การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับ สำหรับความถี่ 8 – 40 จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)

โดย

ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร Ph.D. (London, QMC)

ทับทิม อ่างแก้ว D.Eng. (Osaka)

โครงการวิจัยเลขที่ 52G-EE-2542

ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพมหานคร

เมษายน 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีความมุ่งหมายในการพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับ ย่านทดสอบแบบนี้มีความเหมาะสมสำหรับงานทดสอบสายอากาศที่ย่านความถี่สูงโดยไม่ใช้พื้นที่เพื่อการทดสอบมากมายเช่นการทดสอบในย่านทดสอบสนามไกลและไม่เสียเวลาในการทดสอบยาวนานมากเช่นย่านทดสอบสนามใกล้ โครงการในปีแรกนี้เน้นการศึกษาผลกระทบของการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนซึ่งชี้ให้เห็นขีดจำกัดล่างเชิงความถี่ ผลการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นการลดลงของผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนเมื่อความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นเพิ่มมากขึ้น ผลดังกล่าวก็เกิดขึ้นเช่นเดียวกันเมื่อเพิ่มความถี่ของกำลังคลื่นที่ใช้ ตัวสะท้อนที่สร้างขึ้นเพื่อสังเคราะห์คลื่นระนาบมีพื้นผิวที่คลาดเคลื่อนจากผิวที่ออกแบบจนทำให้คุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบไม่ดีเท่าที่ควร โดยสรุปจากผลการวัดแล้วย่านทดสอบแบบกระชับที่สร้างขึ้นตามข้อเสนอเท่าที่สามารถทำได้ในขอบเขตของโครงการปีที่ ๑ มีสมบัติดังนี้

ขนาดของบริเวณทดสอบ ๑ x ๑.๒ x ๐.๖ ม^{3}

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๕.๒๕ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ ๒๓.๒$^{\circ}$

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๒๓.๐๐ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๕.๓๙ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ ๒๔.๙$^{\circ}$

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๒๐.๙๗ dB

ผลดังกล่าวแสดงว่าย่านทดสอบที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ระดับหนึ่ง และมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเชิงการศึกษาและการฝึกอบรมเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

This project has its principal objective in developing a compact antenna test range. This type of test range is appropriate for antenna testing at high frequency range without the need of large test area as required by the far field test range, and test duration is not as long as that of the near field test range's. This first year project focuses on the study of the effects the test range reflector edge diffraction which determines the lower bound of the test range operating frequency. Results from simulation show that there is decrease of effects from the range reflector edge diffraction as the illumination taper is increased. The same occurs when the operating frequency is higher. The constructed reflector for plane wave synthesis has certain degree of surface profile deviation from the designed surface. Hence the test zone field wavefront quality is not so good. Results from quiet zone field probing of the developed compact antenna test range under the scope of the first year project can be summarised as follows

Test zone(Quiet zone) volume 1 x 1.2 x o.6 m^3

Maximum ripple of field amplitude distribution at 10 GHz is -5.25 dB

Maximum ripple of field phase distribution at 10 GHz is 23.2°

Maximum cross polarization level at 10 GHz is -23.00 dB

Maximum ripple of field amplitude distribution at 15.5 GHz is -5.39 dB

Maximum ripple of field phase distribution at 10 GHz is 24.9°

Maximum cross polarization level at 10 GHz is -20.97 dB

It is thus concluded that the developed test range is suitable for educational and training purposes only.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ 8 – 40 จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)** หากขาดกำลังกายและกำลังใจในการปฏิบัติหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยของบุคคลผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ ดร.ศุภเชษฐ์ เพิ่มพูนวัฒนาสุข นายสุรเชษฐ กอสิริขจร นายคทา สุวรรณวัฒน์ นายรชฎ ถาวรศิริ นายกุลธวัช ภูมิวงศ์พิทักษ์ และนายประเสริฐ จันวดี ทั้งหมดได้ร่วมกับผู้วิจัยผ่านอุปสรรคแปลก ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งโครงการลุล่วง หลายท่านมีส่วนร่วมในช่วงต้นจนถึงตอนกลาง หลายท่านช่วยเข็ญจากช่วงกลางจนเกือบปลายทาง ประเสริฐ จันวดี นับเป็นไม้สุดท้ายที่ทำให้ทุกอย่างรวมเล่มเป็นรายงานฉบับนี้ได้

นอกจากท่านเหล่านี้แล้วยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสำรวจที่กรุณาอนุเคราะห์กล้อง Theodolite เพื่อใช้ตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ ๑ บทนำ ๑

๑.๑ หลักการของย่านทดสอบแบบกระชับ ๒

๑.๒ วิวัฒนาการของย่านทดสอบแบบกระชับ ๓

๑.๓ วิธีดำเนินการวิจัย ๕

๑.๔ เค้าโครงของรายงานฉบับนี้ ๕

บทที่ ๒ การออกแบบย่านทดสอบ ๖

๒.๑ แนวคิดในการออกแบบย่านทดสอบ ๖

๒.๒ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ ๘

๒.๓ ผลกระทบของอัตราส่วนของระยะโฟกัสต่อขนาดของตัวสะท้อน (F/D) ที่มีต่อคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบ ๑๐

๒.๔ ระบบวัดและส่งสัญญาณย่านความถี่ ๘ – ๔๐ GHz ๑๖

บทที่ ๓ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อน ๑๘

๓.๑ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนด้วยทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต ๑๙

๓.๒ ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อน ๒๒

๓.๒.๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาไรเซชันร่วม ๒๒

๓.๒.๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาไรเซชันไขว้ ๕๑

๓.๓ บทวิจารณ์และสรุปผลการคำนวณ ๖๔

บทที่ ๔ การสร้างย่านทดสอบแบบกระชับและการตรวจวัดลักษณะสมบัติ ๖๕

๔.๑ การสร้างตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ ๖๕

๔.๒ การตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อนในย่านทดสอบแบบกระชับ ๖๙

๔.๓ การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นและการตรวจวัดสภาพสะท้อน ๗๔
๔.๓.๑ การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ๗๕
๔.๓.๒ การตรวจวัดสภาพสะท้อน ๗๘
๔.๔ การตรวจวัดสมบัติของบริเวณทดสอบ ๘๐

บทที่ ๕ สรุปและข้อเสนอแนะ ๑๐๒
สรุปผลการวิจัย ๑๐๒
ปัญหาและอุปสรรค ๑๐๒
ข้อเสนอแนะ ๑๐๓

รายการอ้างอิง

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๑

บทนำ

สายอากาศชนิดใดๆก็ตาม เมื่อสร้างขึ้นแล้วจำเป็นต้องได้รับการทดสอบคุณลักษณะต่างๆ เชิงแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบรูปการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทราบสมรรถนะที่แท้จริงของสายอากาศขณะปฏิบัติงาน ซึ่งไม่อาจทำนายได้อย่างสมบูรณ์แบบโดยอาศัยผลจากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใดๆก็ตามย่อมไม่สามารถรวบรวมผลกระทบจากความไม่เป็นอุดมคติทุกประการไว้ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวัดและทดสอบสายอากาศเพื่อให้ทราบลักษณะสมบัติการแผ่พลังงานที่แท้จริง

การวัดและทดสอบสายอากาศจำเป็นต้องกระทำในบริเวณเฉพาะที่มีสภาวะแวดล้อมเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม บริเวณเฉพาะดังกล่าวเรียกว่าย่านทดสอบสายอากาศ (antenna test range) ย่านทดสอบสายอากาศมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ย่านทดสอบสนามไกล (far-field test range) ย่านทดสอบสนามใกล้ (near-field test range) และย่านทดสอบแบบกระชับ (compact test range) โครงการวิจัยนี้เลือกที่จะพัฒนาย่านทดสอบแบบกระชับ (compact antenna test range) ซึ่งการวัดด้วยย่านทดสอบชนิดนี้อาศัยการสังเคราะห์หน้าคลื่นระนาบในย่านสนามกลาง (intermediate field region) ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นย่านสนามใกล้ที่อยู่ห่างออกมาจากย่านสนามใกล้เชิงจินตภาพในบริเวณระนาบช่องเปิด (aperture plane) มากพอสมควร (ในระดับระยะทางมากกว่า ๑๐๐ ความยาวคลื่นเป็นต้นไปสำหรับบางกรณี) วิธีนี้ทำให้ขนาดของย่านทดสอบกระทัดรัดหรือกระชับเหมาะกับขนาดพื้นที่จำกัดที่มีอยู่ เมื่อเทียบกับการใช้ย่านทดสอบสนามไกลสำหรับกรณีทดสอบเดียวกัน

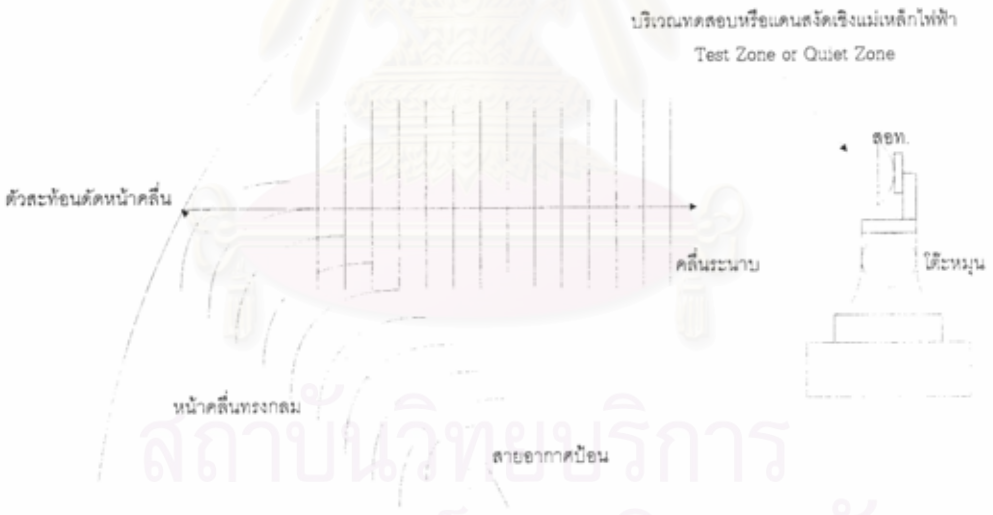
การสังเคราะห์คลื่นระนาบสามารถทำได้โดยใช้จานสะท้อนคลื่นขนาดใหญ่ดัดหน้าคลื่นทรงกลม (spherical wavefront) จากแหล่งกำเนิดคลื่นให้กลายเป็นคลื่นระนาบ ขนาดและลักษณะของจานสะท้อนจะมีผลต่อขีดจำกัดของขนาดของสายอากาศที่จะทดสอบ และรวมตลอดจนถึงสมรรถนะของย่านทดสอบ รูปที่ ๑ แสดงหลักการและโครงสร้างของย่านทดสอบแบบนี้

ย่านทดสอบแบบนี้ในปัจจุบันเป็นที่นิยมมาก เนื่องจากมีคุณลักษณะที่เด่นหลายประการ เช่น สามารถวัดสายอากาศขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ได้ในเวลาสั้น ขนาดอันกระทัดรัดของย่านทดสอบ

ทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างไม่สูงนัก เป็นต้น ข้อดีดังกล่าวมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะกับงานวัดและทดสอบสายอากาศสำหรับใช้งานในย่านความถี่คลื่นมิลลิเมตร ในย่านความถี่นี้วิธีการแปลงสนามใกล้เป็นสนามไกลจะไม่เหมาะสม เพราะต้องใช้เวลายาวนานในการวัดและต้องการเครื่องคำนวณสมรรถนะสูงมาก นอกจากนี้ยังมีความผิดพลาดเชิงกลที่เกี่ยวข้องกับการวางตำแหน่งหัววัดเพื่อสุ่มวัดค่าความเข้มสนามที่ระนาบหน้าจาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์และออกแบบเพื่อสร้างย่านทดสอบจะมีความซับซ้อนสูงเมื่อเทียบกับย่านทดสอบชนิดอื่นๆ

ย่านทดสอบที่พัฒนาขึ้นเป็นต้นแบบที่สามารถพัฒนาต่อไปเพื่อใช้งานจริงทั้งในสายงานผลิตของอุตสาหกรรมสายอากาศ อันจะทำให้ผู้ผลิตในประเทศสามารถทดสอบคุณภาพสายอากาศที่ผลิตขึ้นได้ และในกรณีของการนำเข้าสายอากาศชนิดพิเศษจากต่างประเทศก็จะสามารถทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพว่าเป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะหรือไม่

๑.๑ หลักการของย่านทดสอบแบบกระซับ



รูปที่ ๑ หลักการของย่านทดสอบแบบกระซับชนิดตัวสะท้อนเดี่ยว

ย่านทดสอบแบบกระซับใช้ตัวสะท้อนดัดหน้าคลื่นทรงกลมที่มาจากสายอากาศป้อนให้เป็นหน้าคลื่นระนาบ ตัวสะท้อนที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของผิวพาราโบลอยด์ ดังนั้นเมื่อมีคลื่นทรงกลมซึ่งออกจากแหล่งกำเนิดคลื่น (สายอากาศป้อน) ที่วางอยู่ ณ จุดโฟกัสของพาราโบลอยด์มาตกกระทบบนตัวสะท้อน ตัวสะท้อนจะรวบรวมรังสีของคลื่นทรงกลมให้ลู่เข้าเป็นลำขนานของรังสี ทำให้เกิดเป็นคลื่นระนาบเคลื่อนออกจากตัวสะท้อน ผลดังกล่าวทำให้สามารถนำสายอากาศที่ต้องการ

ทดสอบมาวาง ณ บริเวณที่ไม่ห่างไกลจากตัวสะท้อนนักได้ บริเวณดังกล่าวเรียกว่าบริเวณทดสอบหรือแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นย่านทดสอบชนิดนี้จึงมีขนาดที่เล็กมากเมื่อเทียบกับกรณีของย่านทดสอบชนิดสนามไกลสำหรับย่านความถี่ช่วงเดียวกัน รูปที่ ๑ แสดงหลักการของย่านทดสอบแบบกระชับนี้

สมรรถนะของย่านทดสอบวัดจากคุณภาพความเป็นหน้าคลื่นระนาบของสนามในแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นบริเวณทดสอบ ตัววัดสำคัญที่นิยมใช้กันคือ ขนาดระลอกที่ปรากฏบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคของสนามในบริเวณทดสอบ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพหน้าคลื่นมีอยู่สองประการ ได้แก่ การเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนที่ใช้เป็นตัวดัดหน้าคลื่น และความคลาดเคลื่อนของผิวสะท้อน ปัจจัยสองประการนี้คือสิ่งที่โครงการนี้ให้ความสนใจเป็นประเด็นหลัก โครงการในปีที่ ๑ จะเน้นศึกษาผลกระทบเนื่องจากการเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนเพียงประเด็นเดียว

๑.๒ วิวัฒนาการของย่านทดสอบแบบกระชับ

ย่านทดสอบแบบกระชับเป็นวิธีการทดสอบสายอากาศที่จำลองการรับส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ย่านสนามไกล โดยอาศัยการดัดหน้าคลื่นของคลื่นทรงกลมจากตัวป้อนของย่านทดสอบให้เป็นคลื่นระนาบในบริเวณทดสอบ วิวัฒนาการของย่านทดสอบชนิดนี้มีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

Johnson, R.C., Ecker, H.A., and Moore, R.A. [1] ได้ออกแบบย่านทดสอบแบบกระชับโดยใช้ตัวสะท้อนเดี่ยวพาราโบลอยด์ไม่สมมาตรขนาด 3.05 เมตร และเปรียบเทียบผลวัดที่ได้ในห้องทดสอบแบบกระชับกับผลการวัดในย่านสนามไกล ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน และสามารถหาภาคตัดขวางเป้าเรดาร์ในย่านทดสอบได้ ย่านทดสอบดังกล่าวมีข้อเสียคือ ปัญหาการเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนทำให้มีระดับโพลาไรเซชันไขว้ที่สูง และเกิดระลอกในปริมาตรแดนสงัดมาก Olver [2] ได้กล่าวถึงการแก้ไขของ Scientific Atlanta โดยออกแบบตัวสะท้อนที่ขอบเป็นแบบฟันเลื่อยเพื่อลดปัญหาการเลี้ยวเบนที่ขอบดังกล่าว ซึ่งวิธีการนี้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายและมีการผลิตออกจำหน่ายจำนวนมาก

นอกจากนี้ Olver [2] ยังได้กล่าวถึงการที่ Vorkurka V.J. ได้นำสายอากาศจานสะท้อนคู่แบบทรงกระบอก (Dual cylindrical) มาใช้ในย่านทดสอบแบบกระชับ วิธีการนี้ได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องโดย Sanad M.S.A. [7] แต่ Olver [2] ได้เพิ่มเติมว่า Dudok E.,Fasold D. and H.-J. Striner พบว่าสนามในแนวโพลาไรเซชันร่วมมีค่าที่เพิ่มมากขึ้นในระดับที่สังเกตได้ในแนว

จากจุดศูนย์กลางของสายอากาศและสนามในแนวโพลาไรเซชันไขว้มีค่าที่เหมาะสมในแนวราบเท่านั้นส่วนในแนวดิ่งนั้นมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น

Olver A.D. เอง [2] ได้ออกแบบเลนส์เพื่อใช้งานในย่านทดสอบแบบกระชับซึ่งไม่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย แต่ต่อมาความคิดนี้เป็นพื้นฐานของย่านทดสอบแบบกระชับที่อาศัยหลักการ Hologram

เพื่อแก้ไขปัญหาการเลี้ยวเบนที่ขอบ Burnside W.D, Gilreath M.C., Kent B.M. and Clerici G.L. [3] ได้เสนอทางเลือกใหม่คือ การออกแบบตัวสะท้อนเดี่ยวพาราโบลอยด์ไม่สมมาตรแบบพับขอบเพื่อลดปัญหาดังกล่าว ทั้งสามพบว่าสามารถลดปัญหาจากการเลี้ยวเบนที่ขอบได้มากกว่าการใช้ขอบแบบฟันเลื่อย โดยดูผลกระทบจากค่าของระลอกในปริมาตรแดนสงัดพบว่าการใช้ตัวสะท้อนแบบพับขอบมีขนาดของระลอกที่ต่ำกว่าแบบฟันเลื่อย Lee T.H., and and Burnside W.D. [6]

Burnside W.D, Gilreath M.C., Kent B.M. and Clerici G.L. [4] ได้ออกแบบตัวสะท้อนพาราโบลอยด์โดยทำให้ขอบมีลักษณะโค้ง ซึ่งสามารถลดปัญหาการเลี้ยวเบนที่เกิดจากขอบได้

Pistorius C.W.L. and Burnside W.D. [5] ได้ออกแบบตัวสะท้อนโดยทำให้ขอบมีลักษณะโค้งเว้า (concave) และเมื่อใช้ร่วมกับการม้วนขอบ พบว่า สามารถลดผลการการเลี้ยวเบนซึ่งสามารถทำให้คลื่นสะท้อนราบเรียบขึ้น

Pistorius C.W.L, Clerici G.L.,. and Burnside W.D. [8] ได้ออกแบบตัวสะท้อนคู่ไม่สมมาตรแบบเกรโกเรียน เพื่อลดปัญหาของโพลาไรเซชันไขว้ที่เกิดขึ้นในย่านทดสอบแบบกระชับที่ใช้ตัวสะท้อนเดี่ยวพาราโบลอยด์ไม่สมมาตร พบว่าสามารถลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ที่เกิดขึ้น และทำให้ปริมาตรแดนสงัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น

Hirvonen T., Ala-Laurinaho J.P.S., Tuovinen J., and Raisanen A.V. [9] ได้ออกแบบย่านทดสอบแบบกระชับโดยใช้ hologram เพื่อต้องการหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ราบเรียบของผิวตัวสะท้อนและค่าใช้จ่ายที่สูงในกรณีที่ใช้ความถี่ปฏิบัติการสูงกว่า 100 GHz

Descardeci J.R. and Parini C.G. [10] ได้ใช้ตัวสะท้อนสามตัวในย่านทดสอบแบบกระชับ พบว่าสามารถเพิ่มขนาดของแดนสงัดและลดการแกว่งของวัฏภาคและขนาดยอด

ความสนใจเกี่ยวกับย่านทดสอบแบบกระชับไม่ปรากฏเป็นลายลักษณ์อักษรอย่างเด่นชัดในประเทศไทยก่อนหน้าปีพุทธศักราช ๒๕๓๘ ผู้วิจัยหลักและนิสิตในที่ปรึกษาได้เริ่มการศึกษาเบื้องต้นในช่วงต้นปีพุทธศักราช ๒๕๓๘ [๑๑] และได้ขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินในเวลาต่อมา

๑.๓ วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการฯ ดำเนินงานโดยมีระเบียบวิธีในการปฏิบัติงานวิจัยดังนี้

๑. รวบรวมความรู้โดยการศึกษาจากเอกสารต่างๆ

๒. ออกแบบเบื้องต้นย่านทดสอบที่ต้องการสร้าง

๓. วิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นและมีผลกระทบต่อสมรรถนะของย่านทดสอบ

๔. สร้างย่านทดสอบและประเมินสมรรถนะของย่านทดสอบ

๕. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและเสริมคุณลักษณะพิเศษเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของย่านทดสอบ

การดำเนินงานในส่วนของปีที่ ๑ โครงการฯ ได้กำหนดแผนดำเนินงานไว้ดังนี้

ก. ศึกษารวบรวมความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับ

ข. ออกแบบต้นแบบย่านทดสอบโดยใช้ลักษณะโครงสร้างแบบตัวสะท้อนเดี่ยว

ค. วิเคราะห์ต้นแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยเน้นที่การศึกษาผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบจานสะท้อน

ง. สร้างต้นแบบย่านทดสอบ

จ. ทดสอบต้นแบบและแก้ไขข้อบกพร่อง

ฉ. ประเมินสมรรถนะของต้นแบบและสรุปผลการวิจัยประจำปีที่ ๑

๑.๔ เค้าโครงของรายงานฉบับนี้

นอกจากสิ่งที่ได้กล่าวถึงในบทนำนี้แล้ว รายงานฉบับนี้นำเสนอการออกแบบย่านทดสอบในบทที่ ๒ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนในบทที่ ๓ ในบทที่ ๔ กล่าวถึง การสร้างย่านทดสอบแบบกระชับและการตรวจลักษณะสมบัติ ในบทที่ ๕ กล่าวถึง ข้อสรุป ปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะ นอกจากนี้ยังได้รวบรวมเอกสารที่เป็นสิ่งบ่งชี้เหตุแห่งความล่าช้าของโครงการนี้ไว้ในภาคผนวกด้วย

บทที่ ๒

การออกแบบย่านทดสอบ

สมรรถนะของย่านทดสอบแบบกระชับจะพิจารณาจากคุณภาพของสนามในบริเวณทดสอบหรือแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า การออกแบบย่านทดสอบจึงหมายถึงการเลือกระบบการสร้างคลื่นระนาบที่มีคุณภาพหน้าคลื่นตามต้องการ ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดขนาดและรูปร่างจานสะท้อน การเลือกลักษณะพื้นผิวสะท้อน การกำหนดขนาดแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าและคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณดังกล่าว

บทนี้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบย่านทดสอบ การออกแบบตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ และการศึกษาผลกระทบของอัตราส่วน F/D ที่มีต่อคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบระบบวัดและส่งสัญญาณย่าน ๘ - ๔๐ GHz

๒.๑ แนวคิดในการออกแบบย่านทดสอบ

การออกแบบย่านทดสอบมีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบคือ

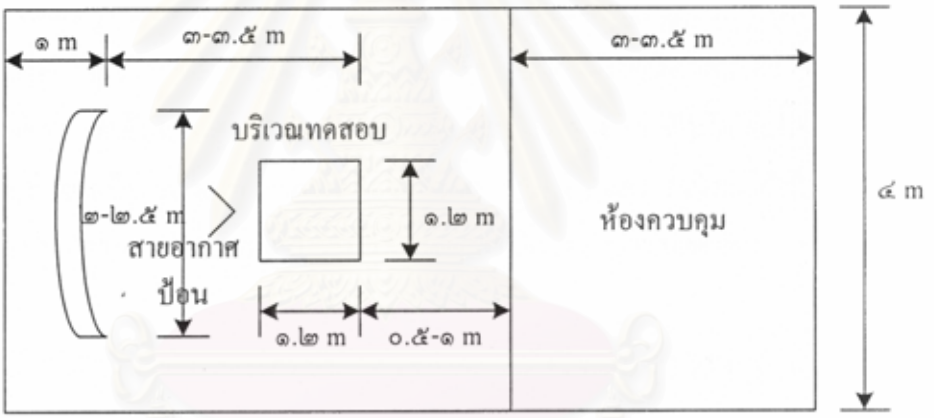
ก. ช่วงความถี่ปฏิบัติการของย่านทดสอบ ขอบเขตบนและขอบเขตล่างของช่วงความถี่ปฏิบัติการกำหนดโดยข้อจำกัดอันเนื่องจาก ความคลาดเคลื่อนของผิวจานสะท้อน และการเลี้ยวเบนที่ขอบจานสะท้อนตามลำดับ

ข. ขนาดของสายอากาศทดสอบ ขนาดแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีคุณภาพหน้าคลื่นตามต้องการเป็นตัวกำหนดขนาดของสายอากาศทดสอบ

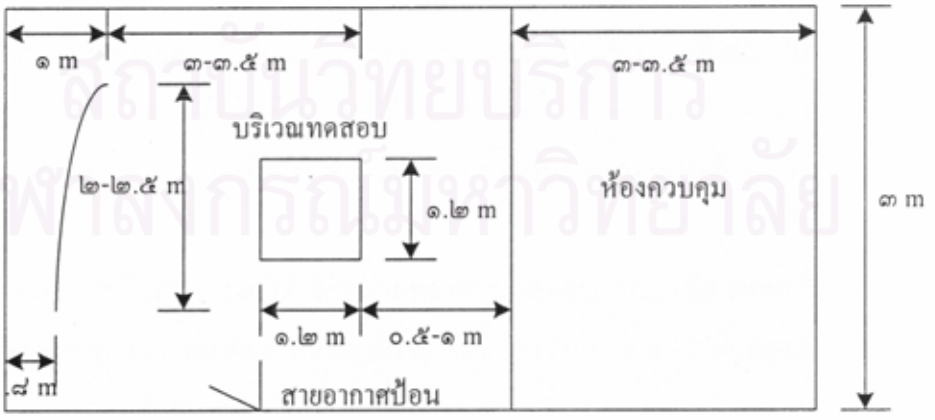
นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังเรื่องของขนาดพื้นที่ที่จะใช้สร้างย่านทดสอบด้วย เนื่องจากปัจจัยนี้จะมีผลต่อขนาดใหญ่ที่สุดของสายอากาศที่จะทดสอบ และความถี่ปฏิบัติการต่ำสุดที่จะเป็นไปได้ด้วย โครงการฯนี้มีเป้าหมายที่จะสร้างย่านทดสอบที่สามารถวัดสายอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่องเปิดได้ใหญ่ที่สุดถึง ๑.๒ m ดังนั้นขนาดของจานสะท้อนของย่านทดสอบควรใหญ่กว่า ๑.๘ m (โดยทั่วไปขนาดของสายอากาศทดสอบจะใหญ่ไม่เกินสองในสามของขนาดตัวสะท้อนของย่านทดสอบ) แต่ไม่ควรเกิน ๓ m เนื่องจากขนาดพื้นที่สำหรับสร้างย่านทดสอบมีจำกัด โครงการฯนี้กำหนดขนาดย่านทดสอบไว้ที่ กว้าง x ยาว x สูง เป็น ๓.๕ x ๕ x ๒.๕ m โดยผังของย่านทดสอบเป็นดังในรูปที่ ๑ (รายละเอียดของมิติเชิงขนาดอื่น ๆ มีกล่าวเพิ่มเติมในหัวข้อ ๒.๒)

