์ "วิศวกรรมสายอากาศ" พิมพ์ครั้งที่ 2 ,สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2534
2. A.W. RUDGE W.MILINE, AND A.D. OLVER P.WNIGHT "HANDBOOK OF ANTENNA DESIGN" VOLUME1 PEREGRINUS LTD., LONDON, UW, 1982.
3. Modern Antenna Design, Thomas A. Milligan, Martin Marietta Denver Aerospace, McGraw-Hill, New York 1985.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆจากอาจารย์ท่านต่างๆเหล่านี้

1. อาจารย์สมผล โทศลวีตร
2. อาจารย์โมไนย ไกรฤกษ์
3. อาจารย์ณรงค์ เหมกรณ์
4. อาจารย์กิตติชัย พาณิชปฐมพงศ์

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