ในแง่ความถี่ปฏิบัติการของย่านทดสอบนั้น โครงการฯ มุ่งหมายให้ย่านทดสอบสามารถทดสอบสายอากาศในช่วงความถี่ตั้งแต่ ๘ – ๔๐ GHz ซึ่งครอบคลุมย่านความถี่ที่มีการใช้งานสายอากาศอย่างแพร่หลายทั้งในกิจการพลเรือน และกิจการเฉพาะกิจต่างๆ ในช่วงระยะเวลาของโครงการปีที่ ๑ จะไม่มีผลการวัดช่วงความถี่สูงกว่า ๑๕.๕ GHz เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ส่วนของผลการคำนวณจำลองสถานการณ์จะนำเสนออย่างครอบคลุมตลอดช่วงความถี่ที่เป็นไปตามเป้าหมายของโครงการ

เมื่อกำหนดลักษณะทั่วไปของย่านทดสอบได้แล้ว ในขั้นตอนต่อไปควรพิจารณาตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ ซึ่งในที่นี้หมายถึงตัวสะท้อนคลื่นที่เป็นรูปพาราโบลอยด์ รายละเอียดเกี่ยวกับตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบมีกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป



ก) ภาพด้านบน



ข) ภาพด้านข้าง

รูปที่ ๑ ผังย่านทดสอบ

๒.๒ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ

องค์ประกอบหลักที่สำคัญของย่านทดสอบแบบกระชับ คือ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบหรือตัวสะท้อนสำหรับดัดหน้าคลื่น และสายอากาศป้อนที่เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ปัญหาที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ คือ การกำหนดขนาดและลักษณะของจานสะท้อน การเลือกสายอากาศป้อนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาตรของแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับใช้เป็นบริเวณทดสอบตามที่ต้องการ

การกำหนดขนาดของตัวสะท้อนในขั้นตอนการออกแบบทำได้ในลักษณะโดยประมาณเท่านั้น ขนาดจริงที่เหมาะสมจะได้จากผลการคำนวณจำลองสถานการณ์ ลักษณะของตัวสะท้อนกำหนดเป็นส่วนของรูปพาราโบลอยด์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เหตุผลสำคัญที่กำหนดให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส คือ ความต้องการที่จะให้ปริมาตรของแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นอาณาบริเวณสำหรับวางสายอากาศทดสอบมีลักษณะเป็นรูปลูกบาศก์หรือใกล้เคียงกับรูปลูกบาศก์เพื่อให้ได้ปริมาตรบริเวณทดสอบมากที่สุด โครงการวิจัยนี้คาดหวังว่าจะสามารถทดสอบสายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุดประมาณ ๑.๕ m ดังนั้นในเบื้องต้นจึงกำหนดให้ขนาดตัวสะท้อนเป็น ๒X๒ m และเลือกใช้สายอากาศปากแตร ซึ่งนิยมใช้เป็นสายอากาศป้อนของสายอากาศจานสะท้อนโดยทั่วไป เป็นสายอากาศป้อนของย่านทดสอบ

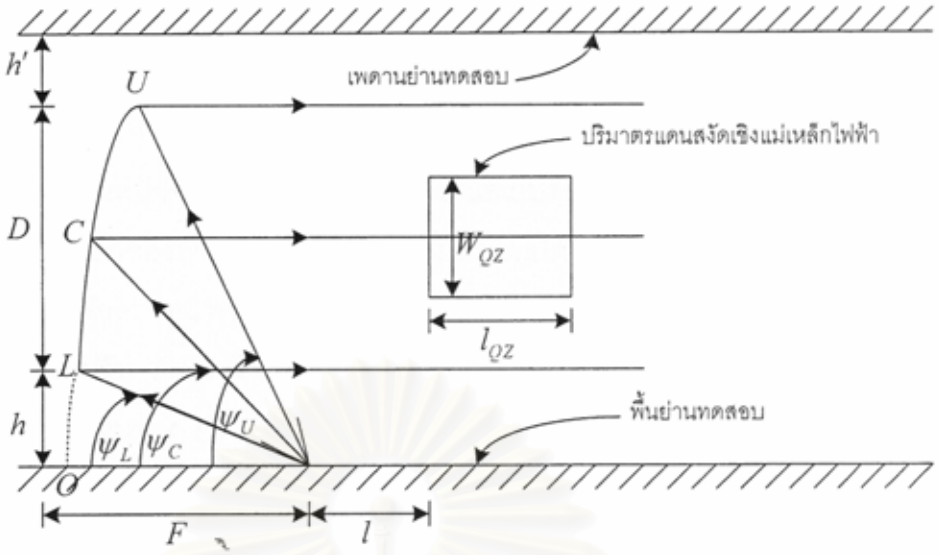
เมื่อพิจารณาในเชิงโครงสร้างจะพบว่าแท้จริงแล้วย่านทดสอบแบบกระชับก็คือสายอากาศจานสะท้อนเดี่ยวอสมมาตร ผิดกันแต่ที่ลักษณะและวัตถุประสงค์การใช้งาน ย่านทดสอบแบบกระชับใช้งานสนามที่บริเวณย่านสนามกลาง ซึ่งสามารถถือได้ว่ามีความเป็นคลื่นระนาบตามข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เพื่อประโยชน์ในการทดสอบสายอากาศ มิใช่เพื่อการสื่อสารหรืออื่นๆที่นอกเหนือจากนี้แต่อย่างใด ความแตกต่างนี้เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ เพื่อให้ได้ย่านทดสอบที่มีคุณลักษณะตามต้องการ

โครงการฯนี้ได้กำหนดมิติเชิงขนาดของย่านทดสอบโดยอาศัยเรขาคณิตของสายอากาศจานสะท้อนเดี่ยวอสมมาตรดังแสดงในรูปที่ ๒ ดังนี้ (ค่า D = 2 m กำหนดละเอียดโดยใช้ผลจากหัวข้อ ๒.๓ ประกอบด้วย)

ขนาดห้องทดสอบ กว้าง x ยาว x สูง เป็น ๓x๕x๓ m^3

D = 2 m F = 2.18 m h' = 0.4 m

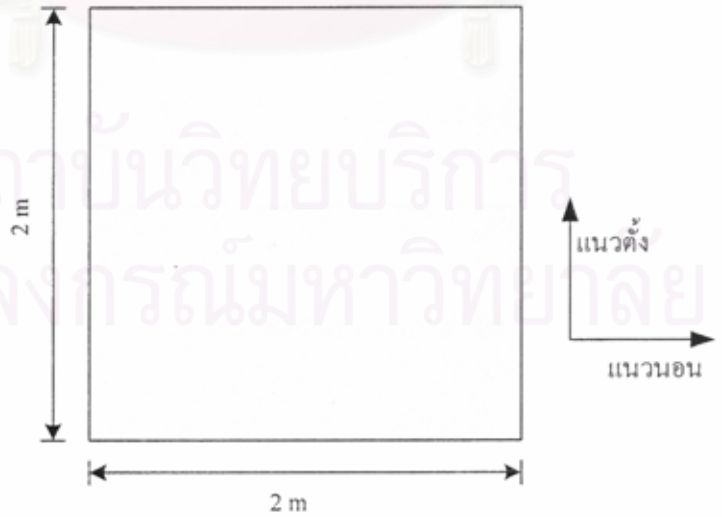
W_{QZ} = 1.5 m h = 0.6 m l_{QZ} = 1.5 m l = 1 m



รูปที่ ๒ เรขาคณิตประกอบการกำหนดมิติเชิงขนาดของย่านทดสอบแบบกระชับ

รูปที่ ๓ แสดงภาพด้านหน้าของตัวสะท้อนซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังนั้นปริมาตรของแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าหรือบริเวณทดสอบก็มีโอกาสจะเป็นรูปลูกบาศก์ขนาดที่ต้องการได้

ค่าปัจจัยตัวหนึ่งที่สมควรพิจารณาในการออกแบบตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ คืออัตราส่วนระยะโฟกัสต่อขนาดของตัวสะท้อน (F/D) การศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนดังกล่าวนี้มีรายละเอียดแสดงในหัวข้อถัดไป



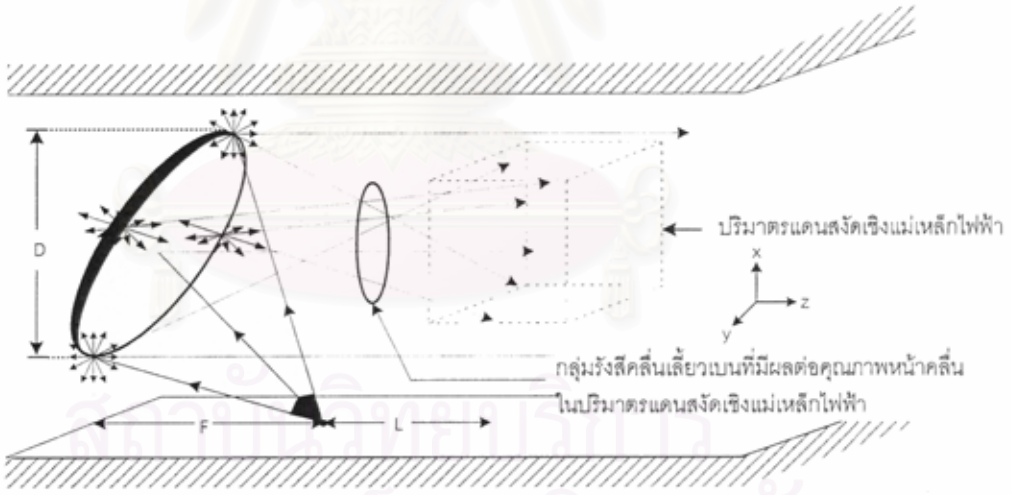
รูปที่ ๓ ภาพด้านหน้าของจานสะท้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒.๓ ผลกระทบของอัตราส่วนของระยะโฟกัสต่อขนาดของตัวสะท้อน (F/D) ที่มีต่อคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบ

เมื่อกำหนดปัจจัยเชิงระบบต่างๆ ให้คงที่และเปลี่ยนแปลงแต่เฉพาะค่า F/D หมายถึงการปรับความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณของสนามเลี้ยวเบนที่บริเวณขอบของตัวสะท้อน ความเรียวยิ่งมากปริมาณสนามเลี้ยวเบนยิ่งน้อย ความเรียวแปรผกผันกับ F/D การปรับ F/D จึงมีผลต่อคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบ หัวข้อนี้นำเสนอผลการศึกษาผลกระทบของ F/D โดยการจำลองสถานการณ์

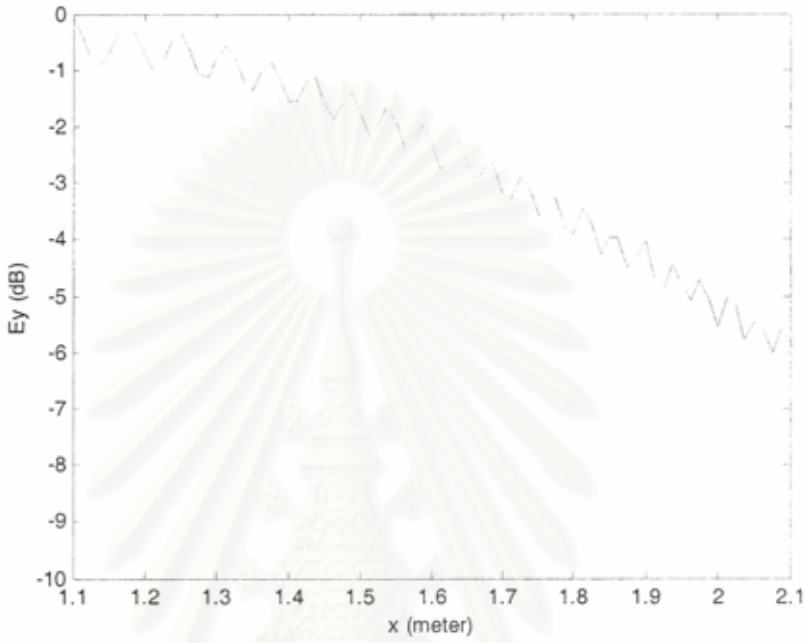
การจำลองสถานการณ์จะคำนวณการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ 12 GHz และที่ระยะ L เท่ากับ 1 เมตร แสดงได้ดังรูปที่ ๔ โดยการจำลองสถานการณ์จะปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วนของระยะโฟกัสต่อขนาดของตัวสะท้อน (F/D) ที่มีค่าเท่ากับ 0.15, 0.2, 0.3, 0.35, 0.42, 0.6, 0.8, 1 และ 1.5 ซึ่งในการจำลองสถานการณ์จะคิดผลกระทบจากปรากฏการณ์เลี้ยวเบนที่ขอบด้วย โดยใช้ทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต (GTD) (รายละเอียดดูได้ในบทที่ ๓)



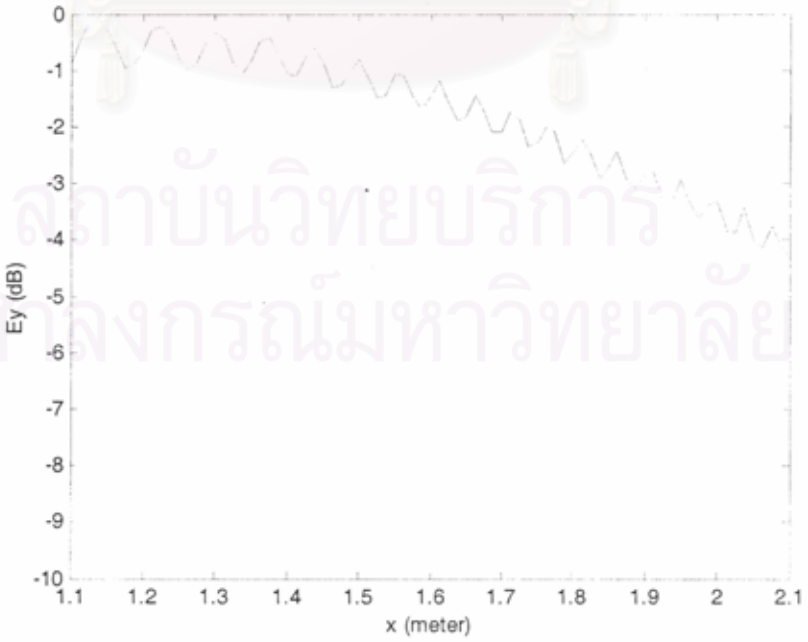
รูปที่ ๔ ย่านทดสอบแบบกระชับ

เมื่อพิจารณาผลการคำนวณการแจกแจงขนาดยอดที่แสดงดังรูปที่ ๕ – รูปที่ ๑๓ จะสังเกตเห็นว่าขนาดยอดนั้นมีการแกว่งตัวเป็นระลอกซึ่งเป็นผลกระทบจากปรากฏการณ์เลี้ยวเบนที่ขอบ โดยช่วงการแกว่งตัวนั้นมีค่าสูงขึ้นเมื่อ F/D มากขึ้น อันเนื่องมาจากค่าความเรียวที่ขอบมีค่าลดลงทำให้กำลังคลื่นที่ตกกระทบบริเวณขอบสายอากาศนั้นมีค่าใกล้เคียงกับกำลังคลื่นบริเวณกลางสายอากาศจานสะท้อนทำให้ผลกระทบจากปรากฏการณ์คลื่นเลี้ยวเบนที่ขอบมีค่ามากขึ้น

จะสังเกตได้จากรูปที่ ๕ – รูปที่ ๑๓ อีกว่าขนาดยอดนั้นมีค่าความเข้มสนามไฟฟ้าลดลงเมื่อค่า F/D มากขึ้น อันมีสาเหตุมาจากเมื่อค่า F/D มากขึ้นจะทำให้สนามไฟฟ้าเกิดการล้นจานมากขึ้น

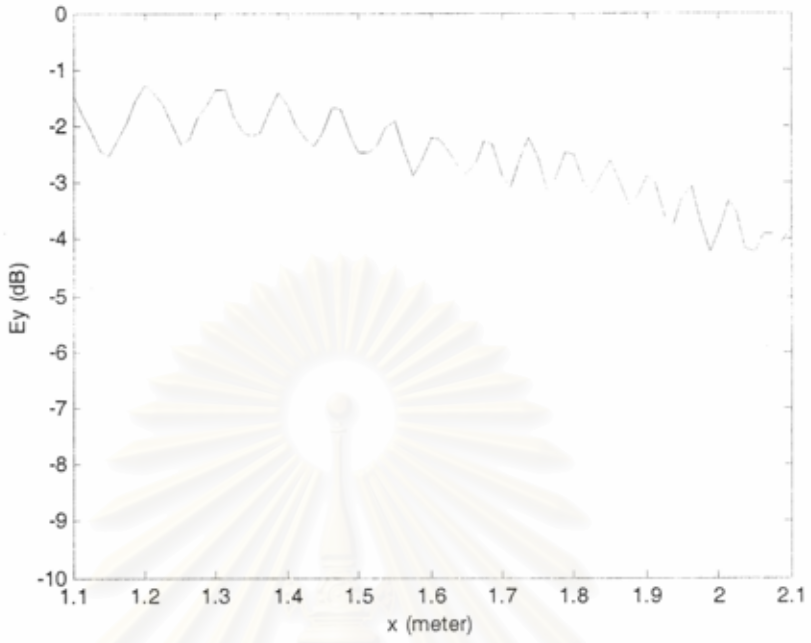


รูปที่ ๕ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.15$

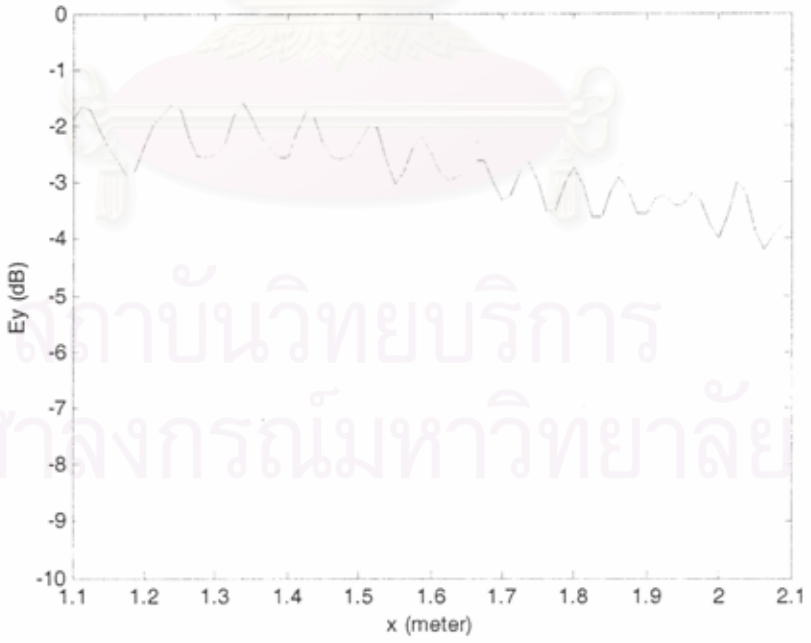


รูปที่ ๖ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.20$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

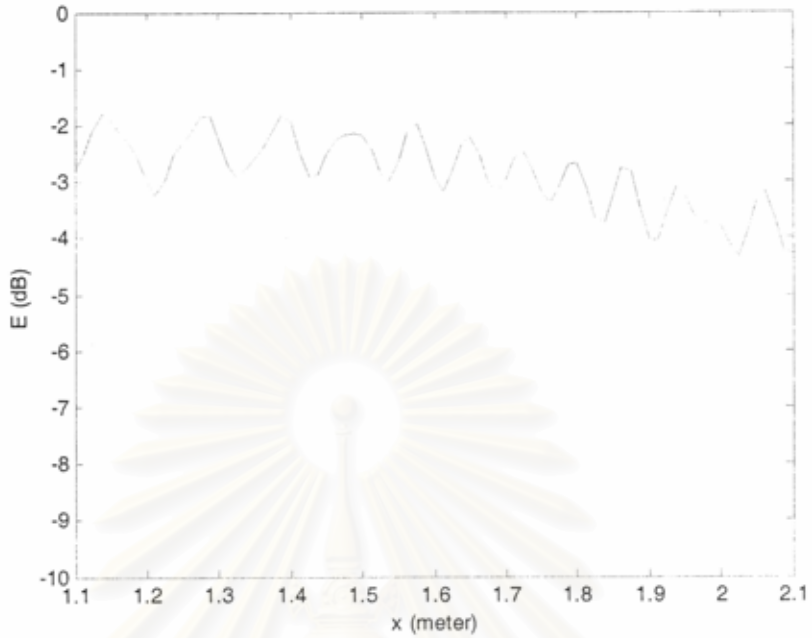


รูปที่ ๗ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.30$

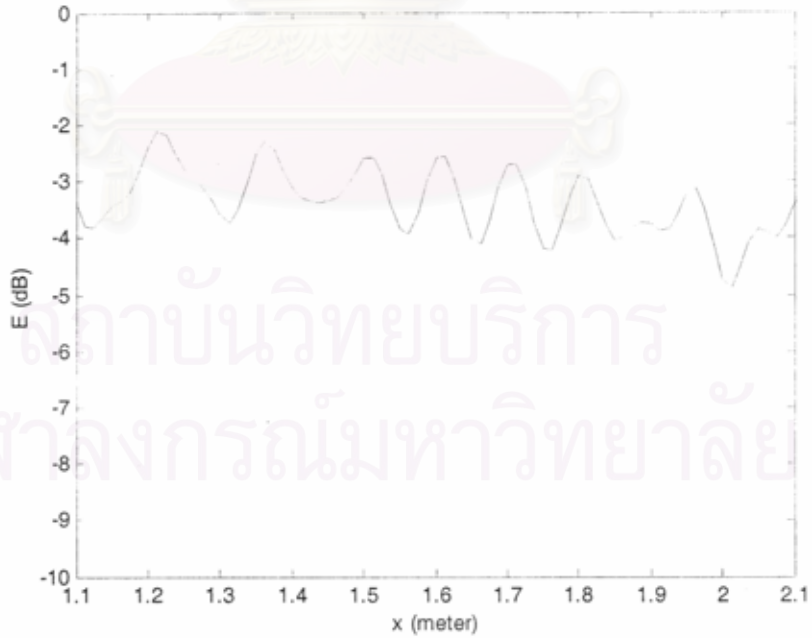


รูปที่ ๘ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.35$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

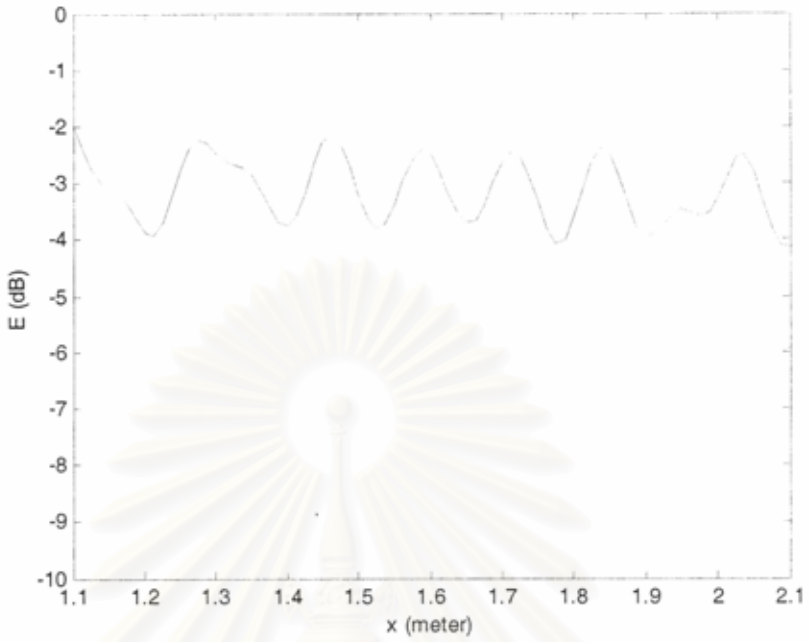


รูปที่ ๙ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.42$

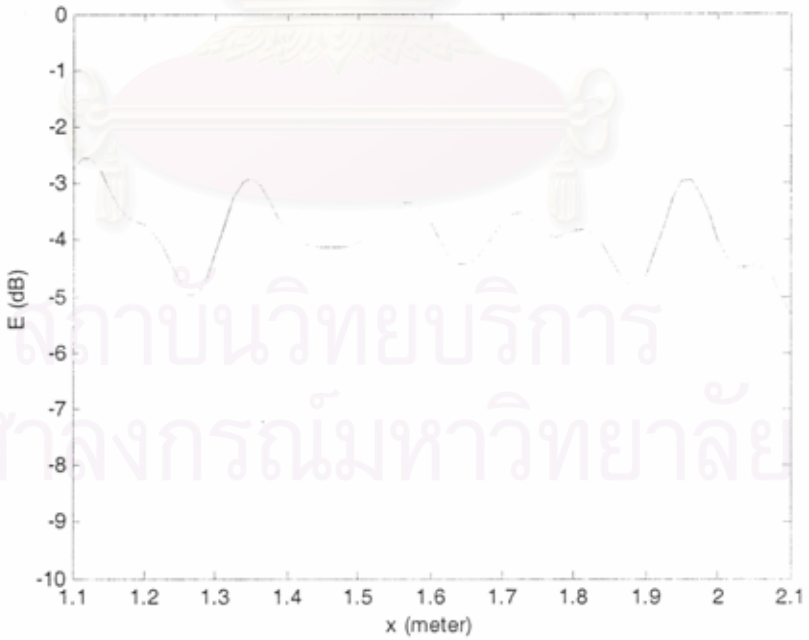


รูปที่ ๑๐ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.60$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

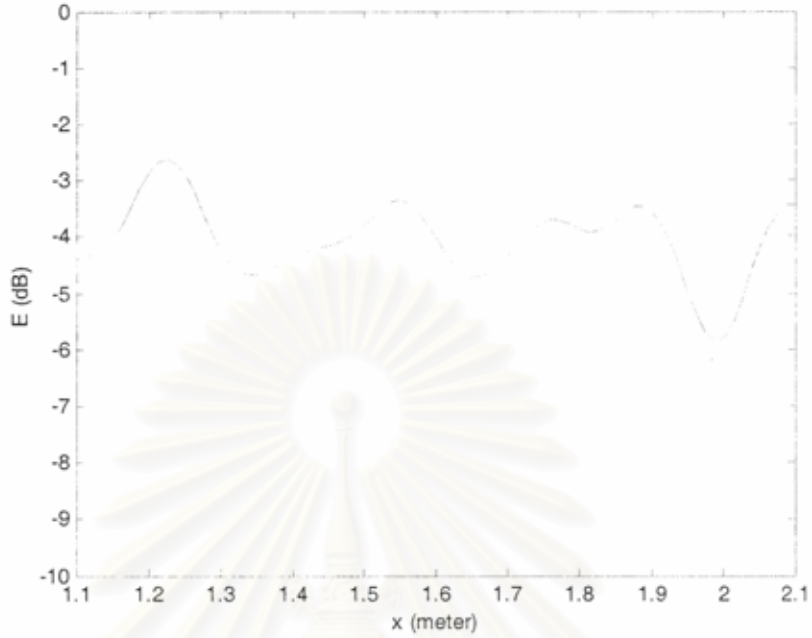


รูปที่ ๑๑ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 0.80$



รูปที่ ๑๒ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 1$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑๓ การแจกแจงขนาดยอดตามแนวแกน x เมื่อกำหนดให้ $F/D = 1.5$

พิจารณาการแปรค่าปัจจัย F/D ที่มีผลต่อค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนความเข้มสนามไฟฟ้า (RMS) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าที่คำนวณจากระเบียบวิธี GTD กับความเข้มสนามไฟฟ้าเฉลี่ยที่คำนวณจากระเบียบวิธี GO โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

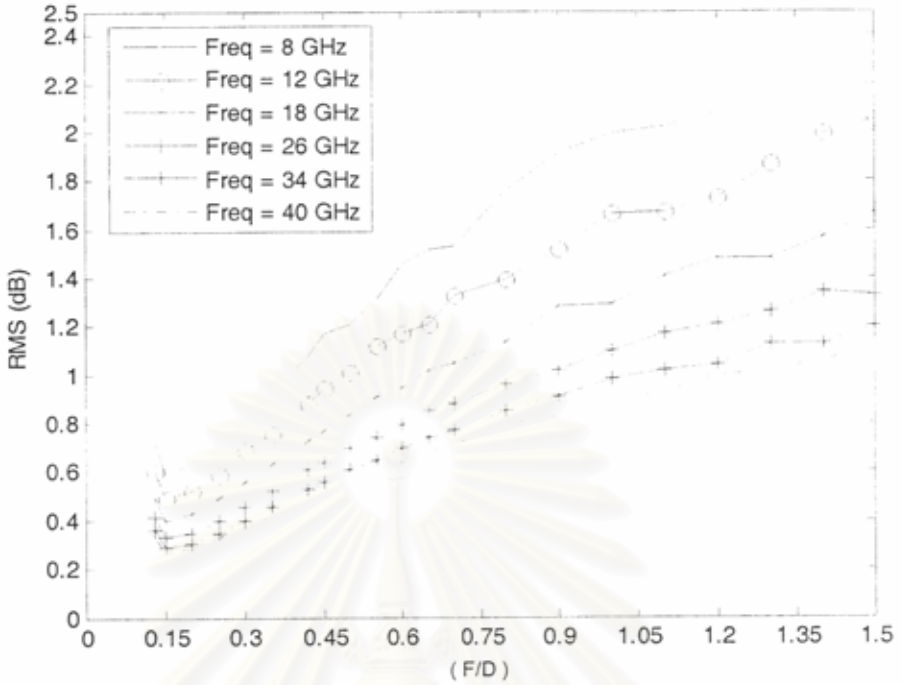
$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(E_{y,GTD}(x_i, y=0) - \overline{E}_{y,GO}(x_i, y=0)\right)^2}{n}} \qquad (1)$$

โดย $E_{y,GTD}$ คือ ความเข้มสนามไฟฟ้าตามแนวแกน y ที่คำนวณจากระเบียบ GTD

$\overline{E}_{y,GO}$ คือ ความเข้มสนามไฟฟ้าเฉลี่ยตามแนวแกน y ที่คำนวณจากระเบียบ GO

n คือ จำนวนจุดสังเกตที่อยู่ในบริเวณแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า

การปรับเปลี่ยนค่าปัจจัย F/D แล้วพิจารณาการแปรค่าตามความถี่ซึ่งในการจำลองสถานการณ์กำหนดให้ความถี่เท่ากับ $8, 12, 18, 26, 34$ และ $40\,GHz$ การแปรค่า RMS แสดงได้ดังรูปที่ ๑๔



รูปที่ ๑๔ ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนความเข้มสนามไฟฟ้าเมื่อคำนวณสนามไฟฟ้าจากระเบียบวิธี GO เทียบกับ GTD ณ บริเวณแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า

จะสังเกตได้จากรูปที่ ๑๔ ว่าค่า RMS มีค่าลดลงเมื่อค่าความถี่สูงขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากขนาดทางไฟฟ้าของจานสะท้อนมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ทำให้ผลกระทบจากสนามเลี้ยวเบนที่ขอบลดลงเมื่อพิจารณาจากค่าปัจจัย F/D ที่เท่ากัน

โครงการนี้เลือก $F/D = \frac{2.18}{5.2} \approx 0.42$ ค่า F/D นี้เป็นค่าที่ยังคงมีระดับ RMS ต่ำและให้ขนาดบริเวณทดสอบที่น่าพอใจ เนื่องจาก F/D ที่มากขึ้นหมายถึงความเรียวที่ขอบน้อยลง ทำให้ได้ขนาดบริเวณทดสอบที่ใหญ่ขึ้น

๒.๔ ระบบวัดและส่งสัญญาณย่านความถี่ ๘ – ๔๐ GHz

ระบบวัดและส่งสัญญาณย่านความถี่ ๘ – ๔๐ GHz ในทางปฏิบัติต้องแบ่งย่อยเป็น ๓ ช่วง หรือสามย่าน คือ ย่าน x ย่าน Ku และย่าน Q ระบบวัดและส่งสัญญาณในที่นี้หมายถึง ตัวรับส่งสัญญาณ และระบบนำสัญญาณซึ่งหมายถึง สายนำสัญญาณ

ก. ตัวรับส่งสัญญาณ

ตัวรับส่งสัญญาณเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ป้อนกำลังคลื่นความถี่ที่ต้องการให้กับตัวป้อนของย่านทดสอบ เพื่อสังเคราะห์คลื่นระนาบที่ใช้ในการทดสอบสายอากาศ และรับสัญญาณจากสายอากาศทดสอบที่ต้องการทราบลักษณะสมบัติการแผ่พลังงาน ปกติแล้วมักนิยมใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจรแบบเวกเตอร์ ซึ่งมีความสามารถให้ข้อมูลทั้งขนาดยอดและวัฏภาคของสัญญาณ

โครงการนี้มีแผนแรกเริ่มที่จะใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจรรุ่น HP8753 ร่วมกับตัวคูณความถี่ชนิดคูณสอง เมื่อจัดซื้อตัวคูณความถี่ชนิดคูณสองแล้ว ได้ทดลองต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจรและตัวขยายสัญญาณ ผลที่ได้คือสัญญาณที่ความถี่สูงขึ้นถึง 10 GHz แต่มีระดับกำลังสัญญาณอ่อนมากๆ ทำให้วิธีการนี้ไม่เป็นประโยชน์ ดังนั้นจึงต้องรอการจัดซื้อเครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจรใหม่ตามงบประมาณที่เสนอของโครงการฯ ปีที่สอง ซึ่งในที่สุดได้เครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจรของบริษัท Agilent รุ่น 8722ET ซึ่งมีขีดความสามารถเชิงความถี่ตั้งแต่ 50 MHz – 40 GHz

ข. สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น

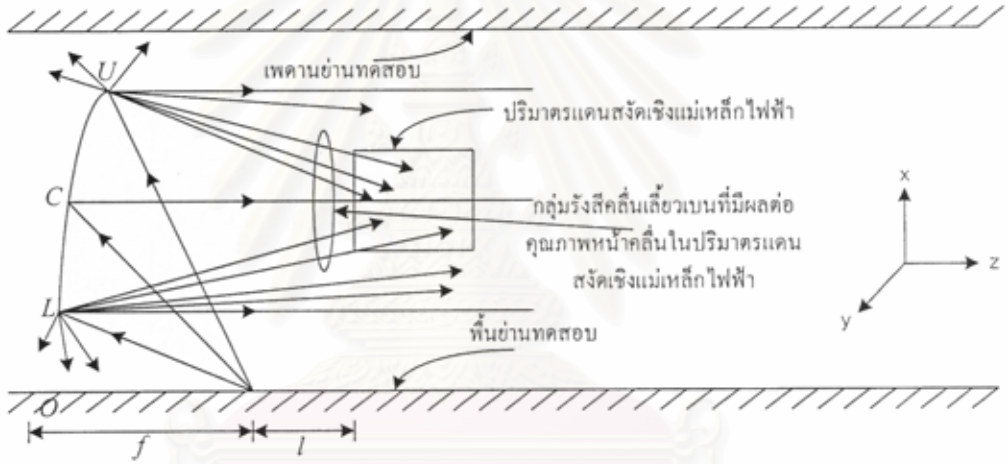
สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่นมี ๓ ชุด แยกตามย่านความถี่ดังกล่าวไว้แล้ว ในโครงการปีที่หนึ่ง ใช้เฉพาะชุดย่าน x และชุดย่าน Ku สายนำสัญญาณจะใช้เฉพาะช่วงเชื่อมต่อสั้นๆ จากตัวรับส่งสัญญาณถึงท่อนำคลื่นเท่านั้น เพื่อไม่ให้มีการลดทอนของสัญญาณมากเกินความเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อน

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อสมรรถนะของย่านทดสอบแบบกระชับ คือ การเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนซึ่งมีหน้าที่ตัดหน้าคลื่นจากทรงกลมเป็นระนาบ การเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนทำให้สนามในบริเวณแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้ามีคุณภาพหน้าคลื่นเลวลง บทนี้นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์เพื่อช่วยการออกแบบย่านทดสอบให้มีคุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบที่ดีมากเพียงพอ



รูปที่ ๑ เรขาคณิต ๒ มิติสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของการเลี้ยวเบนที่ขอบ

พิจารณาเรขาคณิตประกอบการวิเคราะห์ในรูปที่ ๑ จะเห็นว่ารังสีของคลื่นที่ออกจากสายอากาศป้อน เฉพาะส่วนที่ตกกระทบ ณ บริเวณขอบของตัวสะท้อน ไม่ว่าที่ขอบด้านบนหรือด้านล่าง หรือที่มุมทั้งสี่ตำแหน่ง ล้วนเกิดการเลี้ยวเบน รังสีเลี้ยวเบนจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่สู่ทิศทางที่อยู่ด้านเดียวกับบริเวณทดสอบ ในจำนวนเหล่านี้จะมีส่วนหนึ่ง (ภายในวงรี) ที่เข้าสู่ปริมาตรแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า และมีผลกระทบต่อความเป็นหน้าคลื่นระนาบของสนามในบริเวณดังกล่าว โครงการวิจัยนี้เลือกใช้ระเบียบวิธีวิเคราะห์ที่เรียกว่า "ทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต" เพื่อศึกษาปัญหานี้ ระเบียบวิธีนี้ให้ผลการคำนวณที่มีความแม่นยำสูงและไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรในการคำนวณมากนักสำหรับกรณีปัญหาที่ศึกษา

๓.๑ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนด้วยทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต

สนามตามทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิตประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนของสนามทัศนศาสตร์เรขาคณิต และสนามเลี้ยวเบน สนามที่ปรากฏในปริมาตรแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าถือว่าเป็นสนามตามทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในการวิเคราะห์สามารถเขียนนิพจน์คณิตศาสตร์แทนเหตุการณ์ในย่านทดสอบ โดยเฉพาะที่บริเวณทดสอบซึ่งอยู่ภายในปริมาตรแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดังต่อไปนี้

$$\vec{E}_{QZ} = \vec{E}_{GO} + \vec{E}^{d} \qquad (๑)$$

$$\vec{E}_{GO} = \overline{\overline{R}}\vec{E}^{i} \qquad (๒)$$

$$\vec{E}^{d} = \overline{\overline{D}}\vec{E}^{i} \qquad (๓)$$

โดยที่

$\vec{E}_{QZ}$ คือ สนามรวมในแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า

$\vec{E}_{GO}$ คือ สนามตามทัศนศาสตร์เรขาคณิต

$\vec{E}^{i}$ คือ สนามตกกระทบ

$\vec{E}^{d}$ คือ สนามเลี้ยวเบนจากขอบตัวสะท้อน

$\overline{\overline{R}}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนในรูปไดอาดิก

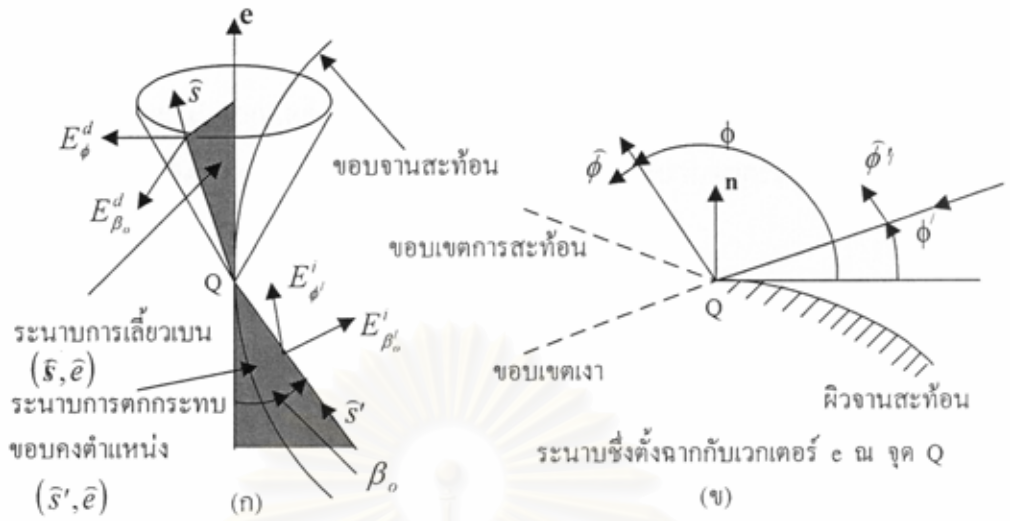
$\overline{\overline{D}}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเลี้ยวเบนในรูปไดอาดิก

โดยทั่วไปจะพิจารณาค่า $\vec{E}^{d}$ โดยแยกเป็น 2 องค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน การคำนวณ $\vec{E}^{d}$ จาก $\vec{E}^{i}$ เป็นไปตามสูตรต่อไปนี้

$$E^{d}_{\beta_o}(P) = -E^{i}_{\beta'_o}(Q)\,D_s(\phi,\phi';\beta'_o)\,A(s)e^{-jks} \qquad (๔)$$

$$E^{d}_{\phi}(P) = -E^{i}_{\phi'}(Q)\,D_h(\phi,\phi';\beta'_o)\,A(s)e^{-jks} \qquad (๕)$$

ค่าแสดงทิศทางต่างๆ β_0, ϕ, β'_0 และ ϕ' เป็นดังปรากฏในรูปที่ ๒



รูปที่ ๒ เรขาคณิตของการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อน

$$D_{h,s}(\phi,\phi';\beta_o') = -\frac{e^{-j\pi/4}}{2\sqrt{2\pi k}\sin\beta_o'}\left\{\frac{F[kL^i a(\phi-\phi')]}{\cos[(\phi-\phi')/2]} \pm \frac{F[kL^r a(\phi+\phi')]}{\cos[(\phi-\phi')/2]}\right\} \qquad (๖)$$

$$L^i = [ss'/(s+s')]\sin^2\beta_o' \qquad (๗)$$

$$L^r = \left[s\rho_1^r/\left(s+\rho_1^r\right)\right]\sin^2\beta_o \qquad (๘)$$

$$a(\phi\pm\phi') = 2\cos^2[(\phi\pm\phi')/2] \qquad (๙)$$

และ

$$F[x] = 2j\sqrt{x}e^{jx}\int_{\sqrt{x}}^{\infty} e^{-j\tau^2}d\tau \qquad (๑๐)$$

กรณีเครื่องหมาย $\pm$ ใช้เครื่องหมาย + สำหรับดัชนีล่าง h ใช้เครื่องหมาย – สำหรับดัชนีล่าง s

ค่าของ ρ_1^r ซึ่งเป็นรัศมีความโค้งหลักของหน้าคลื่นสะท้อน ณ จุด Q บนระนาบตกกระทบสามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\frac{1}{\rho_1^r} = \frac{1}{\rho_1^i} + \frac{2}{\rho_{g1}\cos\theta^i} \qquad (๑๑)$$

โดยที่

ρ_1' คือ รัศมีความโค้งหลักของหน้าคลื่นตกกระทบ ณ จุด Q บนระนาบตกกระทบ โดยมีขนาดเท่ากับระยะ s' จากแหล่งกำเนิดถึงจุด Q

ρ_{g1} คือ รัศมีความโค้งของผิว ณ จุด Q ในบริเวณระนาบตกกระทบ

θ^i คือ มุมตกกระทบ ณ จุด Q

ค่าตัวประกอบการลดทอน $A(s)$ ซึ่งแสดงผลเนื่องจากการบานออกของหน้าคลื่นเมื่อมีการแผ่กระจายออกจากแหล่งกำเนิด โดยในกรณีนี้ คือ จากตำแหน่งที่เกิดการเลี้ยวเบน สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$A(s) = \sqrt{\rho/[s(\rho + s)]} \qquad (๑๒)$$

ซึ่งระยะแตะตัด ρ จากตำแหน่งการเลี้ยวเบน ณ จุด Q บนขอบโค้งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_e'} - \frac{\hat{n}_e \cdot (\hat{s}' - \hat{s})}{a_e \sin^2 \beta_o'} \qquad (๑๓)$$

โดย

ρ_e' คือ รัศมีความโค้งของหน้าคลื่นตกกระทบ ณ จุด Q บนระนาบซึ่งประกอบด้วยเวกเตอร์ $\hat{e}$ และ $\hat{s}'$

a_e คือ รัศมีความโค้งของขอบ ณ จุด Q

$\hat{n}_e$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศตั้งฉากกับขอบ ณ จุด Q และชี้ออกจากจุดศูนย์กลางความโค้ง

พจน์อื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมามีนิยามดังต่อไปนี้

D_s คือ สัมประสิทธิ์การเลี้ยวเบนอย่างอ่อน

D_h คือ สัมประสิทธิ์การเลี้ยวเบนอย่างแข็ง

s' คือ ระยะจากแหล่งกำเนิดถึงจุด Q

s คือ ระยะจากจุด Q ถึงจุดสังเกต P

$\hat{e}$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวสัมผัสกับขอบ ณ จุด Q

$\hat{s}'$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวของรังสีตกกระทบ ณ จุด Q

$\hat{s}$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวของรังสีเลี้ยวเบน ณ จุด Q

$\hat{\phi}, \hat{\phi}'$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยบนระนาบที่ตั้งฉากกับขอบ ณ จุด Q ดังแสดงในรูปที่ ๒(ข)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\hat{\beta}_o'$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยบนระนาบซึ่งประกอบด้วย $\hat{e}$ และ $\hat{s}'$

$\hat{\beta}_o$ คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยบนระนาบซึ่งประกอบด้วย $\hat{e}$ และ $\hat{s}$

β_o คือ มุมระหว่างแนวตกกระทบและแนวที่สัมผัสกับขอบ

โดยที่ $\hat{\beta}_o' = \hat{s}' \times \hat{\phi}'$, $\hat{\beta}_o' = \hat{s} \times \hat{\phi}$, $\hat{e} \cdot \hat{s}' = \hat{e} \cdot \hat{s} = \cos\beta_o' = \cos\beta_o$

ลำดับต่อไปจะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ที่ได้

๓.๒ ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อน

การวิเคราะห์ย่านทดสอบตามระเบียบวิธีที่นำเสนอในหัวข้อที่ผ่านมา ได้ดำเนินไปโดยใช้เรขาคณิตของย่านทดสอบและค่ามิติเชิงขนาดต่างๆ ดังปรากฏในรูปที่ ๑ ความถี่ปฏิบัติการที่สนใจกำหนดไว้ที่ ๘ GHz ๑๒.๕ GHz ๒๐ GHz และ ๔๐ GHz ตามลำดับ ในการวิเคราะห์นี้พิจารณาผลอันเนื่องจากความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นด้วยสายอากาศป้อนลักษณะต่างๆ ๓ ชนิด ได้แก่ ก) สายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง ข) สายอากาศชนิดโคไซน์กำลังหก ค) สายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสิบ ที่ความถี่ ๑๒.๕ GHz ๒๐ GHz และ ๔๐ GHz แสดงผลเฉพาะกรณีสายอากาศป้อนเป็นสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง ทั้งนี้เพื่อแสดงแนวโน้มเชิงความถี่ของผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบเท่านั้น ผลการวิเคราะห์ส่วนหนึ่งแสดงในรูปของภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าทั้งส่วนโพลาไรเซชันร่วม และส่วนโพลาไรเซชันไขว้ ตำแหน่งของระนาบตัดขวางเพื่อดูภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าวาง ณ ระยะห่างจากจุดโฟกัส ๑.๐๐ เมตร ๑.๗๕ เมตร และ ๒.๕๐ เมตร ตามลำดับ ตำแหน่งเหล่านี้เป็นตำแหน่งที่คาดหวังว่าจะเป็นบริเวณปริมณฑลที่เรียกว่าแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่งแสดงสรุปในรูปของตารางเพื่อความสะดวกในการพิจารณา

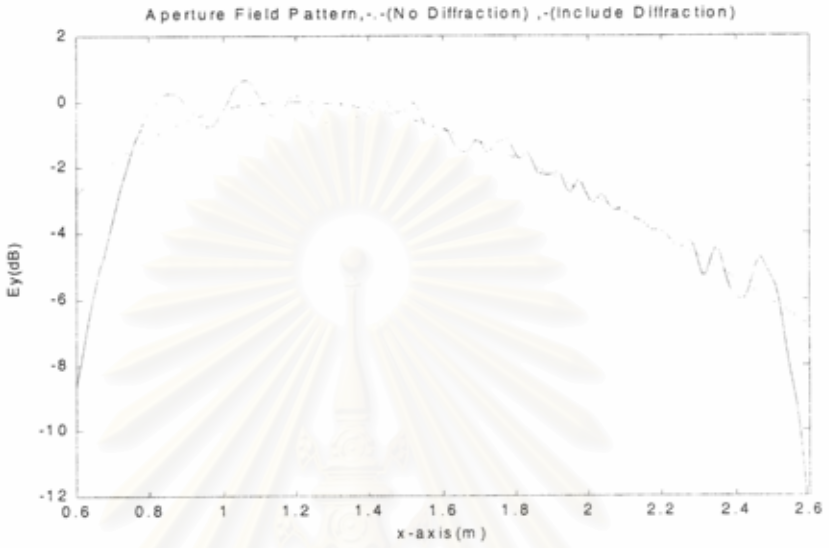
ในลำดับแรกจะนำเสนอผลในส่วนของโพลาไรเซชันร่วมดังต่อไปนี้

๓.๒.๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาไรเซชันร่วม

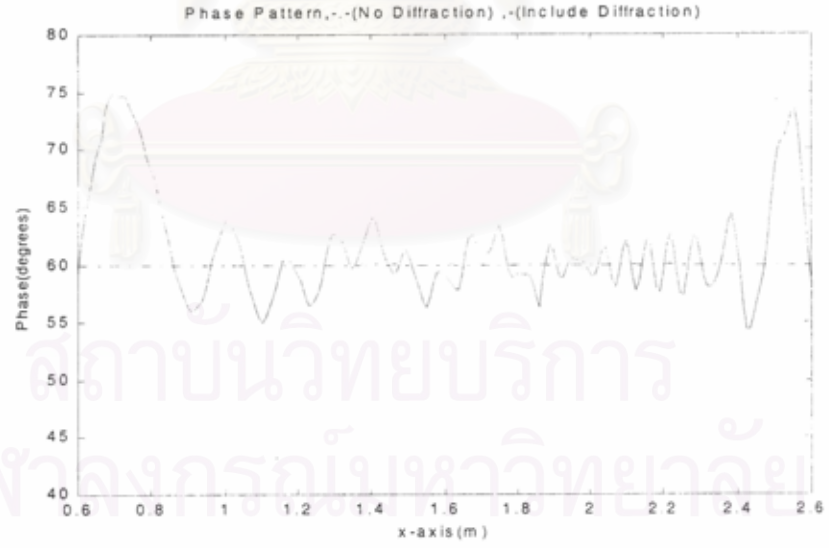
ผลส่วนนี้แสดงเฉพาะภาพในระนาบตัดตามแนวนอนและตั้งของระนาบตัดขวางของแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า (ดูรูปที่ ๑ ประกอบ)

กรณีความถี่ ๘ GHz

ก) สายอากาศซนิดโคไซน์กำลังสอง



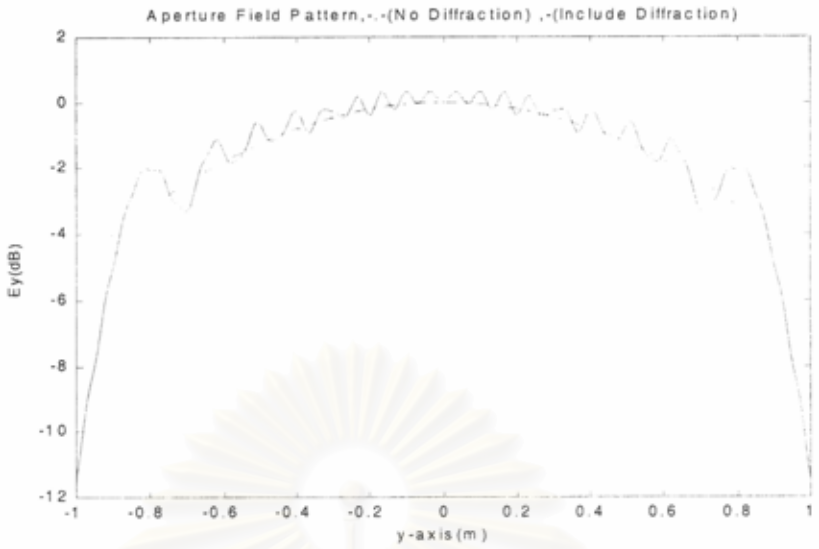
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



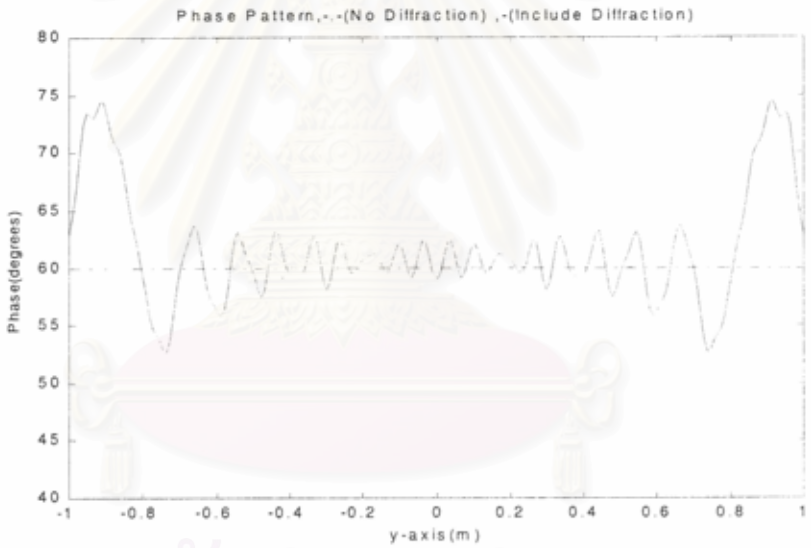
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

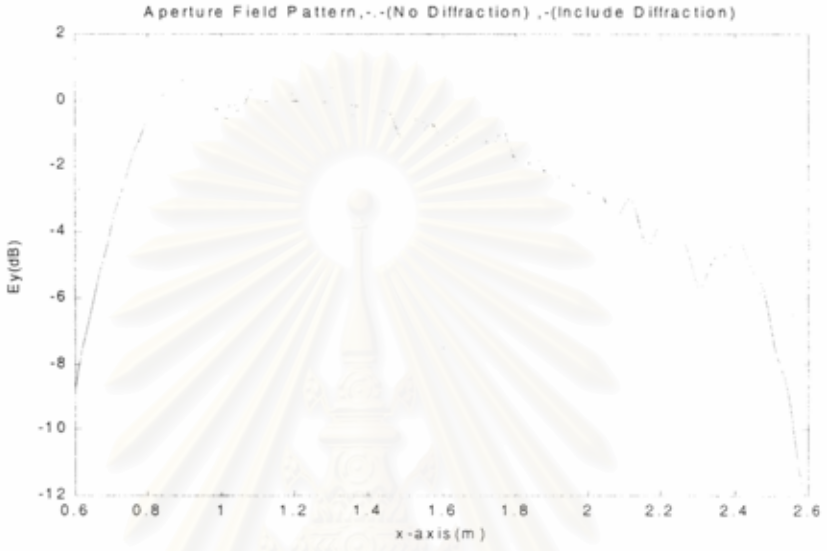
จะพบจากรูปที่ ๓ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

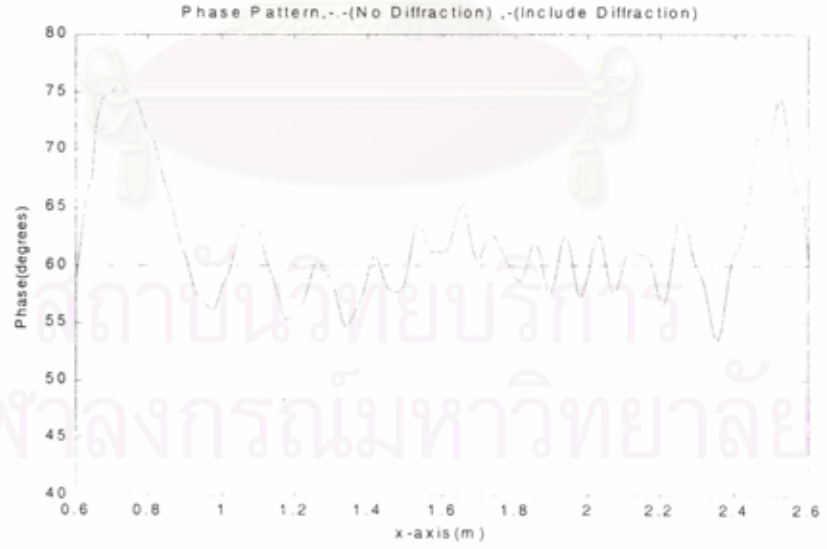
- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ช่วงระยะ ๐.๘ – ๒.๒ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความสมมาตร ช่วงระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๓ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๗) – ๐.๗ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร



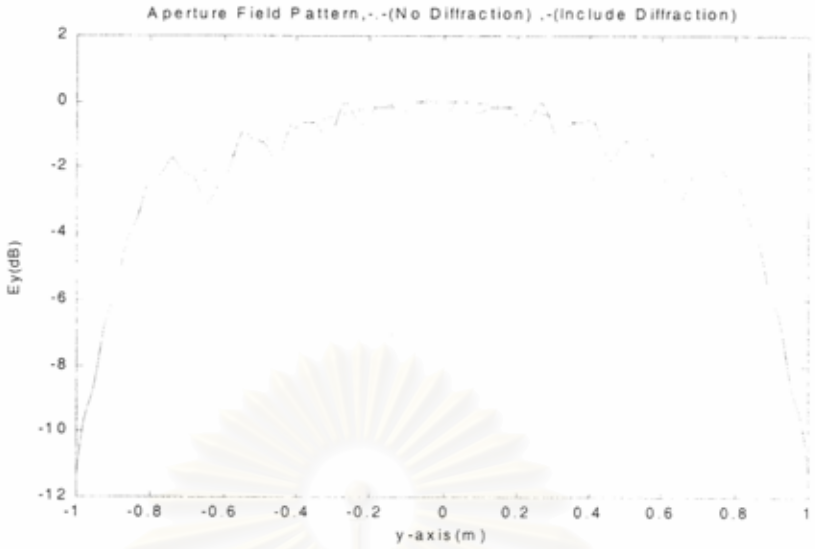
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



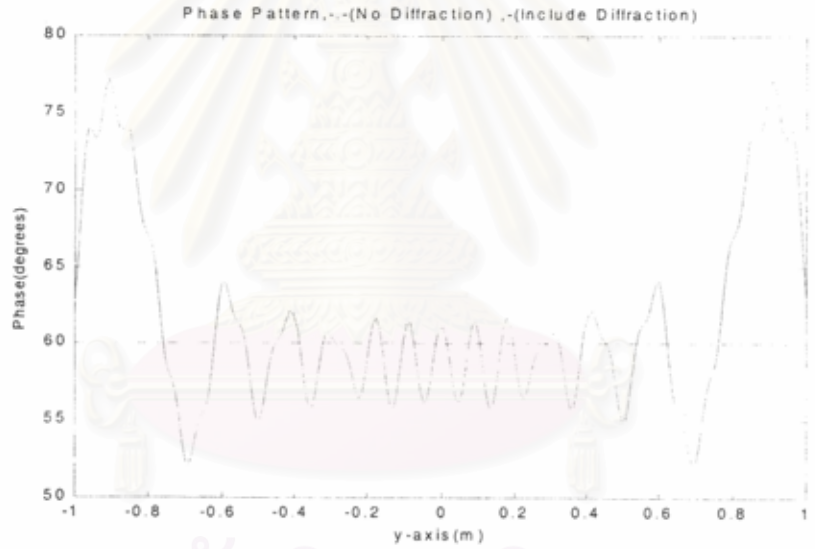
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร (ต่อ)

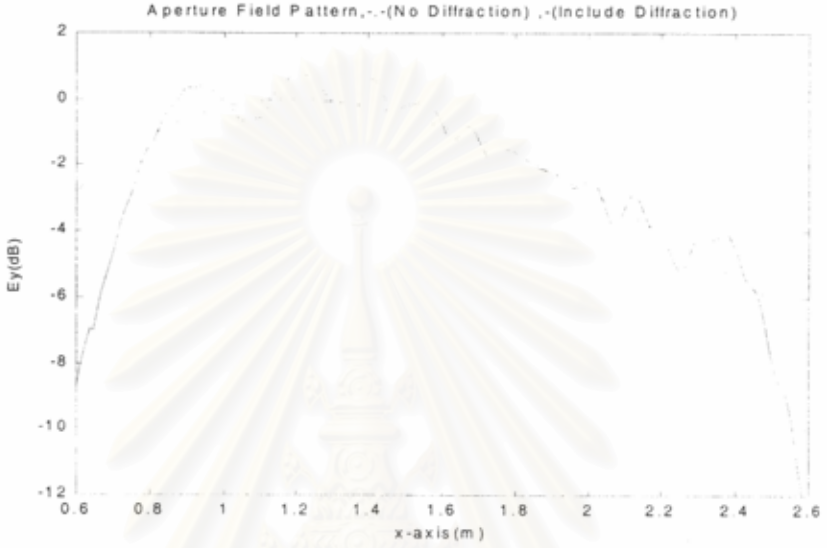
จะพบจากรูปที่ ๔ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

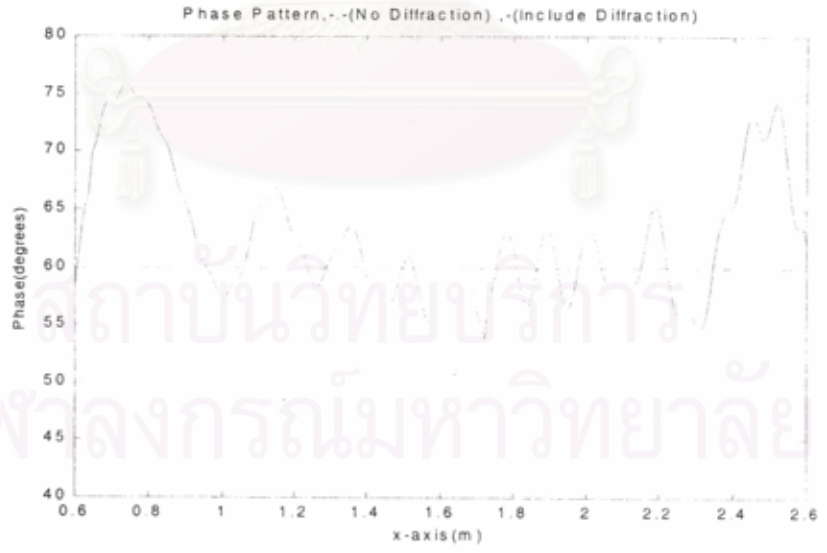
- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ช่วงระยะ ๐.๘ – ๒.๒ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๓ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความสมมาตร ช่วงระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๓ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร



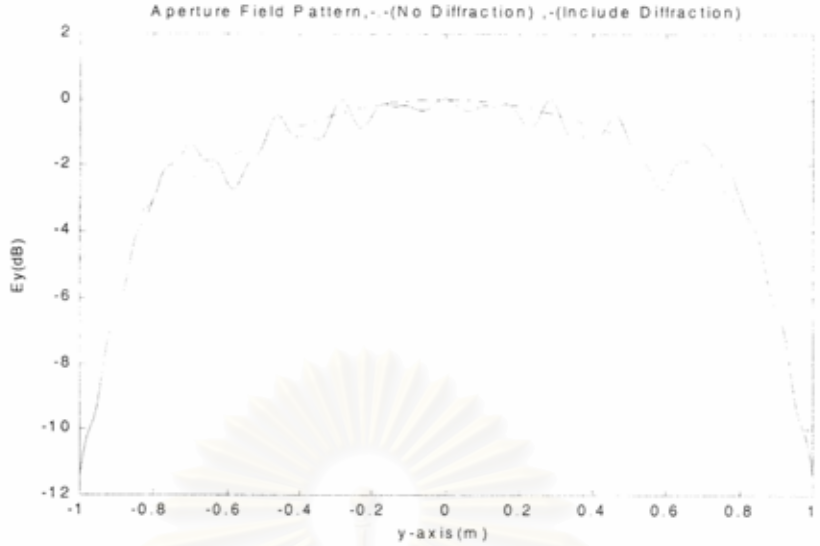
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



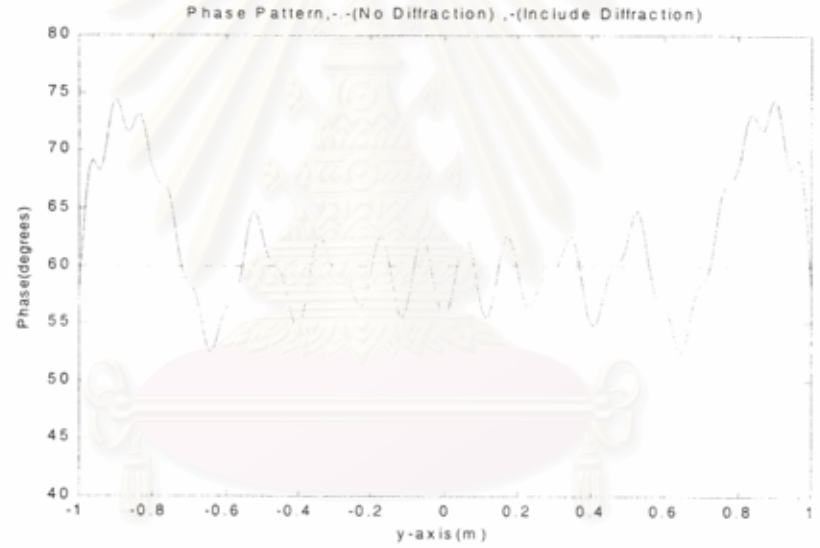
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๕ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

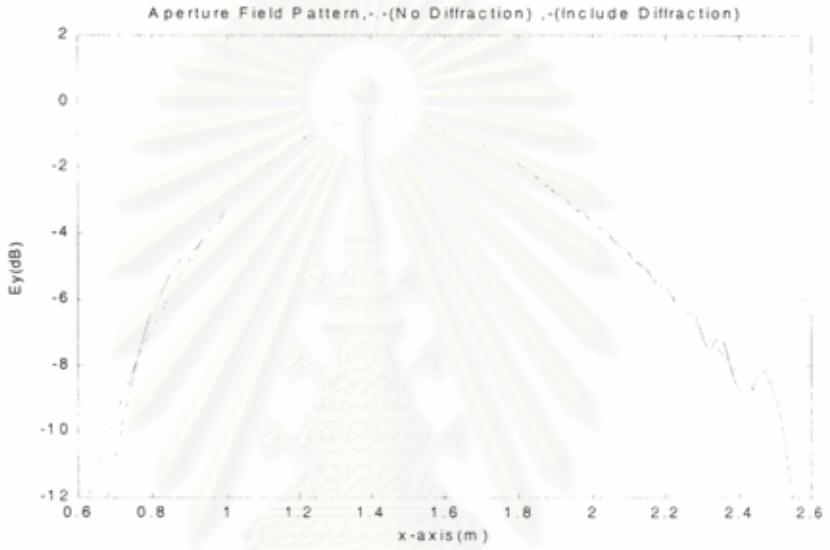
ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ช่วงระยะ ๐.๘ – ๒.๑ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีลักษณะเป็นแอ่งตรงกลาง และขาดความสมมาตร

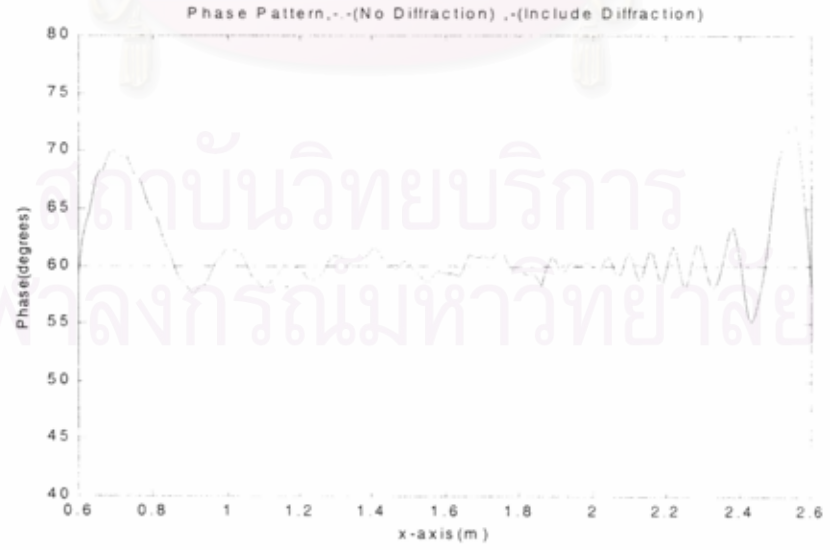
ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ขนาดระลอก ± ๑.๐ dB แบบรูปมีความสมมาตร ช่วงระยะ (-๐.๘) – ๐.๘ m ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๓ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร

ข) สายอากาศชนิดโคไซน์กำลังหก



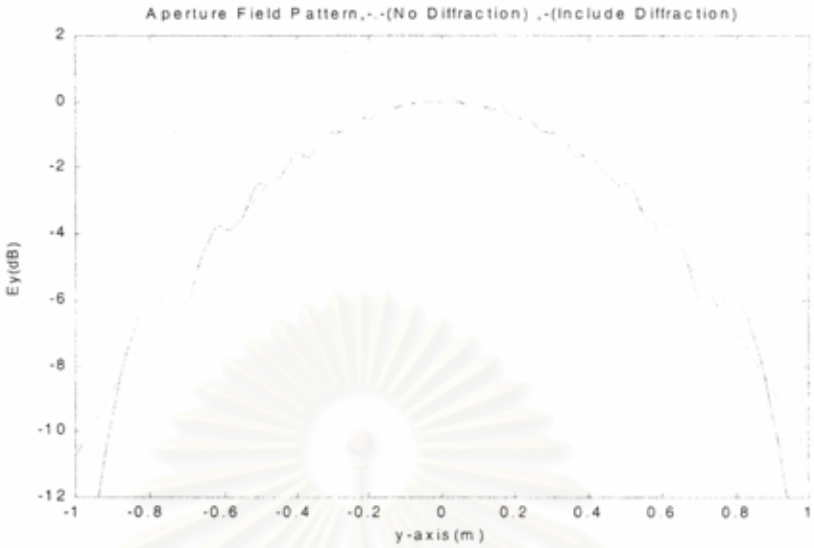
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



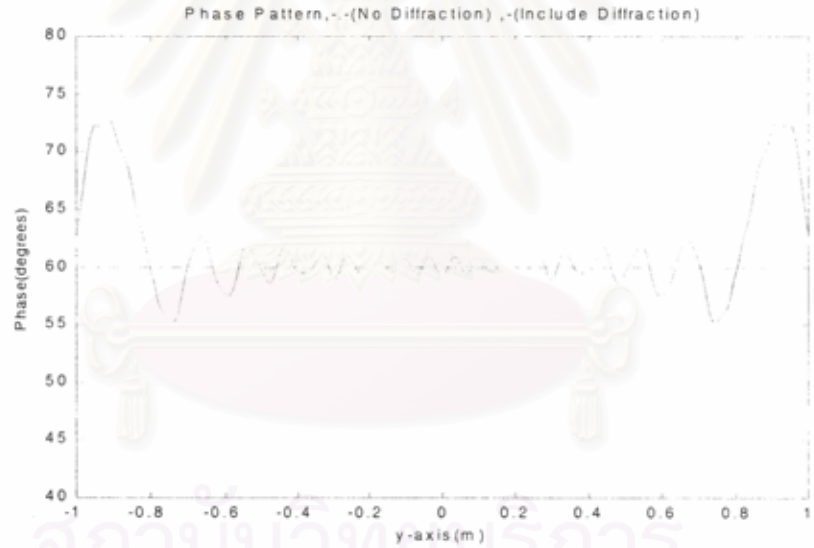
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๖ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

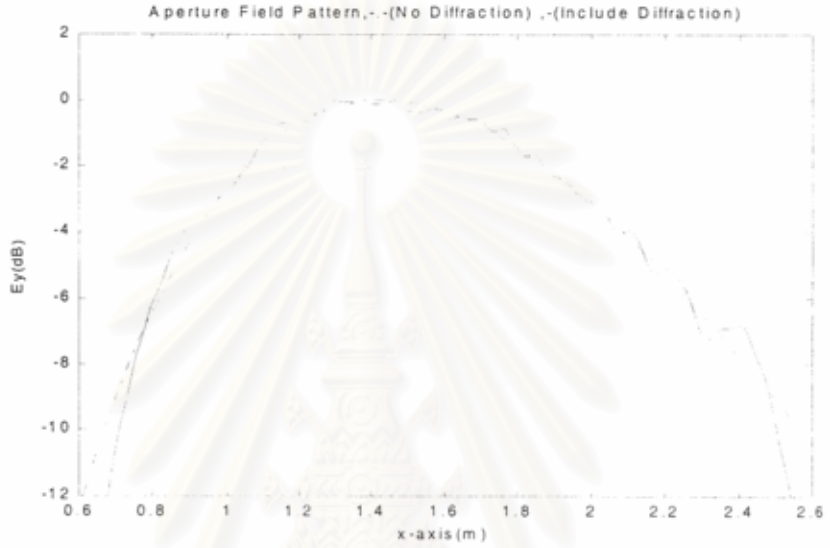
รูปที่ ๖ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๖ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ± ๓° แบบรูปไม่มีความสมมาตร ภาพตัดตามแนวนอน
- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ± ๓° แบบรูปมีความสมมาตร

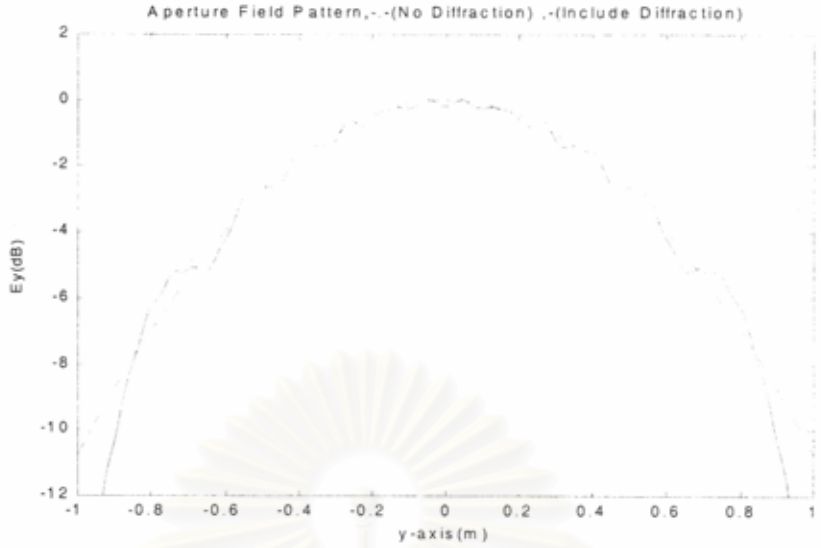


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

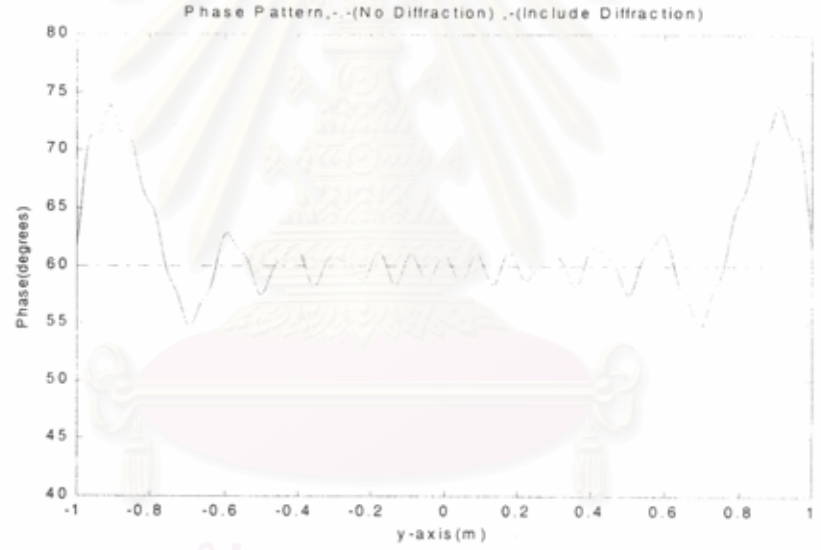
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๗ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๗ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๗ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

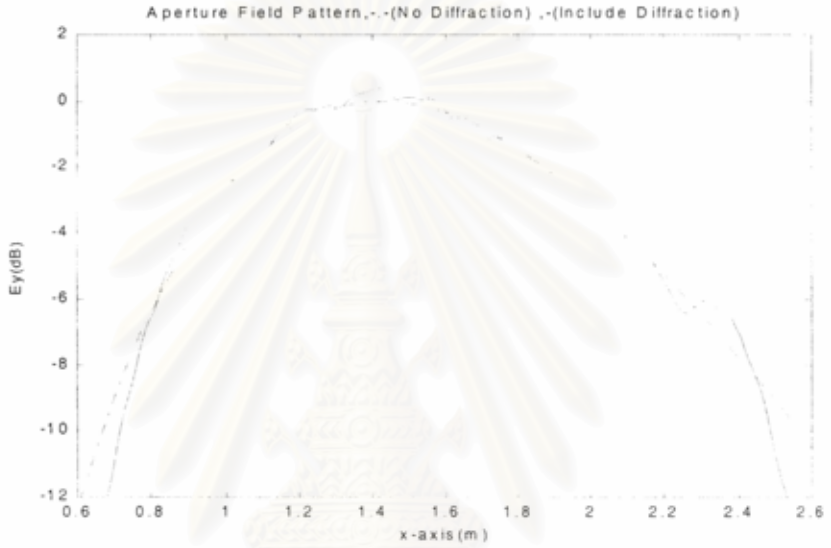
ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

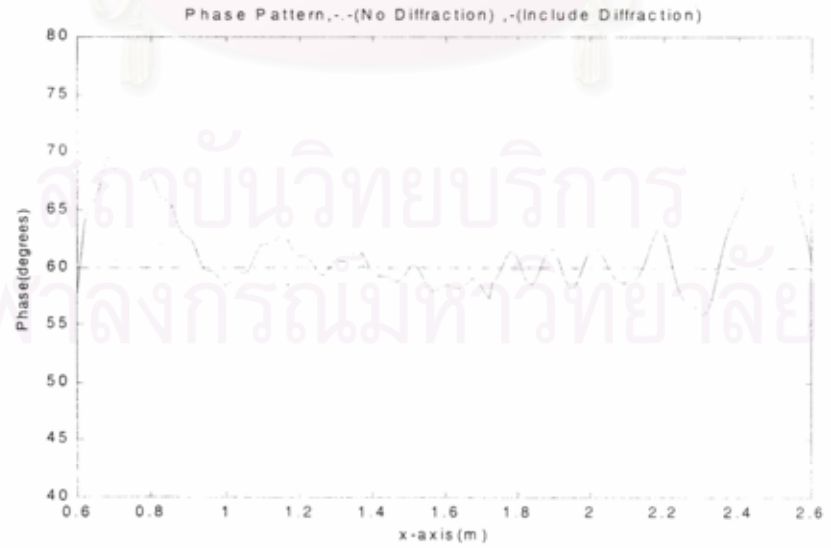
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ±๓° แบบรูปขาดความสมมาตรในรายละเอียด

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ±๐.๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๖) – ๐.๖ m ขนาดระลอก ±๓° แบบรูปมีความสมมาตร



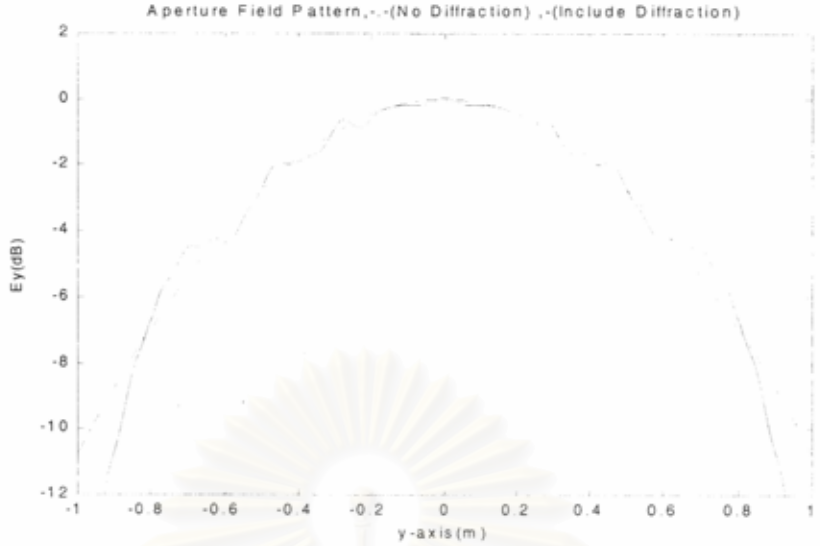
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



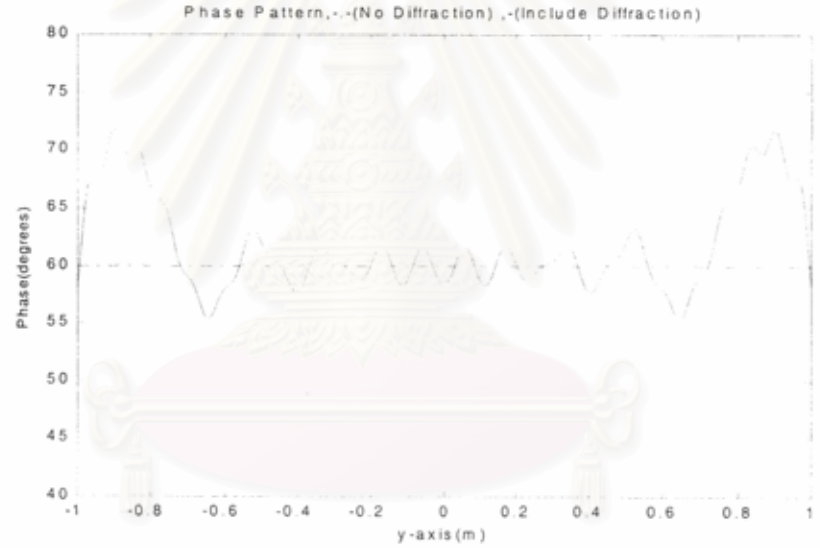
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๘ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

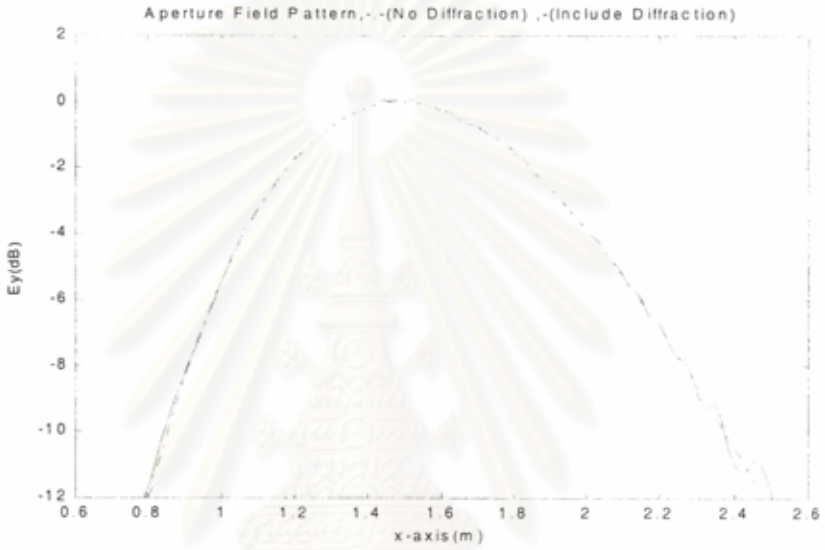
ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ±๐.๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก $\pm ๓^{\circ}$ แบบรูปขาดความสมมาตรในรายละเอียด

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ± ๓° แบบรูปมีความสมมาตร

ค) สายอากาศชนิดโคไซน์ กำลัง 10

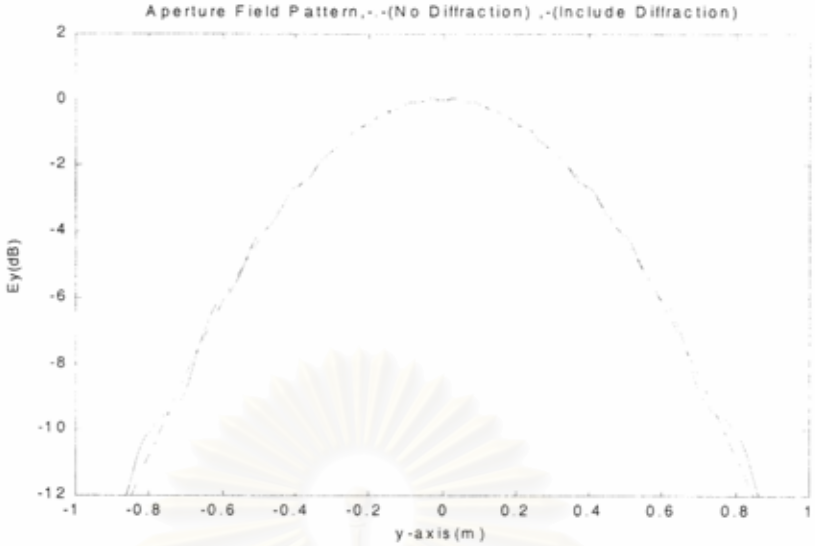


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

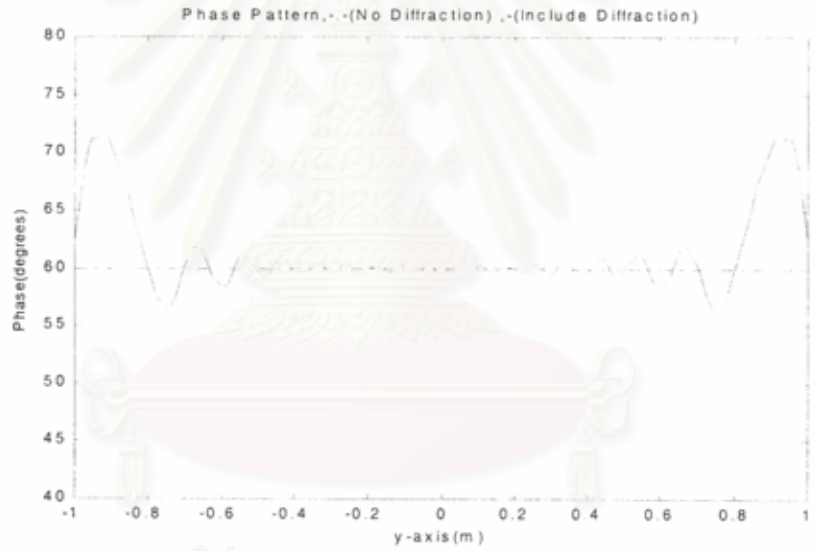
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๙ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

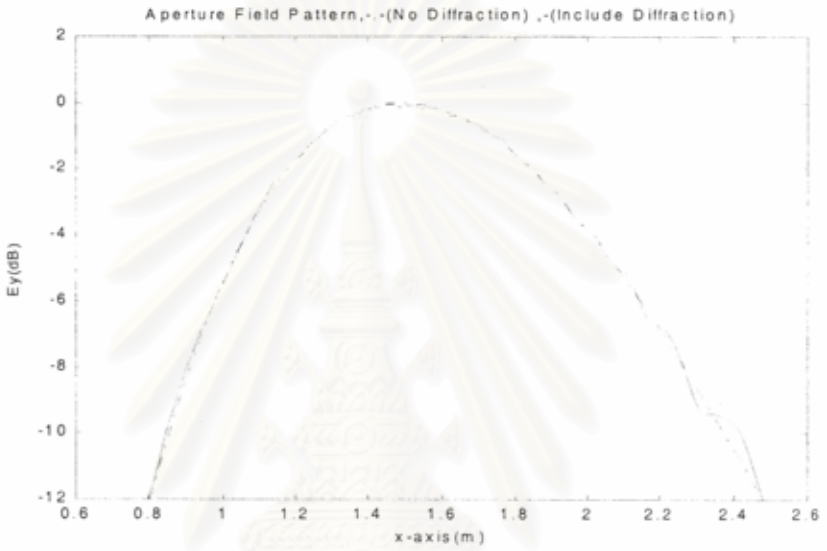
ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๑.๑ – ๒.๐ m ขนาดระลอก ± ๐.๒๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

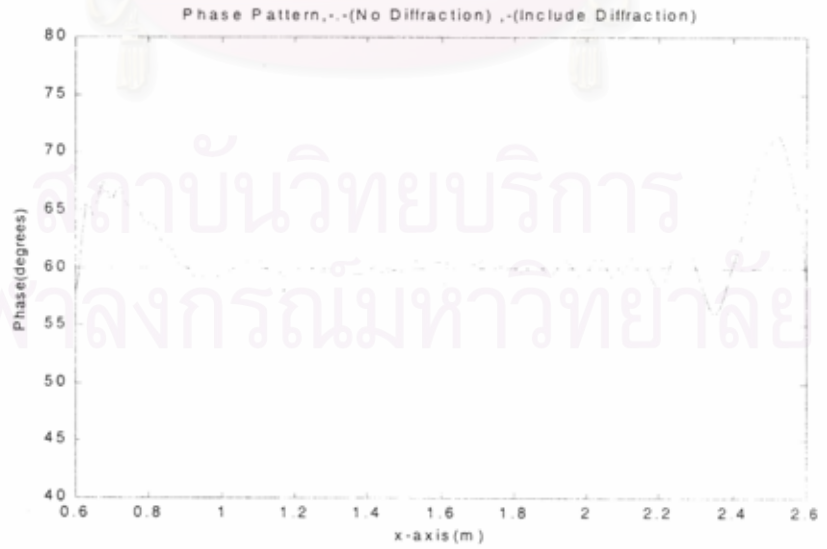
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๒ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปขาดความสมมาตรในรายละเอียด

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ±๐.๒๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปมีความสมมาตร



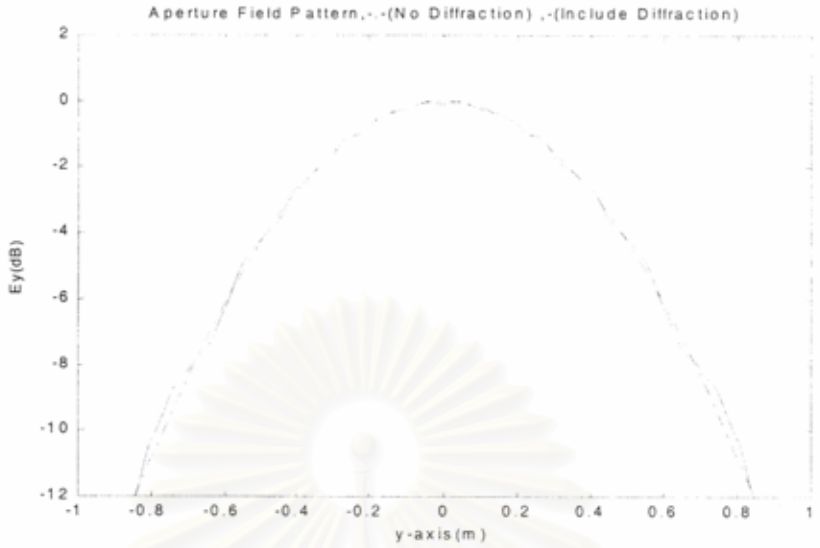
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



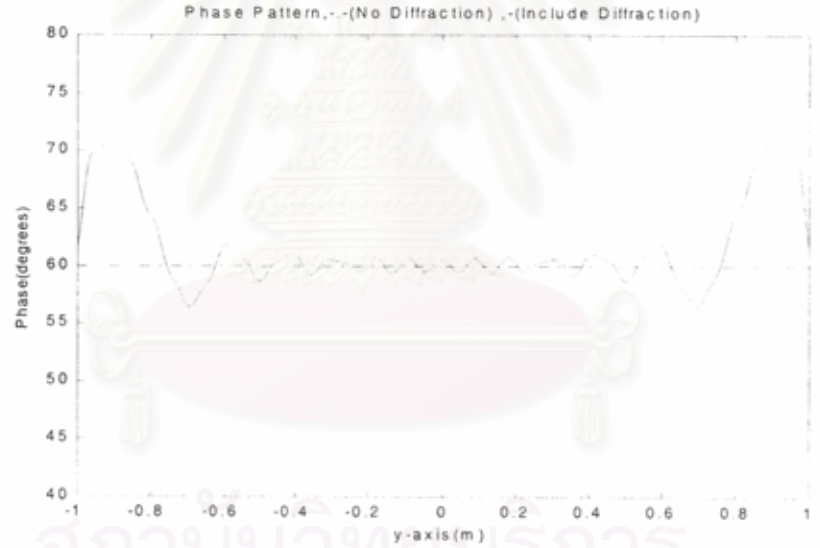
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๑๐ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

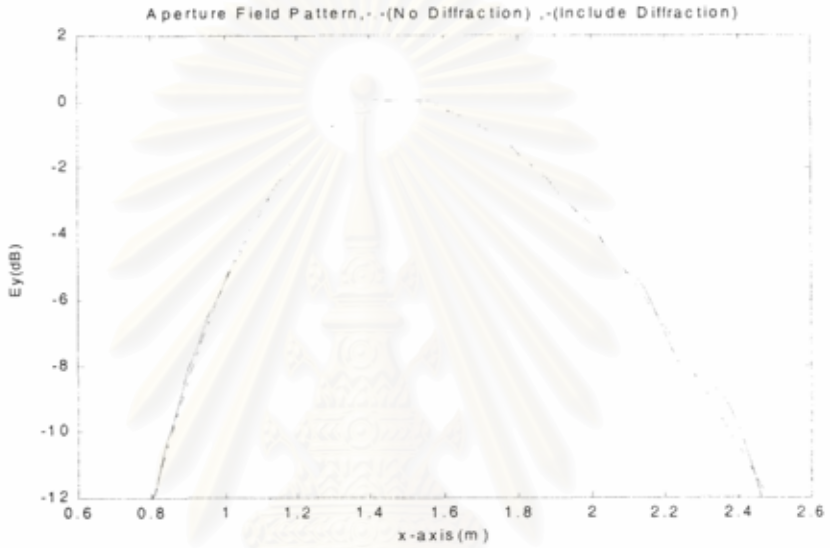
ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๑.๑ – ๒.๐ m ขนาดระลอก ± ๐.๒๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

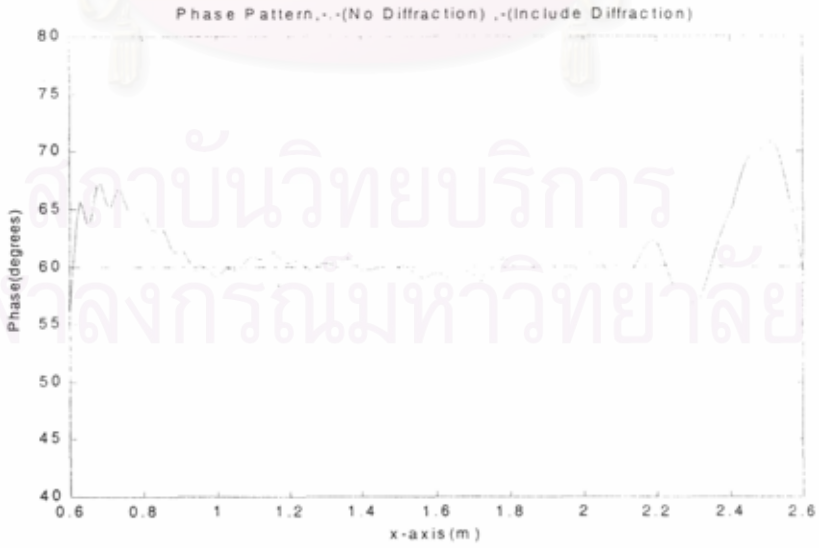
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปขาดความสมมาตรในรายละเอียด

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ±๐.๒๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปมีความสมมาตร



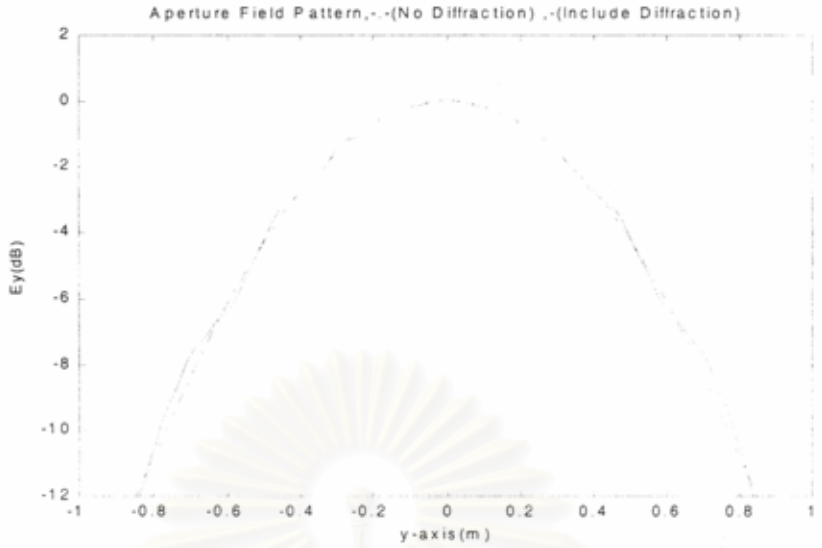
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



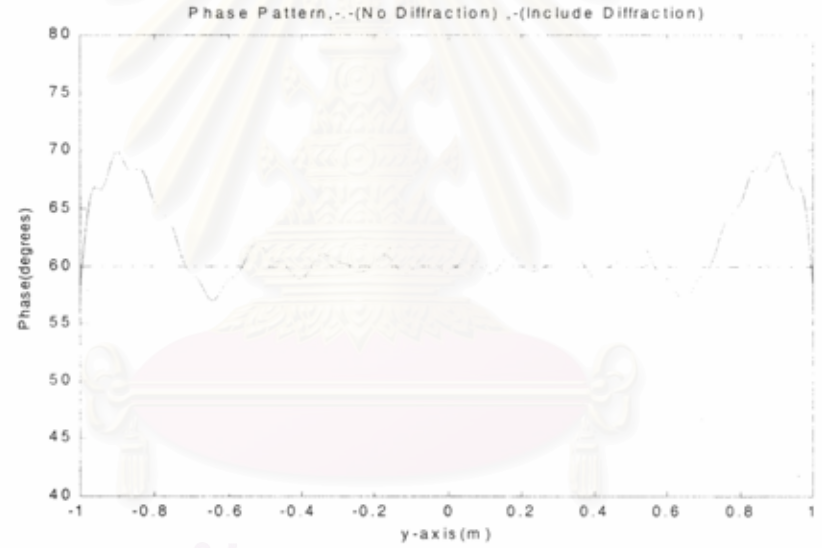
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๑๑ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๑.๑ – ๒.๐ m ขนาดระลอก ± ๐.๒๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

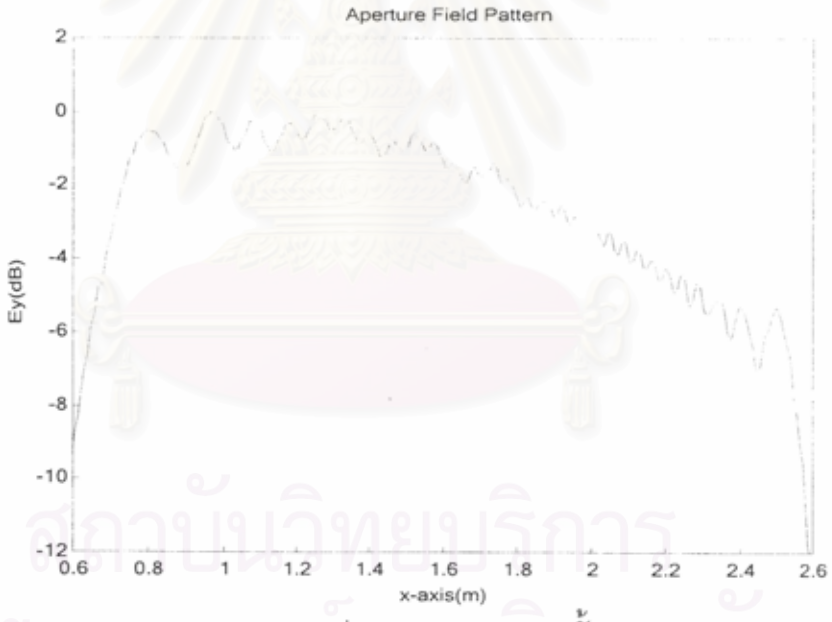
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๐ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปขาดความสมมาตรในรายละเอียด

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๕) – ๐.๕ m ขนาดระลอก ±๐.๒๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๔) – ๐.๔ m ขนาดระลอก ±๒° แบบรูปมีความสมมาตร

<u>กรณีความถี่ ๑๒.๕ GHz</u>

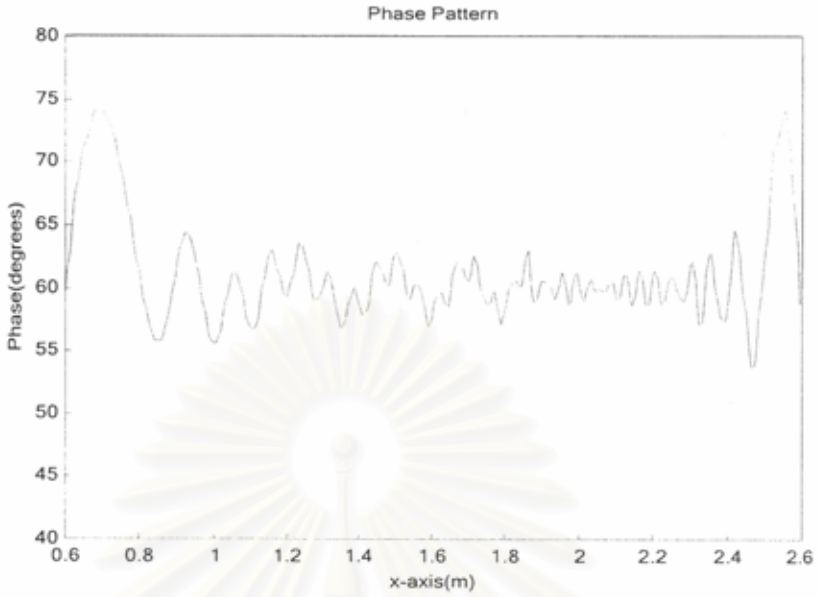
กรณีนี้ศึกษาเฉพาะสายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร เท่านั้น ที่ระยะอื่นแสดงสรุปในรูปของตาราง



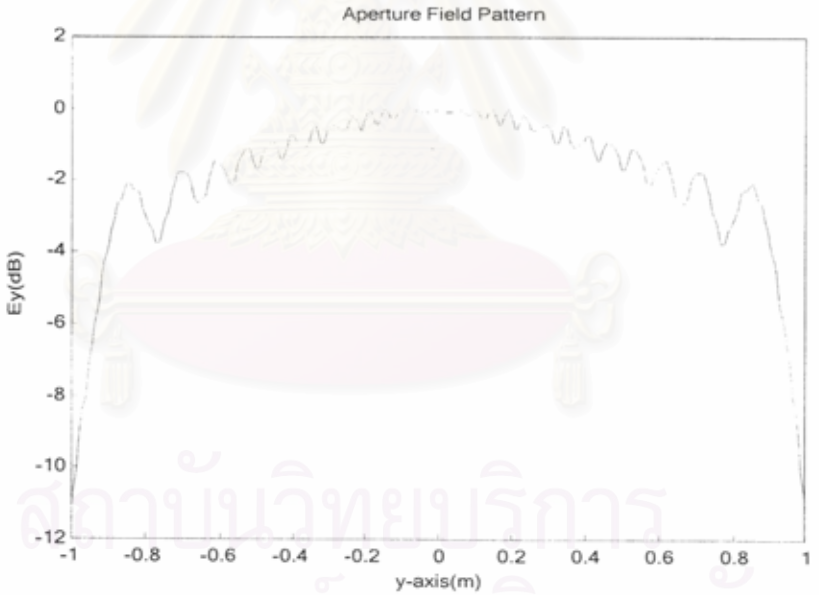
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



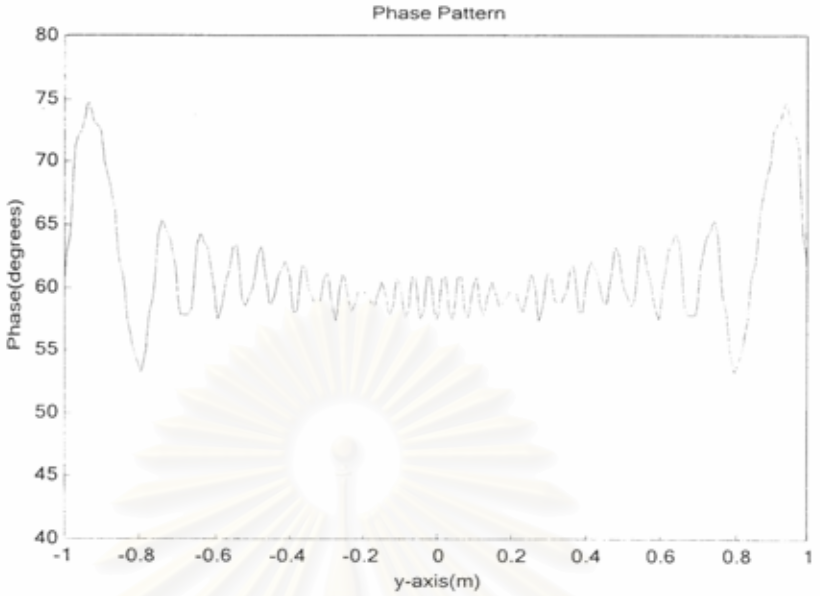
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

รูปที่ ๑๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๑๒ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๑.๐ – ๒.๑ m ขนาดระลอก ± ๑.๐๐ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๕ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๘ – ๒.๕ m ขนาดระลอก ± ๕° แบบรูปขาดความสมมาตร

ภาพตัดตามแนวนอน

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๗) – ๐.๗ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๕ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๗) – ๐.๗ m ขนาดระลอกน้อยกว่า ± ๕° แบบรูปมีความสมมาตร

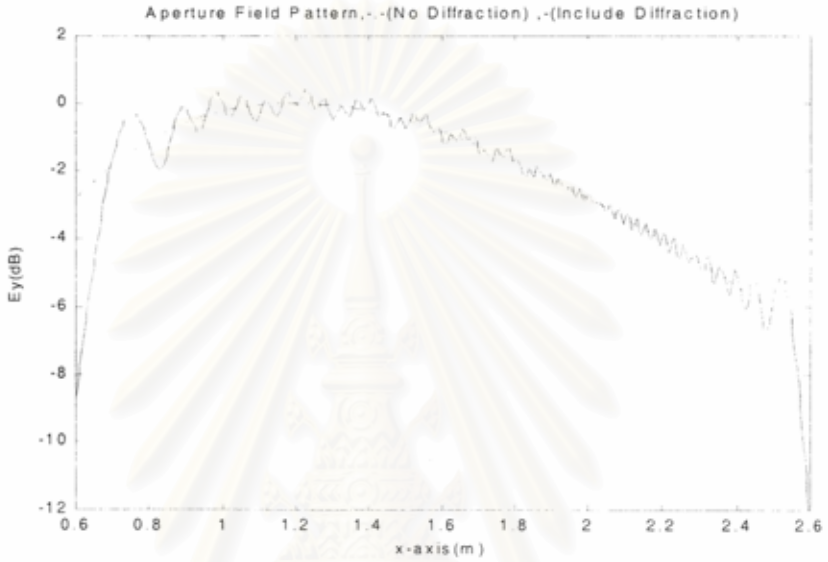
ตารางที่ ๑ สรุปการแจกแจงความเข้มสนามที่ความถี่ ๑๒.๕ GHz สายอากาศป้อนชนิดโคไซน์กำลังสอง

กรณี	ภาพตัดตามแนวตั้ง		ภาพตัดตามแนวนอน	
	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.0 เมตร	- ที่ระยะ 1.0-2.1 m ขนาดระลอก ± 1 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 4 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.8-2.4 m ขนาดระลอก ± 5° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-0.7)-0.7 m ขนาดระลอก ± 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 4 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.7)-0.7 m ขนาดระลอก ± 5° - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.75 เมตร	- ที่ระยะ 0.95-2.2 m ขนาดระลอกน้อยกว่า ± 1 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 1.18-2.25 m ขนาดระลอก ± 5° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-0.7)-0.7 m ขนาดระลอก ± 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.8)-0.8 m ขนาดระลอก 2-5.4° - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 2.5 เมตร	- ที่ระยะ 1.05-2.3 m ขนาดระลอกน้อยกว่า ± 1 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 1.2-2.2 m ขนาดระลอก ± 5° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก ± 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก (-2.8)-1° - แบบรูปสมมาตร

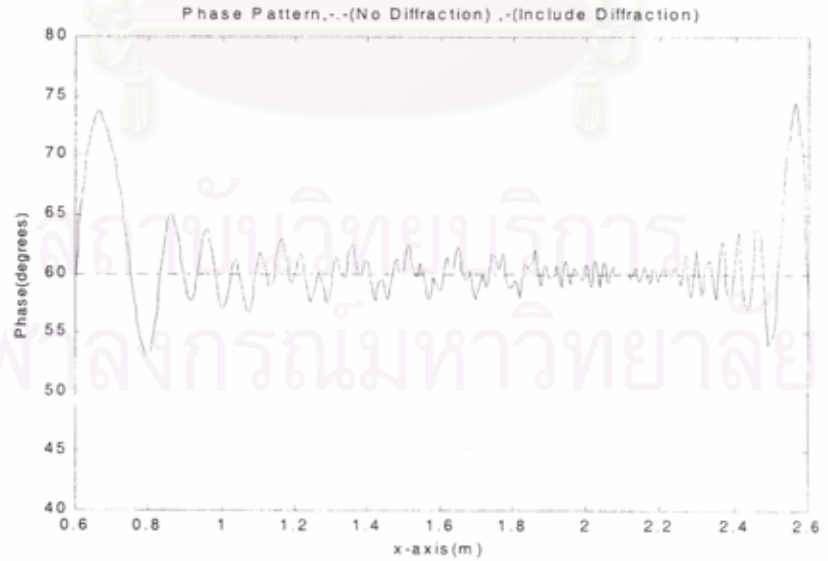
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณี ๒๐ GHz

กรณีนี้ศึกษาเฉพาะสายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร เท่านั้น ที่ระยะอื่นแสดงสรุปในรูปของตาราง

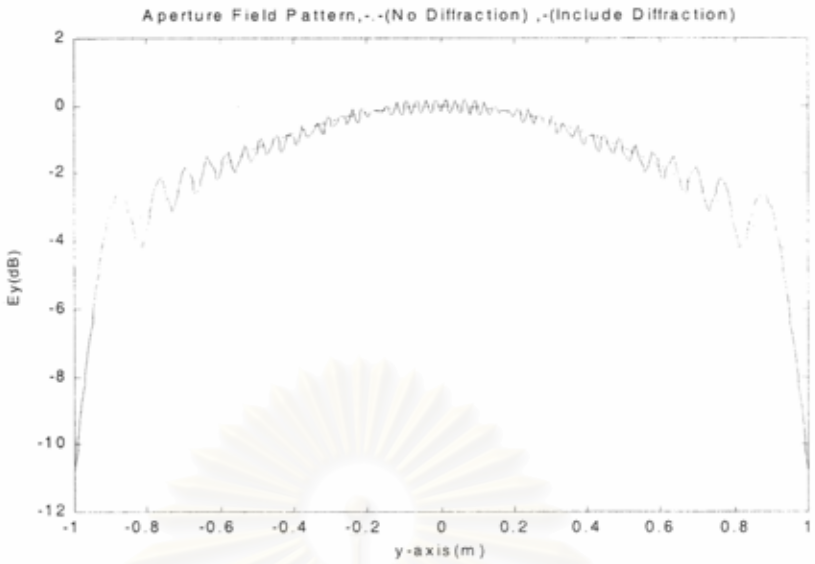


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

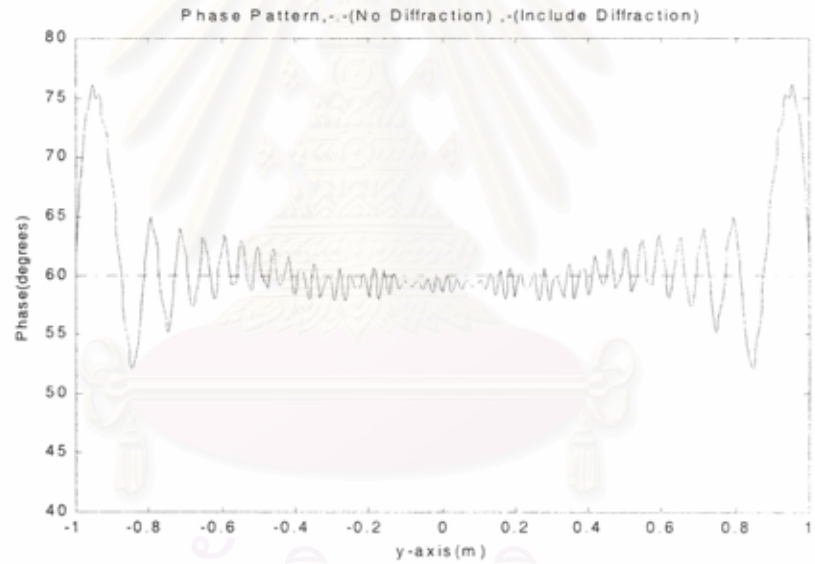


ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

จะพบจากรูปที่ ๑๓ ว่าขนาดระลอกทั้งบนแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาคทั้งกรณีภาพตัดตามแนวตั้งและแนวนอน เป็นดังต่อไปนี้

ภาพตัดตามแนวตั้ง

- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๒ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความไม่สมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๔ dB

- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ ๐.๙ – ๒.๔ m ขนาดระลอก ± ๓° แบบรูปขาดความสมมาตร ภาพตัดตามแนวนอน
- แบบรูปขนาดยอด: ที่ระยะ (-๐.๗) – ๐.๗ m ขนาดระลอก ± ๐.๕ dB แบบรูปมีความสมมาตร ความเรียวของแบบรูปมีค่าน้อยกว่า ๓ dB
- แบบรูปวัฏภาค: ที่ระยะ (-๐.๗) – ๐.๗ m ขนาดระลอกน้อยกว่า ± ๓° แบบรูปมีความสมมาตร

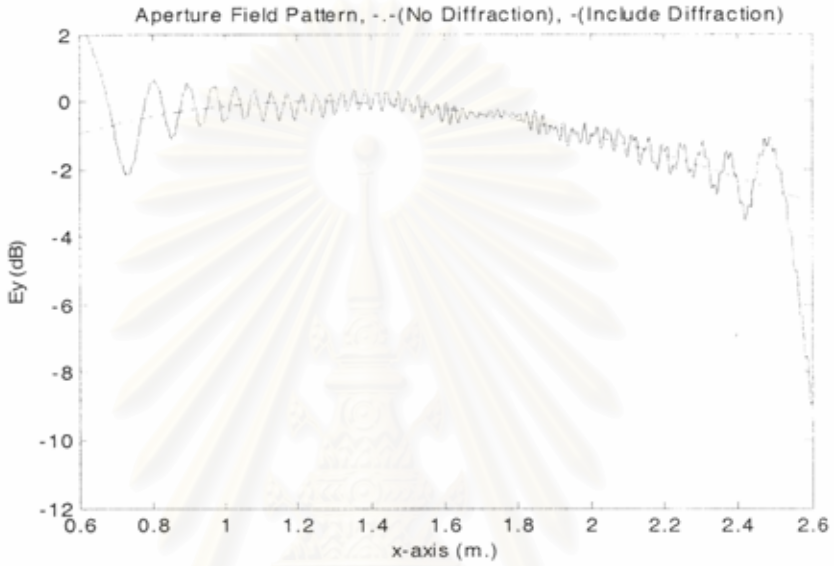
ตารางที่ ๒ สรุปการแจกแจงความเข้มสนามที่ความถี่ ๒๐ GHz สายอากาศป้อนซนิดโคไซน์กำลังสอง

กรณี	ภาพตัดตามแนวตั้ง		ภาพตัดตามแนวนอน	
	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.0 เมตร	- ที่ระยะ 0.9-2.2 m ขนาดระลอก ± 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.9-2.4 m ขนาดระลอก ± 3° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-0.7)-0.7 m ขนาดระลอก ± 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.7)-0.7 m ขนาดระลอก ± 3° - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.75 เมตร	- ที่ระยะ 0.95-2.3 m ขนาดระลอก ± 0.9 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.97-2.2 m ขนาดระลอก ± 5.2° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก (-0.05)-0.4 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.8)-0.8 m ขนาดระลอก (-1.2)-1.4° - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 2.5 เมตร	- ที่ระยะ 1.05-2.25 m ขนาดระลอก ± 1 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 1.1-2.15 m ขนาดระลอก (-6)-4.4° - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก (-0.6)-0.4 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก 1.4-4.6° - แบบรูปสมมาตร

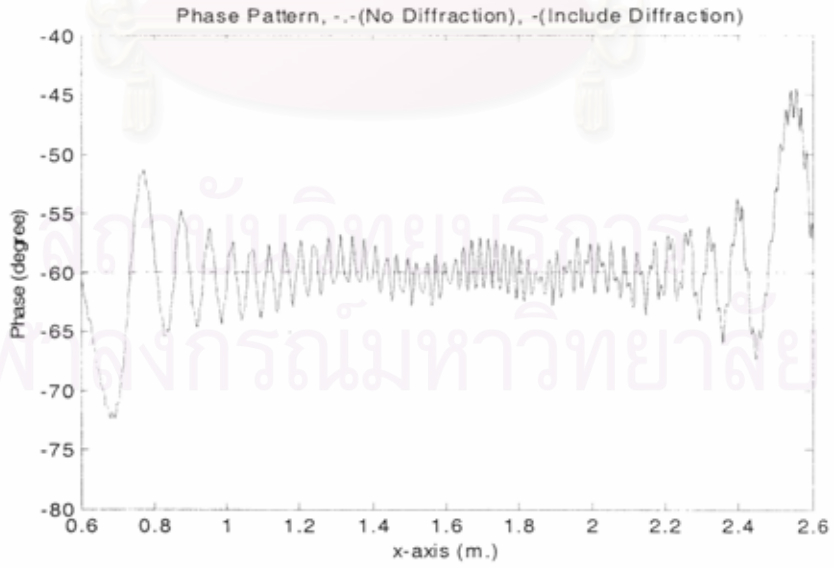
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรณี ๔๐ GHz

กรณีนี้ศึกษาเฉพาะสายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร เท่านั้น ที่ระยะอื่นแสดงสรุปในรูปของตาราง

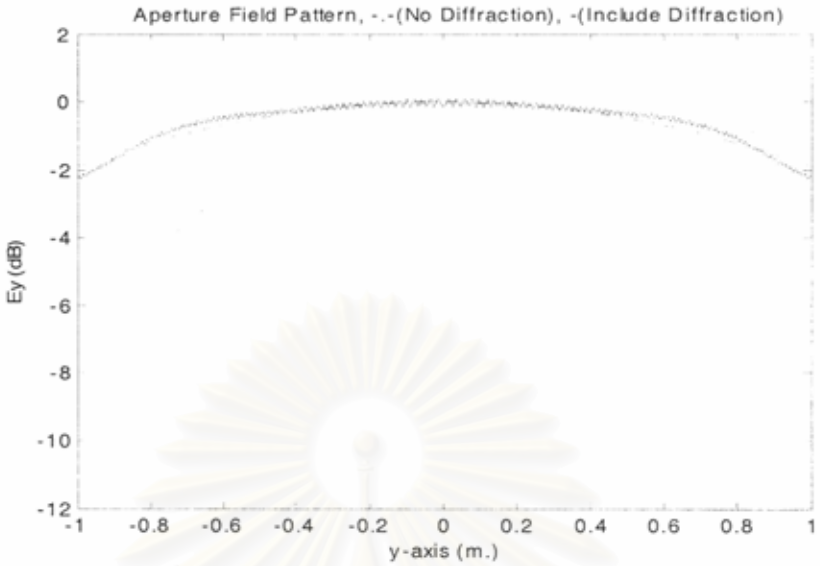


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

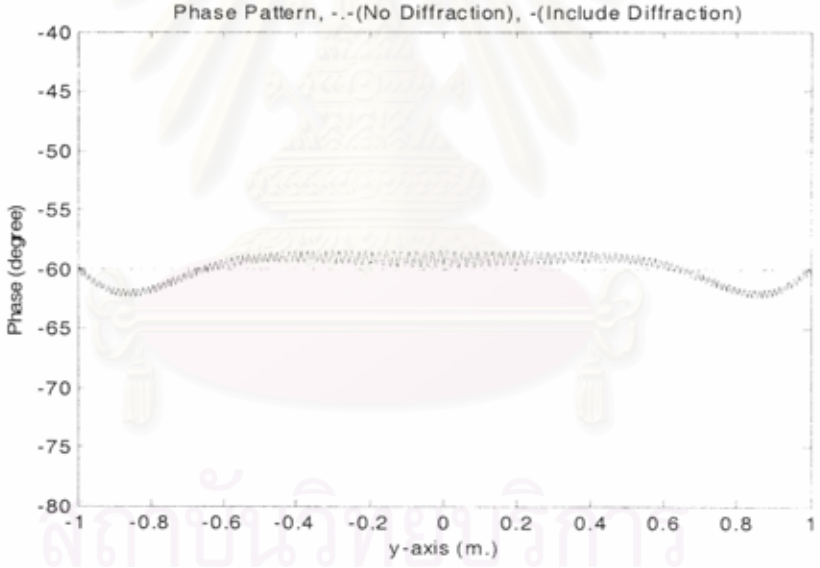


ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

ตารางที่ ๓ สรุปการแจกแจงความเข้มสนามที่ความถี่ ๔๐ GHz สายอากาศป้อนขนิดโคไซน์กำลังสอง

กรณี	ภาพตัดตามแนวตั้ง		ภาพตัดตามแนวนอน	
	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค	แบบรูปขนาดยอด	แบบรูปวัฏภาค
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.0 เมตร	- ที่ระยะ 0.8-2.4 m ขนาดระลอก $\pm$ 0.5 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.9-2.35 m ขนาดระลอก $\pm 4.8^{\circ}$ - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-0.9)-0.9 m ขนาดระลอก $\pm$ 0.2 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.8)-0.8 m ขนาดระลอกน้อยกว่า $\pm 2^{\circ}$ - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1.75 เมตร	- ที่ระยะ 0.85-2.3 m ขนาดระลอก $\pm$ 0.8 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.95-2.3 m ขนาดระลอก $\pm 4.4^{\circ}$ - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-1.0)-1.0 m ขนาดระลอก (-0.3)-0.1 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.95)-0.95 m ขนาดระลอก (-0.8)-1.4° - แบบรูปสมมาตร
ระยะห่างจากจุดโฟกัส 2.5 เมตร	- ที่ระยะ 0.87-2.35 m ขนาดระลอก $\pm$ 0.8 dB - ที่ระยะ 0.6-2.3 m ความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 3 dB - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ 0.95-2.13 m ขนาดระลอก $\pm 4.0^{\circ}$ - แบบรูปไม่สมมาตร	- ที่ระยะ (-0.95)-0.95 m ขนาดระลอก 0.0-0.4 dB และความเรียวของแบบรูปน้อยกว่า 1.9 dB - แบบรูปสมมาตร	- ที่ระยะ (-0.75)-0.75 m ขนาดระลอก (-1.2)-2.9° - แบบรูปสมมาตร

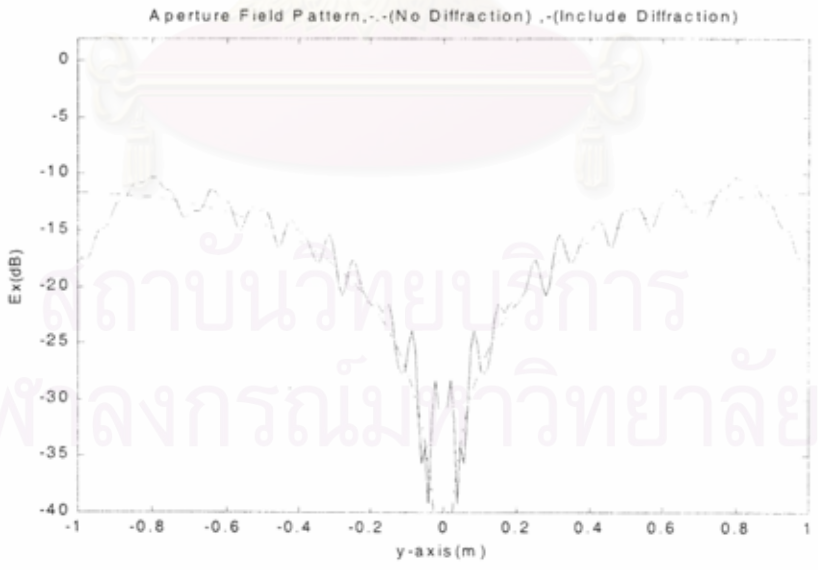
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓.๒.๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาไรเซชันไขว้

ผลส่วนของโพลาไรเซชันไขว้แสดงเฉพาะระนาบตัดตามแนวนอน เนื่องจากในระนาบตัดตามแนวตั้งไม่ปรากฏมีโพลาไรเซชันไขว้แต่อย่างใด อันเป็นผลจากความสมมาตรตามแนวตั้ง อย่างไรก็ตามเพื่อให้เห็นภาพเกี่ยวกับโพลาไรเซชันไขว้ที่สมบูรณ์พอสมควร จึงนำเสนอผลในระนาบตัดแนวทแยงไว้ประกอบการพิจารณาด้วยส่วนหนึ่ง ในด้านความถี่นำเสนอเฉพาะผลที่ความถี่ ๘ GHz ๒๖ GHz และ ๔๐ GHz เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ปรากฏมีผลการคำนวณมากเกินไป และอีกประการหนึ่งโพลาไรเซชันไขว้ก็มีแนวโน้มลดลงตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น แต่จะไม่หมดไปเนื่องจากสาเหตุสำคัญของการเกิดโพลาไรเซชันไขว้คือ ความไม่สมมาตรของตัวสะท้อนคลื่นที่ใช้เพื่อดัดหน้าคลื่น ผลส่วนหนึ่งจะแสดงในรูปตารางสรุปค่าระดับโพลาไรเซชันสูงสุด การพิจารณาปัญหาโพลาไรเซชันไขว้จะคำนึงถึงแต่ระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดเท่านั้น เนื่องจากผลกระทบที่เกิดปรากฏในรูปของสัญญาณรบกวนต่อระบบภายใต้การทดสอบ

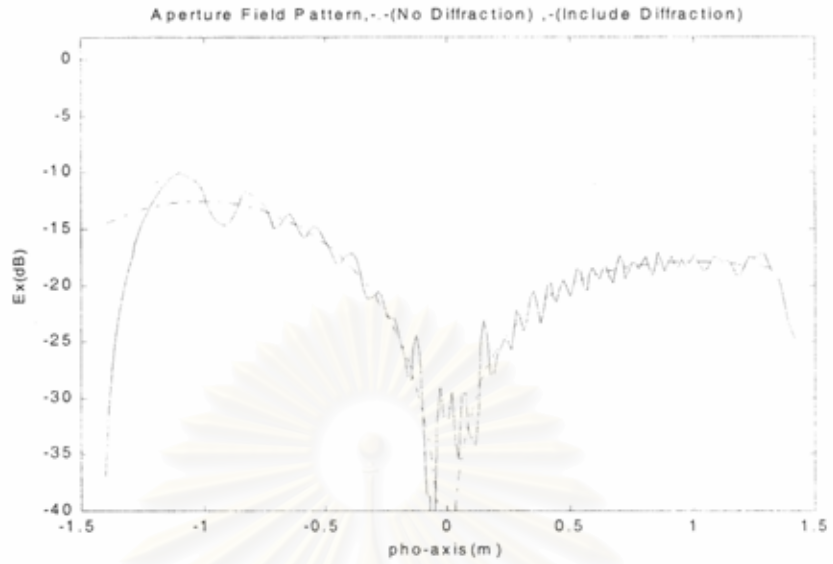
<u>ความถี่ ๘ GHz</u>

ก) สายอากาศชนิดโคไซน์ กำลัง 2

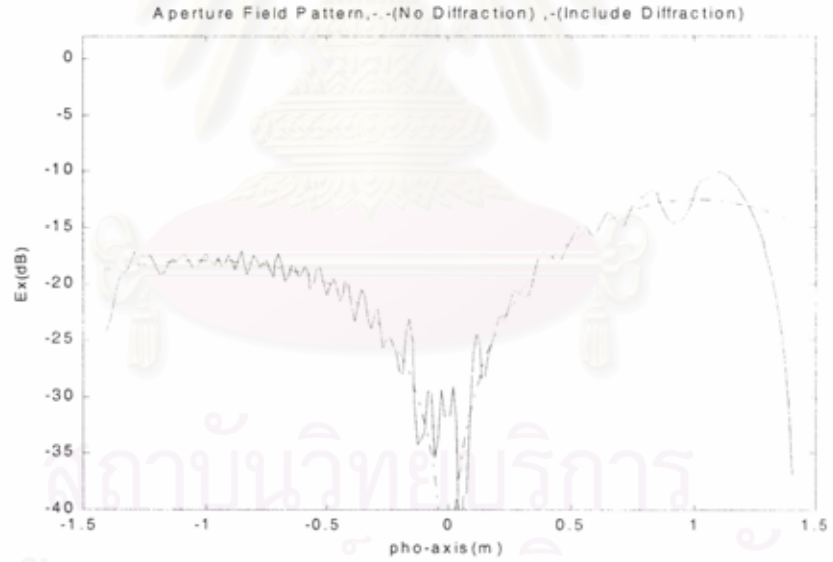


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

รูปที่ ๑๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร



ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

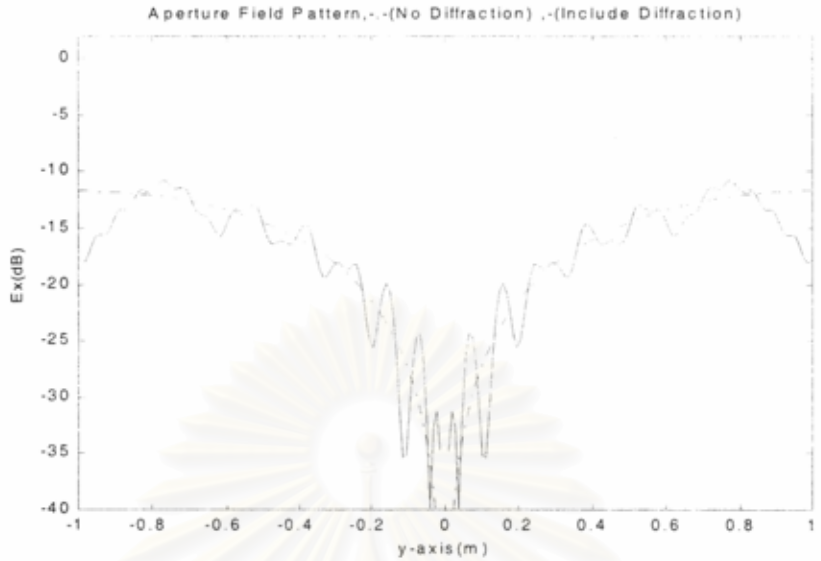


ค) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงขวา

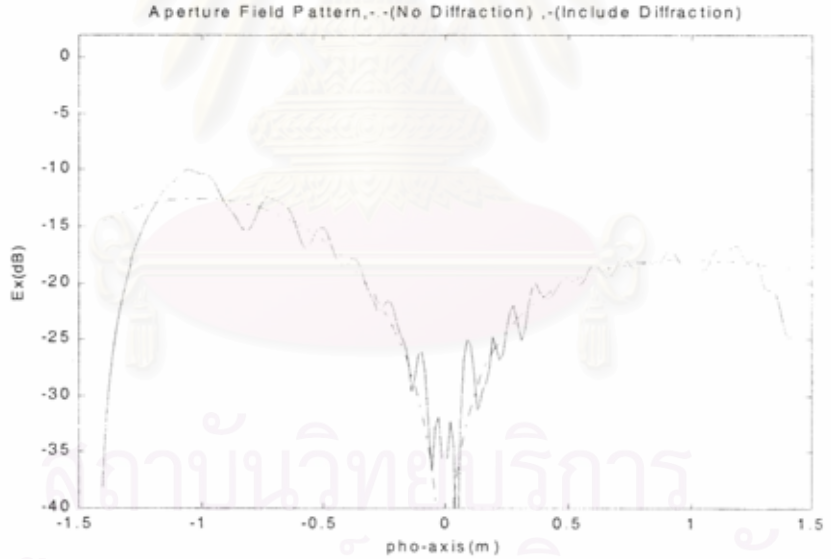
รูปที่ ๑๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร (ต่อ)

จากรูปพบว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๐ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

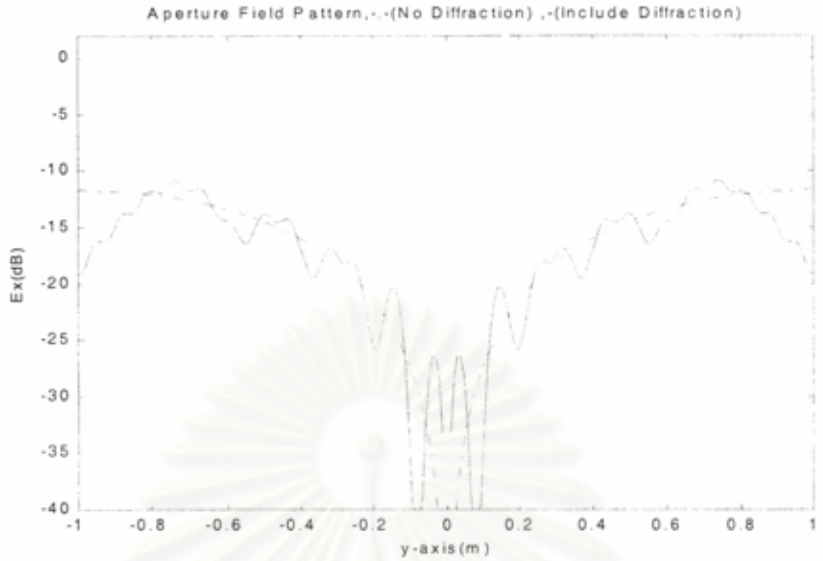


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

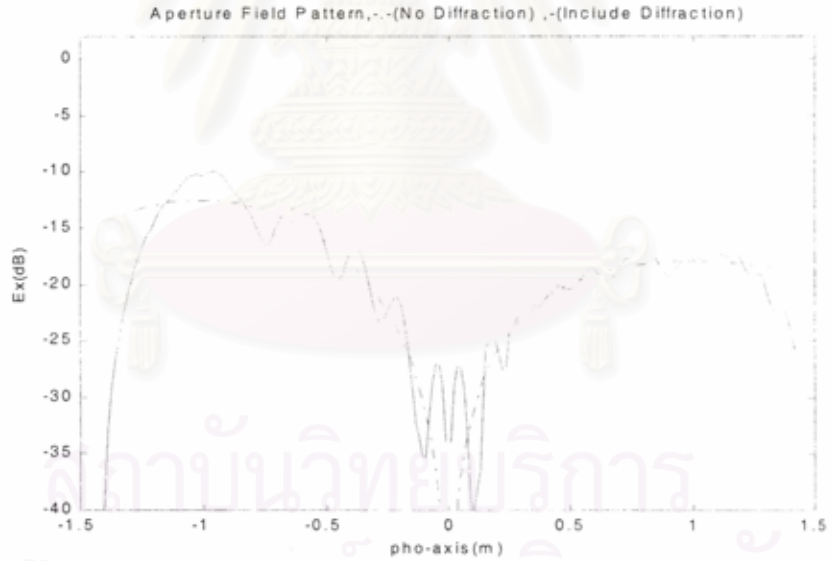
รูป ๑๖ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๐ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน



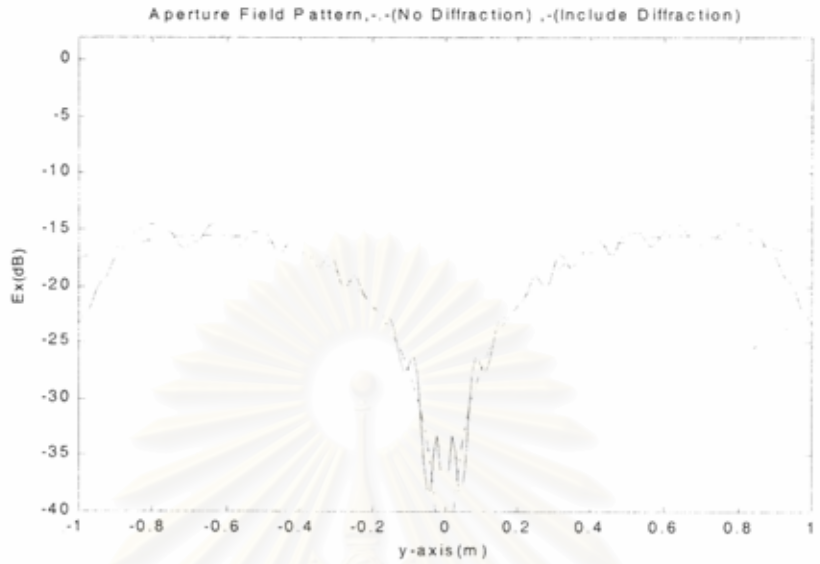
ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

รูปที่ ๑๗ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

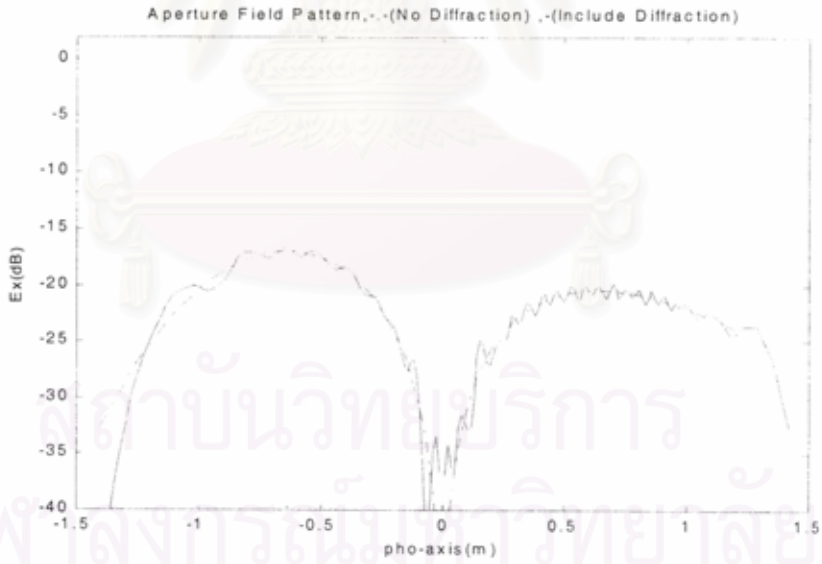
จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๐ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) สายอากาศชนิดโคไซน์ กำลัง 6



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

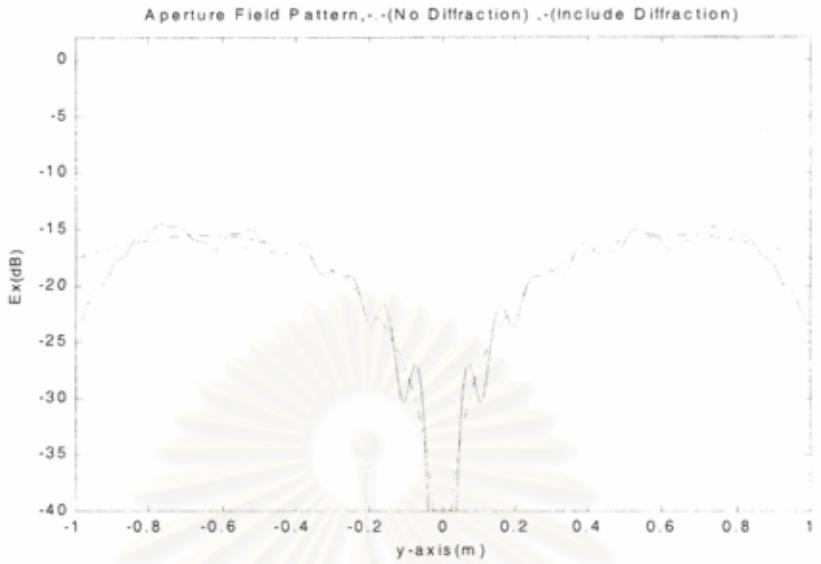


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

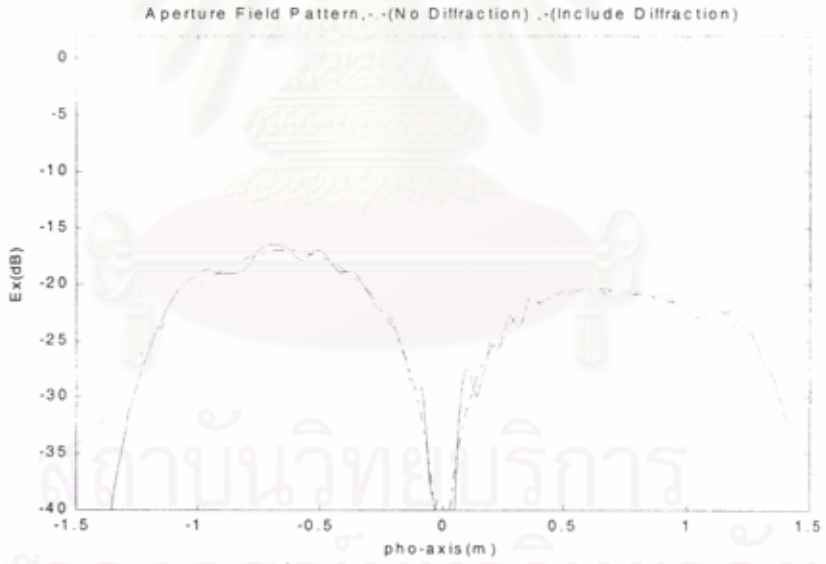
รูปที่ ๑๘ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๕ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

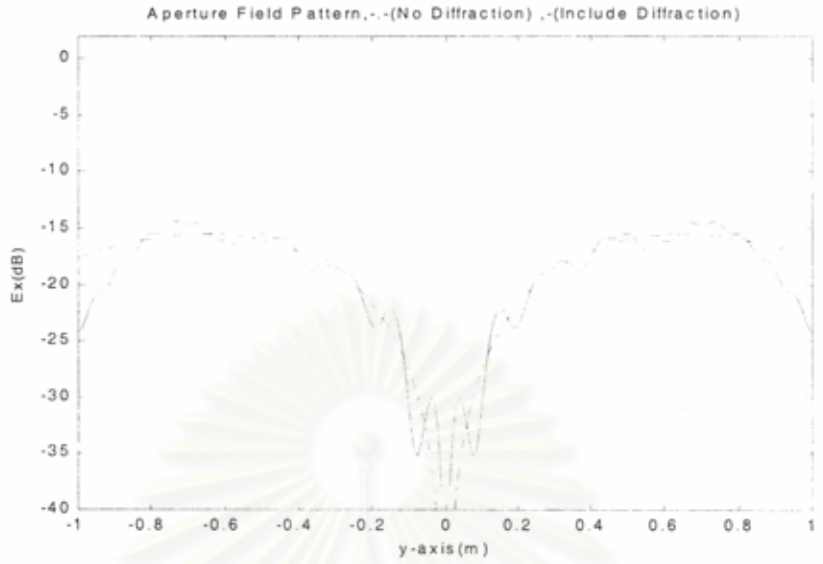


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

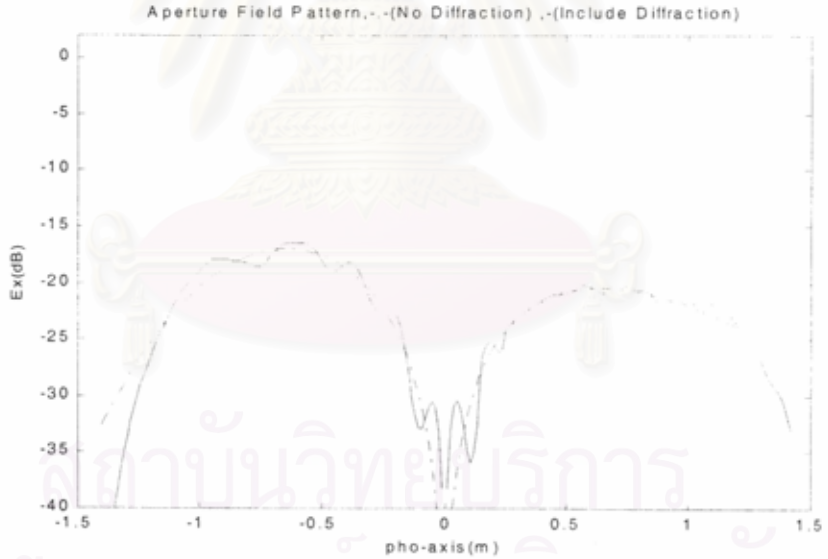
รูปที่ ๑๙ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๕ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน



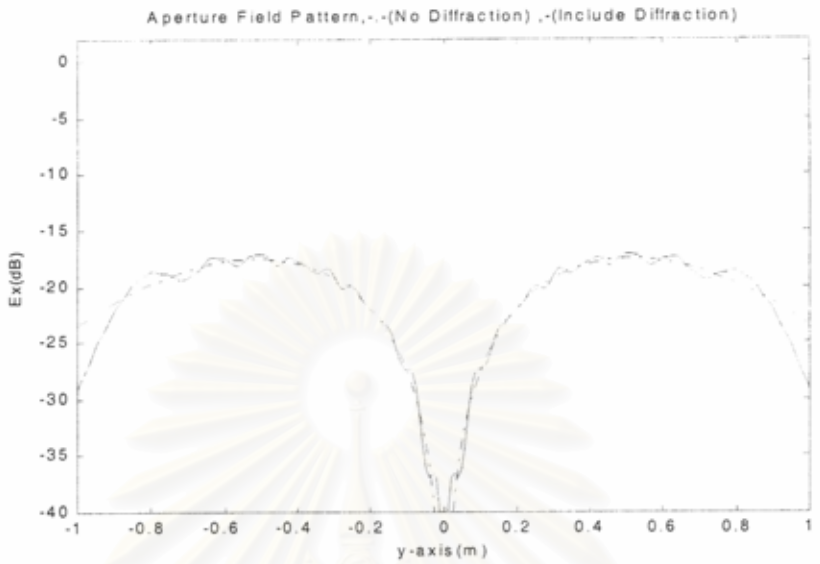
ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

รูปที่ ๒๐ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

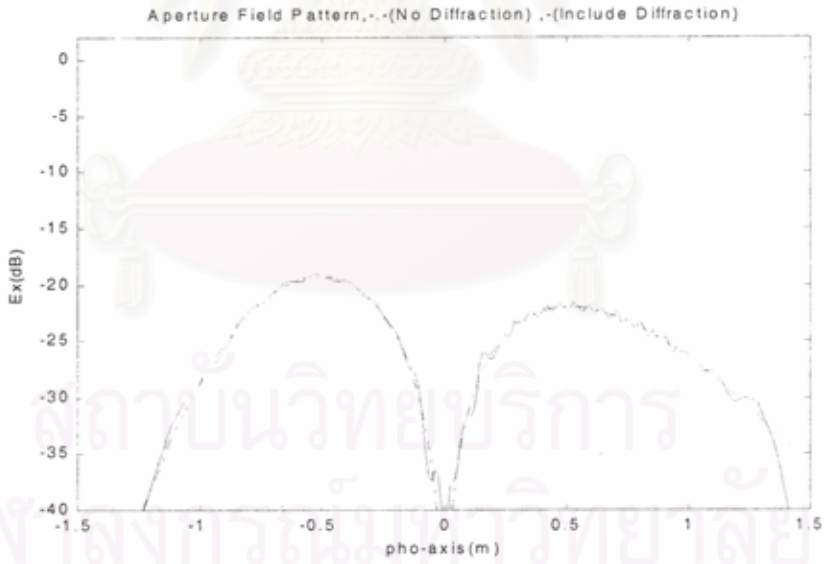
จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๕ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค) สายอากาศชนิดโคไซน์ กำลัง 10



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

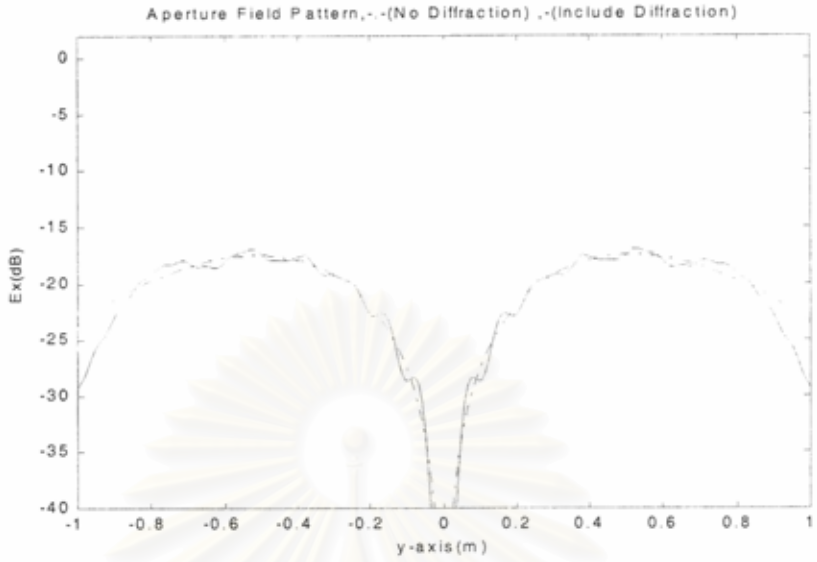


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

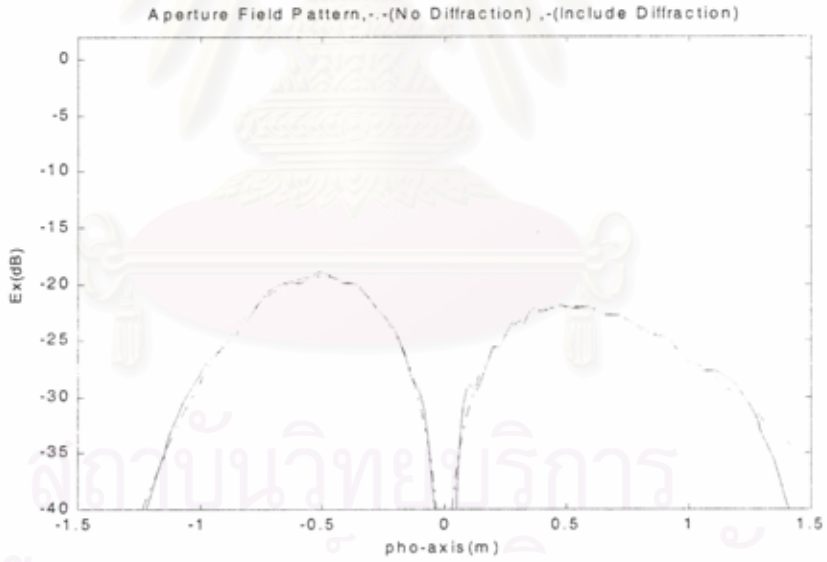
รูปที่ ๒๑ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๘ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน

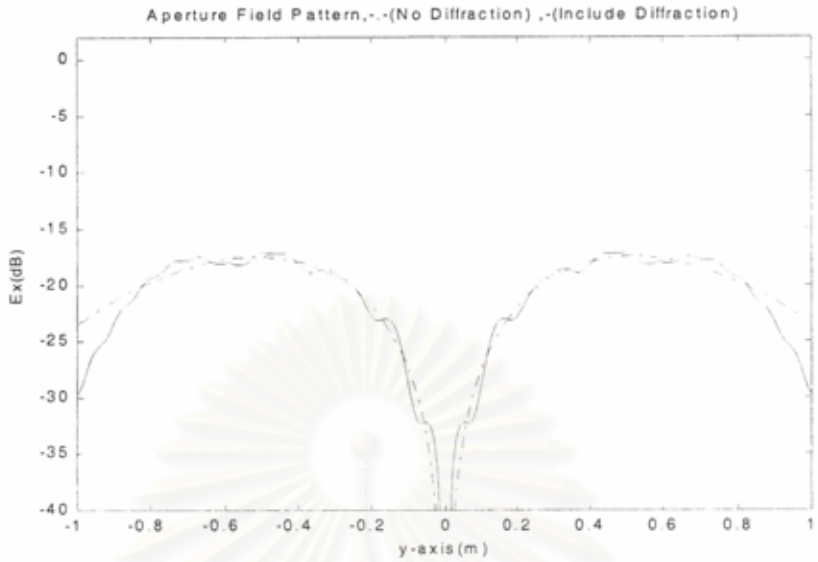


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

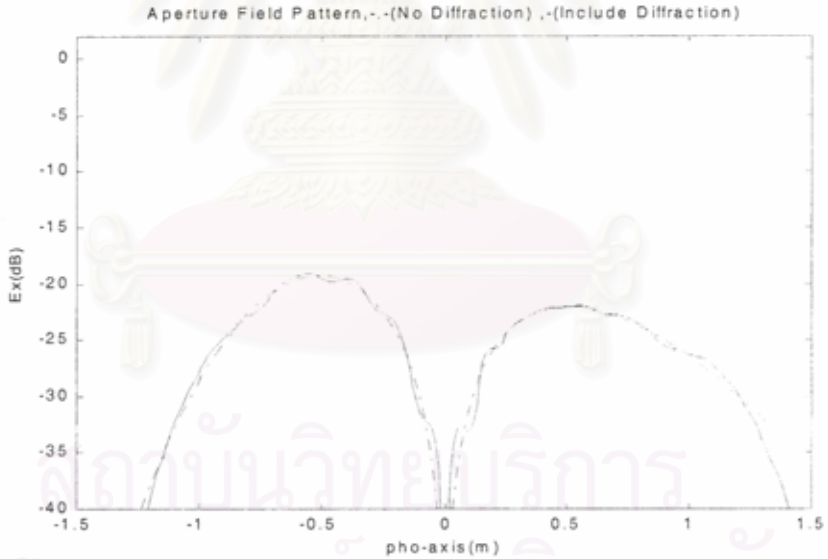
รูปที่ ๒๒ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1.75 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๘ dB ในทุกกรณีภาพตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน



ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

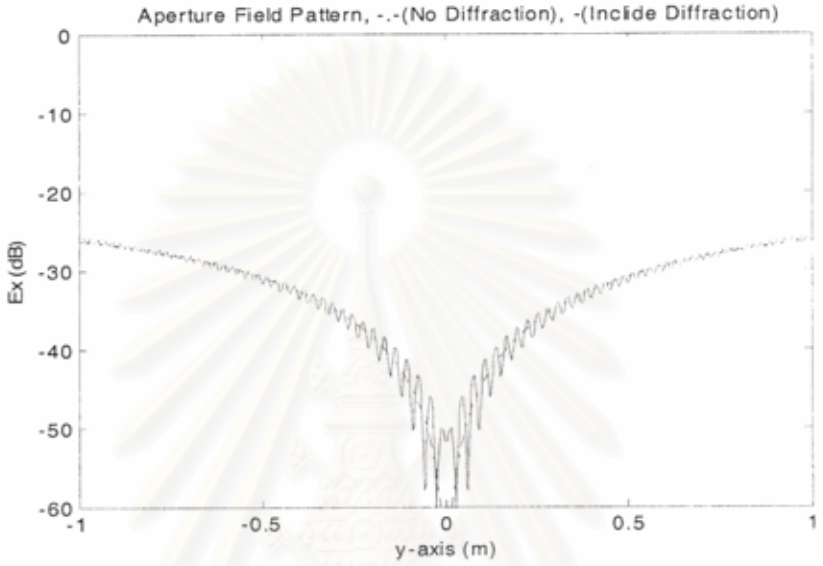
รูปที่ ๒๓ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 2.5 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ –๑๘ dB ในทุกกรณีภาพตัด

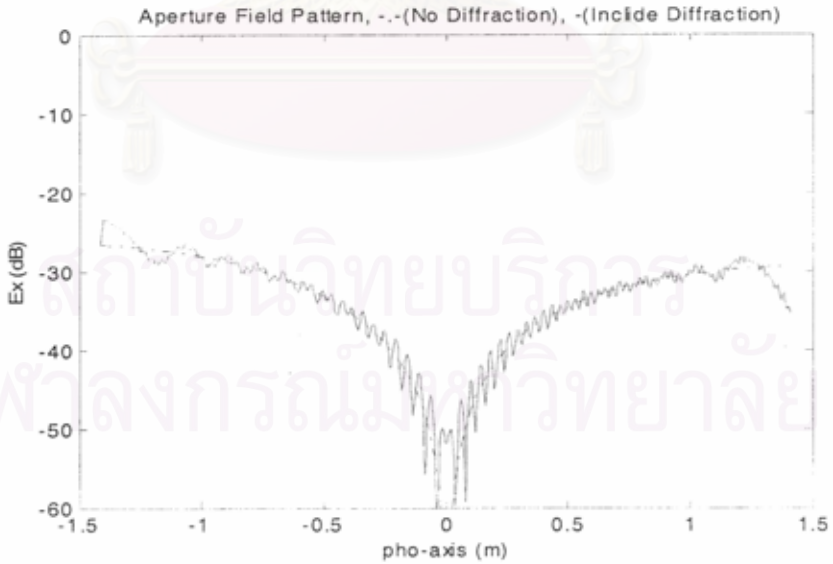
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถี่ ๒๖ GHz

กรณีนี้ศึกษาเฉพาะสายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร เท่านั้น ที่ระยะอื่นแสดงสรุปในรูปของตาราง



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน



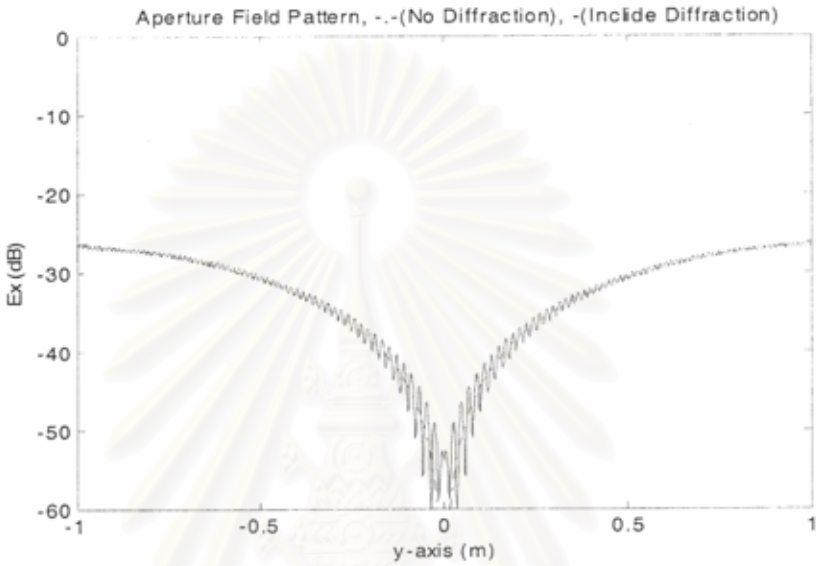
ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

รูปที่ ๒๔ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

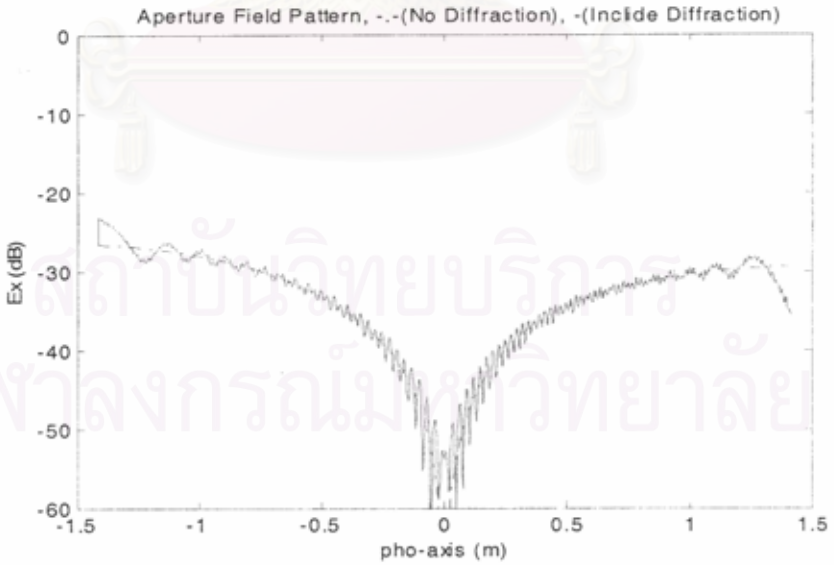
จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ -23.28 dB ในทุกกรณีภาพตัด

ความถี่ ๔๐ GHz

กรณีนี้ศึกษาเฉพาะสายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศชนิดโคไซน์กำลังสอง และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร เท่านั้น ที่ระยะอื่นแสดงสรุปในรูปของตาราง



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอน



ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้าย

รูปที่ ๒๕ ภาพการแจกแจงขนาดของสนามเมื่อระยะห่างจากจุดโฟกัสเป็น 1 เมตร

จะพบจากรูปว่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ -23.20 dB ในทุกกรณีภาพตัด

ตารางที่ ๔ ระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ต่างๆ

ความถี่ (GHz)	สายอากาศโคไซน์กำลัง	ระยะห่างจากจุดโฟกัส (m)	ระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุด (dB)
8	2	1	-10
		1.75	-10
		2.5	-10
	6	1	-15
		1.75	-15
		2.5	-15
	10	1	-18
		1.75	-18
		2.5	-18
26	2	1	-23.28
		1.75	-23.17
		2.5	-23.08
	6	1	-28.64
		1.75	-28.98
		2.5	-28.95
	10	1	-30.92
		1.75	-30.89
		2.5	-31.00
40	2	1	-23.20
		1.75	-23.01
		2.5	-23.12
	6	1	-29.02
		1.75	-28.92
		2.5	-28.93
	10	1	-30.85
		1.75	-30.91
		2.5	-31.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓.๓ บทวิจารณ์และสรุปผลการคำนวณ

พิจารณาผลกรณีโพลาไรเซชันร่วมพบว่า กรณี ณ ความถี่ปฏิบัติการคงที่ค่าหนึ่ง (รูปที่ ๓ – รูปที่ ๑๑) เมื่อใช้ความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นมากขึ้น ระลอกที่ปรากฏบนภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้า ทั้งภาพขนาดยอดและภาพวัฏภาคมีขนาดที่เล็กลง แต่มีข้อเสียที่เกิดขึ้น คือ ขนาดของแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าก็ลดลงด้วยกรณีความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นเดียวกัน เมื่อความถี่ปฏิบัติการสูงขึ้นระลอกที่ปรากฏบนภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้า ทั้งภาพขนาดยอดและภาพวัฏภาคมีขนาดที่เล็กลง (รูปที่ ๓ รูปที่ ๑๒ รูปที่ ๑๓ และรูปที่ ๑๔)

นอกจากนี้ จะพบว่าคุณภาพหน้าคลื่นทั้งส่วนของแบบรูปขนาดยอดและแบบรูปวัฏภาค มีความแปรเปลี่ยนน้อยมากจนเกือบคงตัวภายในบริเวณแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำหนด (รูปที่ ๓ - รูปที่ ๕ และตารางที่ ๑ – ตารางที่ ๓)

พิจารณาผลกรณีโพลาไรเซชันไขว้พบว่า กรณี ณ ความถี่ปฏิบัติการคงที่ค่าหนึ่ง (รูปที่ ๑๕ – รูปที่ ๒๓) เมื่อความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นมากขึ้น ค่าระดับโพลาไรเซชันไขว้สูงสุดมีแนวโน้มลดลง เมื่อแปรค่าความถี่ให้สูงขึ้นค่าระดับโพลาไรเซชันไว้ก็มีแนวโน้มลดลง (รูปที่ ๑๔ รูปที่ ๒๔ รูปที่ ๒๕ และตารางที่ ๔)

จากผลการคำนวณดังกล่าวโครงการฯนี้ จึงตัดสินใจเลือกค่าความเรียวของการสาดส่องกำลังคลื่นเป็นค่ากลาง คือ เลือกใช้สายอากาศป้อนที่ประมาณได้ด้วยฟังก์ชันโคไซน์ยกกำลังหก ซึ่งให้ผลดังนี้

ขนาดแดนสงัดเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า ๑.๒ x ๑ x ๑.๕ m

ขนาดระลอกของภาพตัดขนาดยอด ± ๑.๐ dB

ขนาดระลอกของภาพตัดวัฏภาค ± ๕°

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๔

การสร้างย่านทดสอบแบบกระชับและการตรวจวัดลักษณะสมบัติ

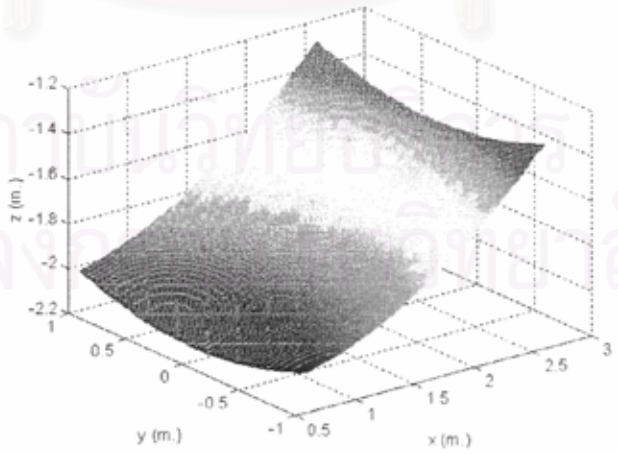
การสร้างย่านทดสอบแบบกระชับกระทำในอาคารที่เป็นโครงสร้างกึ่งถาวร เนื่องจากความขาดแคลนพื้นที่สำหรับใช้เพื่อการปฏิบัติงานลักษณะเฉพาะที่มีความต้องการเชิงปริมาตรในมิติความสูงแตกต่างไปจากความต้องการใช้งานปกติทั่วไป

องค์ประกอบหลักที่สำคัญของย่านทดสอบแบบกระชับได้แก่ บริเวณที่เสมือนปริภูมิเสรี (virtual free space region) ซึ่งเป็นที่ตั้งของบริเวณทดสอบ และตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ (planewave synthesiser) หรือตัวสะท้อน การสร้างย่านทดสอบแบบกระชับจึงหมายถึง การสร้างองค์ประกอบทั้งสอง และทดสอบลักษณะสมบัติของทั้งสององค์ประกอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ การตรวจวัดลักษณะของตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ การตรวจวัดสภาพสะท้อนและการปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การตรวจวัดสมบัติของบริเวณทดสอบ

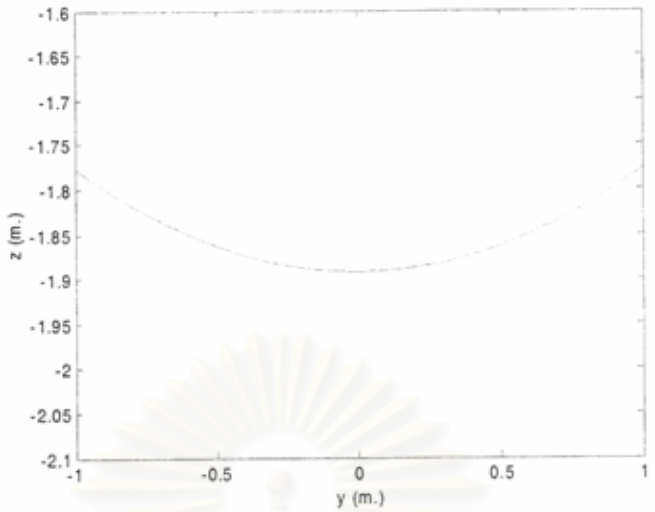
๔.๑ การสร้างตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ

ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบของย่านทดสอบแบบกระชับคือ ตัวสะท้อนคลื่นที่มีพื้นผิวเป็นพื้นผิวส่วนหนึ่งของรูปพาราโบลอยด์ดังรูปที่ ๑ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบนี้ทำหน้าที่ตัดหน้าคลื่นทรงกลมจากตัวป้อนที่มาตกกระทบให้เป็นหน้าคลื่นระนาบในบริเวณทดสอบ

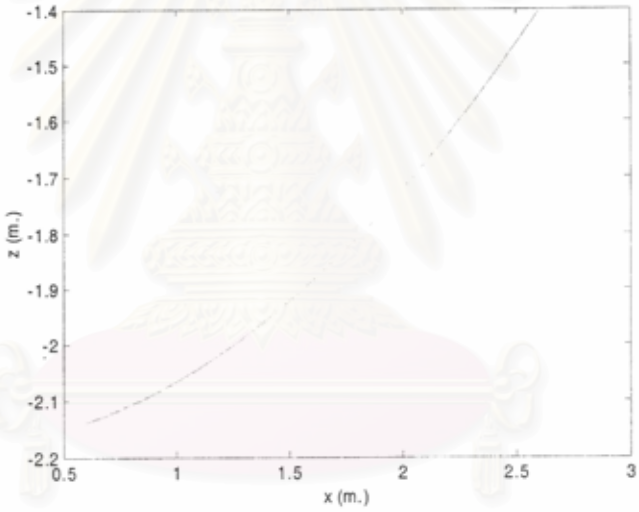


(ก)

รูปที่ ๑ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ ก) ภาพด้านข้าง ข) ภาพตัดตามแนวนอน
ค) ภาพตัดตามแนวตั้ง



(ข)



(ค)

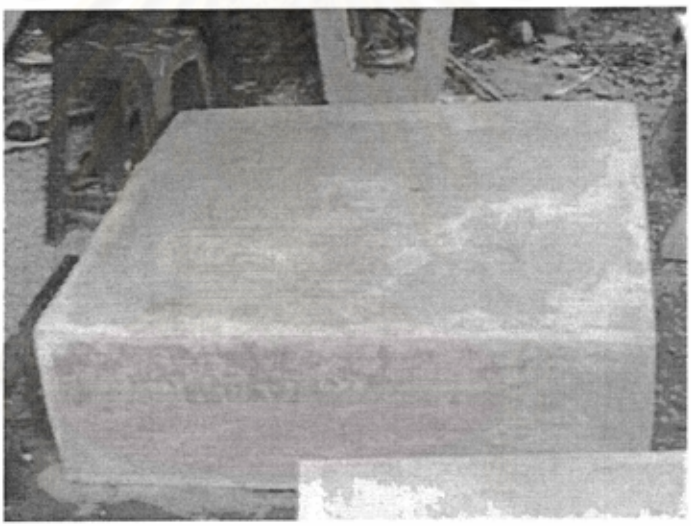
รูปที่ ๑ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบ ก) ภาพด้านข้าง ข) ภาพตัดตามแนวนอน
ค) ภาพตัดตามแนวตั้ง (ต่อ)

ในงานวิจัยนี้ ได้ทดลองสร้างตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบด้วยสองวิธีการคือ 1) หล่อผิวสะท้อนทั้งผิวด้วยวัสดุเรซิน ข) ดัดแผ่นอลูมิเนียมให้ได้พื้นผิวที่ต้องการโดยใช้โครงสร้างบังคับพื้นผิว วิธี ก) เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก (>๑๐๐,๐๐๐ บาท) และในที่สุดก็ล้มเหลวใช้การไม่ได้ จึงต้องหันมาใช้วิธี ข) ซึ่งได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร รายละเอียดของทั้งสองวิธี เป็นดังนี้

ก) การหล่อผิวสะท้อนทั้งผิวด้วยวัสดุเรซิน

วิธีนี้จะหล่อผิวต้นแบบขึ้นมาก่อนจากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ได้ไปกัดขึ้นรูปให้ได้ผิวตามที่ต้องการ แล้วจึงเคลือบด้วยสีนำไฟฟ้าเพื่อให้พื้นผิวสะท้อนคลื่นได้ ในตอนต้นได้แบ่งพื้นผิวสะท้อนขนาด ๒x๒ ม^{๒} ออกเป็น ๔ ส่วน ขนาดส่วนละ ๑x๑ ม^{๒} เมื่อหล่อชิ้นงานเสร็จพบว่าผู้รับจ้างกัดผิวชิ้นงานที่สามารถทำงานกัดผิวตามที่โครงการต้องการได้ ไม่มีเครื่องจักรที่ทำงานกับชิ้นงานขนาดที่หล่อไว้ได้ ทำให้ต้องตัดชิ้นงานที่หล่อให้เล็กลงอีก จำนวนชิ้นงานที่ต้องกัดผิวจึงเปลี่ยน ๘ ชิ้น ขนาดชิ้นละ ๐.๕x๑ ม^{๒}

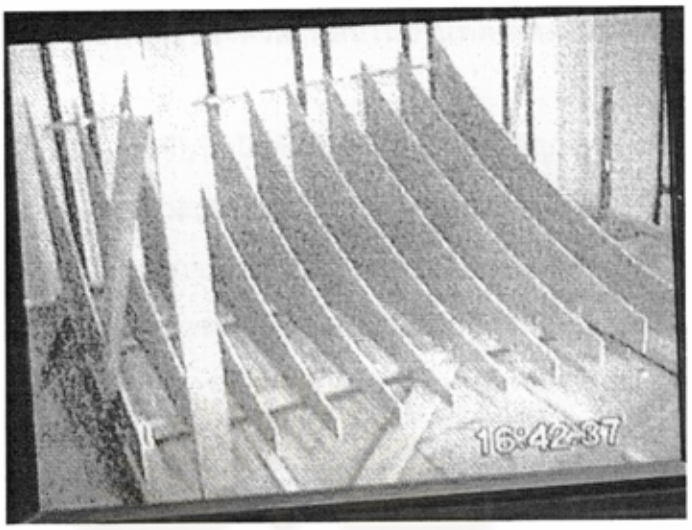
เมื่อกัดผิวชิ้นงานไปได้เพียงชิ้นที่ ๓ เครื่องจักรของผู้รับจ้างทำก็เกิดความเสียหายในส่วนประกอบที่สำคัญ ทำให้ไม่สามารถทำงานกัดผิวชิ้นงานต่อไปได้โดยไม่มีกำหนดแน่นอน โครงการวิจัยฯ จึงต้องยุติการดำเนินการด้วยวิธีนี้และต้องเลือกวิธี ข) รูปที่ ๒ แสดงตัวอย่างชิ้นงานที่หล่อจากเรซิน



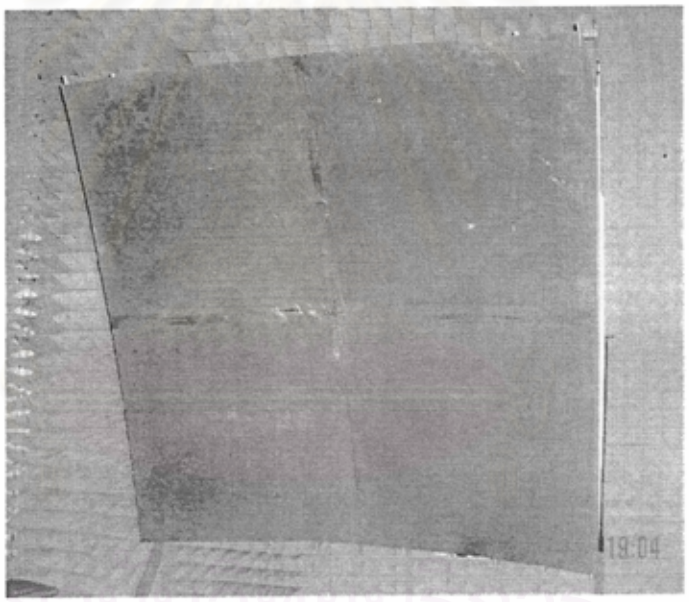
รูปที่ ๒ ตัวอย่างชิ้นงานที่หล่อจากเรซิน

ข) ดัดแผ่นอลูมิเนียมให้ได้ผิวที่ต้องการโดยใช้โครงสร้างบังคับพื้นผิว

วิธีนี้จะสร้างโครงสร้างที่เป็นโครงของพื้นผิวที่ต้องการขึ้น จากนั้นนำแผ่นอลูมิเนียมยึดติดลงบนโครงพื้นผิวก็จะได้พื้นผิวสะท้อนตามที่ต้องการ วิธีนี้ไม่สามารถให้พื้นผิวที่ใกล้เคียงกับพื้นผิวที่ออกแบบได้ดีเท่าเทียมกับวิธีในข้อ ก) พื้นผิวสะท้อนที่ได้แสดงดังรูปที่ ๓ การตรวจวัดลักษณะพื้นผิวมีรายละเอียดในหัวข้อถัดไป



(ก)



(ข)

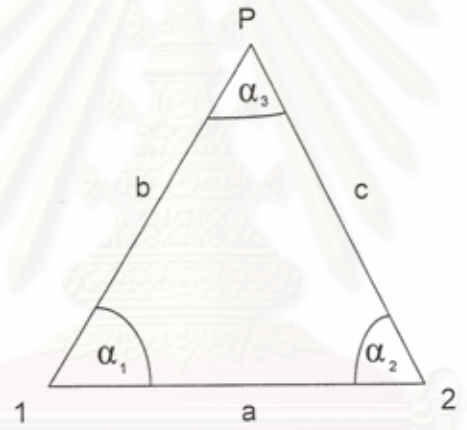
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๓ พื้นผิวตัวสะท้อนที่สร้างด้วยวิธีดัดแผ่นอลูมิเนียมให้ได้ผิวที่ต้องการ โดยใช้โครงสร้างบังคับพื้นผิว ก) โครงสร้างบังคับพื้นผิว ข) ตัวสะท้อนที่สร้างเสร็จ

๔.๒ การตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อนในย่านทดสอบแบบกระชับ

ในย่านทดสอบแบบกระชับพื้นผิวตัวสะท้อนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์คลื่นระนาบเพื่อการทดสอบ เมื่อพื้นผิวของตัวสะท้อนมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจะทำให้การทดสอบมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของผิวสะท้อน โครงการนี้ใช้กล้องสำรวจ Theodolite ในการตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อน

การตรวจวัดด้วยกล้องสำรวจ มีหลักการดังรูปที่ ๔ โดยจะตั้งกล้องตรวจวัดที่จุด 1 เล็งไปยังจุด P ได้มุม α_1 และตั้งกล้องที่จุด 2 เล็งไปยังจุด P จะได้มุม α_2 ระยะ a เป็นระยะที่กำหนดแน่นอน เมื่อใช้วิธีกำหนดสามเหลี่ยม (Triangulation) จะได้ค่าของ α_3, b และ c ดังความสัมพันธ์ตามสมการ (๑)



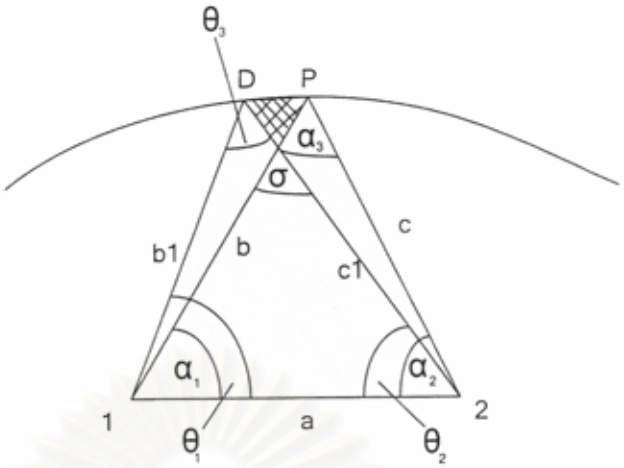
รูปที่ ๔ การตรวจวัดโดยใช้กล้องสำรวจ

$$\frac{\sin\alpha_1}{c} = \frac{\sin\alpha_2}{b} = \frac{\sin\alpha_3}{a} \qquad (๑)$$

โดย $$\alpha_3 = 180 - \alpha_1 - \alpha_2$$

ค่าของ a, b และ c เป็นค่าที่สามารถกำหนดหรือคำนวณได้ ในการตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อนในย่านทดสอบแบบกระชับ จะใช้วิธีการตามรูปที่ ๕ คือจะหาพื้นผิวโดยใช้จุด ๒ จุดมาคำนวณหาจุดพื้นผิวถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๕ การตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อนในย่านทดสอบแบบกระชับ

พิจารณารูปที่ ๕ สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังสมการ (๒)

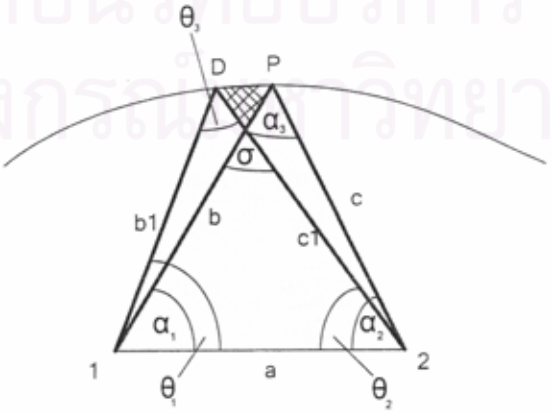
$$\frac{\sin\theta_1}{c1} = \frac{\sin\theta_2}{b1} = \frac{\sin\theta_3}{a} \qquad (๒)$$

โดย $$\theta_3 = 180 - \theta_1 - \theta_2$$

เมื่อได้ค่าต่างๆในรูปที่ ๕ จะได้ค่ามุม σ เป็นไปดังสมการ (๓)

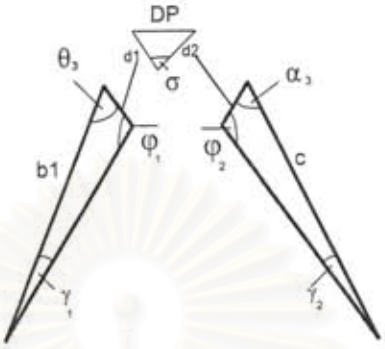
$$\sigma = 180 - \alpha_1 - \theta_2 \qquad (๓)$$

เขียนเส้นตามแนว $\overline{1D}$ แนว $\overline{D2}$ แนว $\overline{1P}$ แนว $\overline{P2}$ ให้เป็นเส้นหนา จะได้สามเหลี่ยมสองรูปเพื่อใช้ในการคำนวณตำแหน่งดังในรูปที่ ๖



รูปที่ ๖ ขั้นที่สองของการตรวจวัดลักษณะพื้นผิวของตัวสะท้อนในย่านทดสอบแบบกระชับ

เลือกบริเวณสามเหลี่ยมที่มีเส้นหนาจากรูปที่ ๖ จะได้ดังรูปที่ ๗



รูปที่ ๗ บริเวณที่เลือกจากรูปที่ ๖

พิจารณารูปที่ ๗ สามารถหาค่าต่างๆ ได้ดังสมการ (๔) สมการ (๕) สมการ (๖) และสมการ (๗)

$$\gamma_1 = \theta_1 - \alpha_1 \qquad (๔)$$

$$\gamma_2 = \theta_2 - \alpha_2 \qquad (๕)$$

$$\varphi_1 = 180 - \gamma_1 - \theta_3 \qquad (๖)$$

$$\varphi_2 = 180 - \gamma_2 - \alpha_3 \qquad (๗)$$

เมื่อได้มุมต่างๆ สามารถหาค่าของ d1, d2 ด้วยสมการ (๘) และสมการ (๙)

$$\frac{\sin\varphi_1}{b1} = \frac{\sin\gamma_1}{d1} \qquad (๘)$$

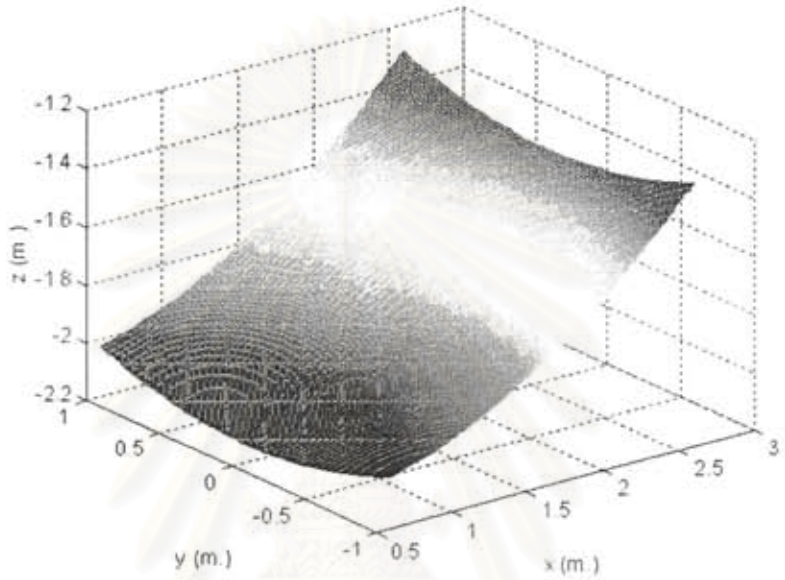
$$\frac{\sin\varphi_2}{c} = \frac{\sin\gamma_2}{d2} \qquad (๙)$$

เมื่อได้ค่า d1 และ d2 แล้วจะหาค่า DP ด้วยสมการ (๑๐)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$DP = \sqrt{d1^2 + d2^2 - 2d1d2\cos\sigma} \qquad (๑๐)$$

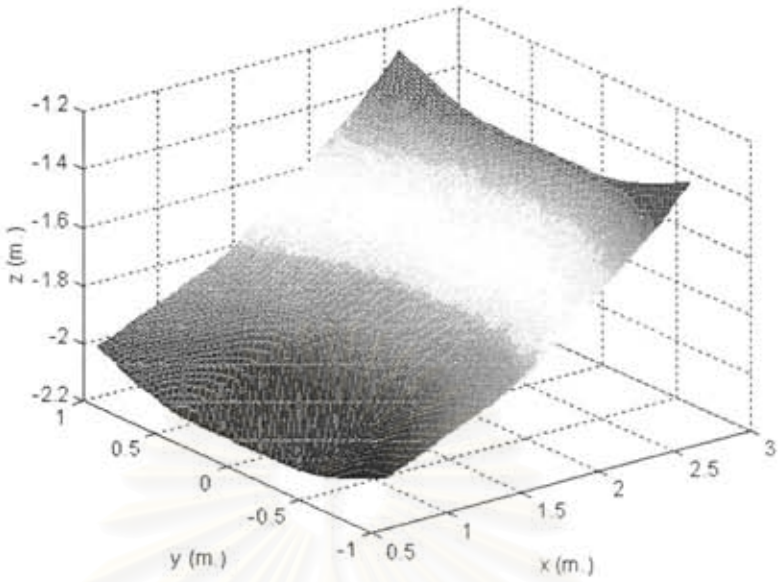
พื้นผิวสะท้อนที่ใช้ในย่านทดสอบแบบกระชับมีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร เป็นพื้นผิวสะท้อนพาราโบลอยด์แบบไม่สมมาตร รูปร่างช่องเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ลักษณะพื้นผิวตามที่ออกแบบเป็นดังรูปที่ ๘



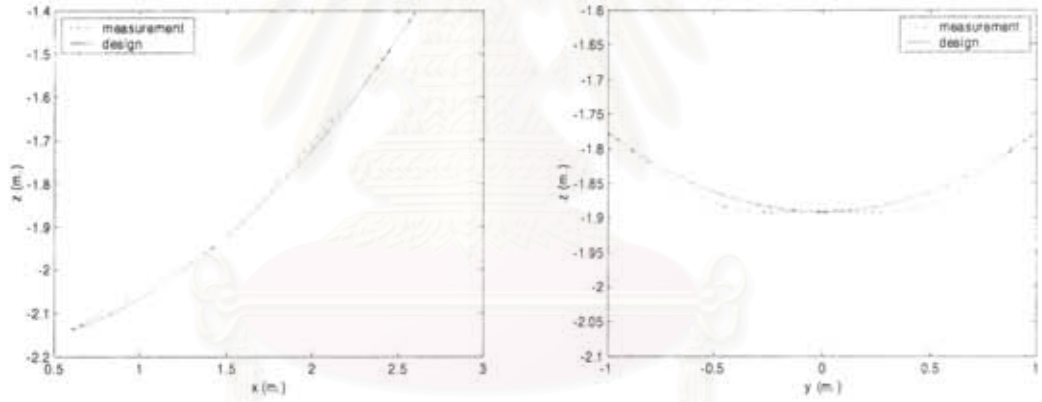
รูปที่ ๘ ตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบในย่านทดสอบแบบกระชับ
จากการออกแบบ

ผลการวัดตามขั้นตอนวิธีที่กล่าวมาปรากฏดังแสดงในรูปที่ ๙ โดยรูปที่ ๑๐ แสดงภาพตัดตามแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๙ พื้นผิวที่ตรวจวัดโดยวิธีกำหนดสามเหลี่ยม



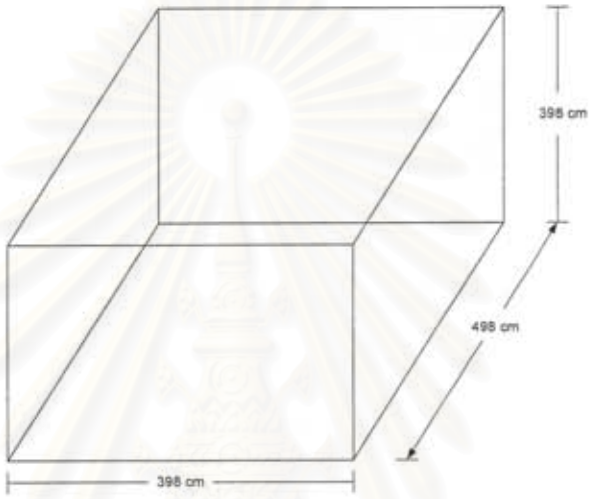
(ก) (ข)

รูปที่ ๑๐ ภาพตัดพื้นผิวตามแนวแกน ก) แกน x ข) แกน y

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

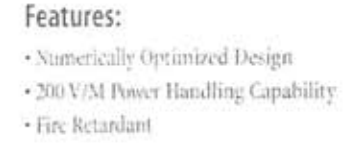
๔.๓ การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นและการตรวจวัดสภาพสะท้อน

ย่านทดสอบคือ บริเวณที่เสมือนปริภูมิเสรี การสร้างบริเวณเสมือนปริภูมิเสรีในทางปฏิบัติทำได้โดยใช้วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าปิดลงบนผนังของบริเวณที่จัดไว้เพื่อใช้เป็นย่านทดสอบ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการตรวจวัดสภาพสะท้อนเพื่อประเมินความเป็นบริเวณเสมือนปริภูมิเสรี



รูปที่ ๑๑ ขนาดของห้องที่ใช้เป็นบริเวณของย่านทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑๒ รูปแบบและขนาดของวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ ๑ สภาพสะท้อนของวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในย่านทดสอบ

Model	1-2 GHz	2-4 GHz	4-8 GHz	8-12 GHz	12-18 GHz	18-40 GHz
EPH-8PCL	-30 dB	-40 dB	-45 dB	-50 dB	-50 dB	-50 dB

๔.๓.๑ การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

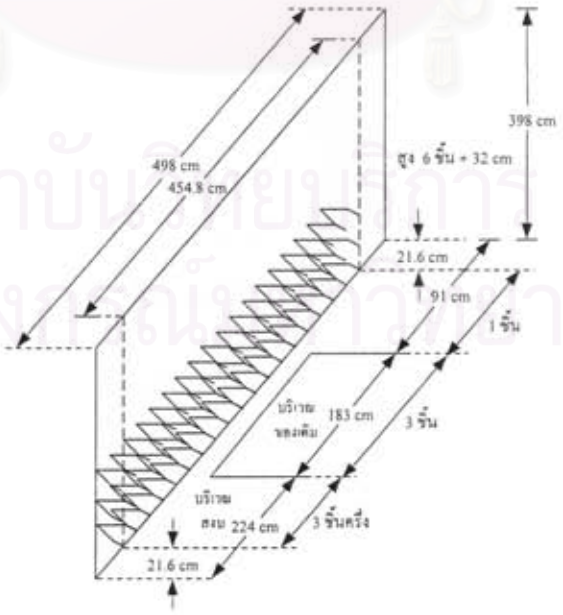
การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำเพื่อสร้างบริเวณเสมือนปริภูมิเสรี เมื่อพิจารณาผังบริเวณของย่านทดสอบ (รูปที่ ๑ บทที่ ๒) พบว่าจำเป็นต้องปิดวัสดุดังกล่าวที่ทุกผนัง ยกเว้นแต่บริเวณผนังที่อยู่ด้านหลังตัวสะท้อนที่ใช้เป็นตัวดัดหน้าคลื่นเพื่อสังเคราะห์คลื่นระนาบ รูปที่ ๑๑ แสดงปริมาตรของห้องที่ใช้เป็นบริเวณย่านทดสอบ วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้มีรูปลักษณ์และสมบัติการสะท้อนดังในรูปที่ ๑๒ และตารางที่ ๑

การปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะพิจารณาที่ผนังด้านต่างๆ ดังนี้(วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเดิมคือวัสดุที่สั่งซื้อครั้งแรก ของใหม่คือ วัสดุที่สั่งซื้อครั้งที่สอง)

- ด้านซ้ายและด้านขวา (พิจารณาเฉพาะด้านขวา) ดังรูปที่ ๑๓

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเดิม ด้านยาวใช้จำนวน ๓ ชิ้น ด้านสูงใช้จำนวน ๖ ชิ้นครึ่ง ฉะนั้นทั้งหมด ๑๙ ชิ้นครึ่งรวมทั้ง ๒ ด้าน (ขวา-ซ้าย) จะได้จำนวนทั้งหมดเท่ากับ ๓๙ ชิ้น

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของใหม่ ด้านยาวใช้จำนวน ๔ ชิ้นครึ่ง ด้านสูงใช้จำนวน ๖ ชิ้นครึ่ง ฉะนั้นทั้งหมด ๒๙ ชิ้นรวมทั้ง ๒ ด้าน (ขวา-ซ้าย) จะได้จำนวนทั้งหมด เท่ากับ ๕๘ ชิ้น

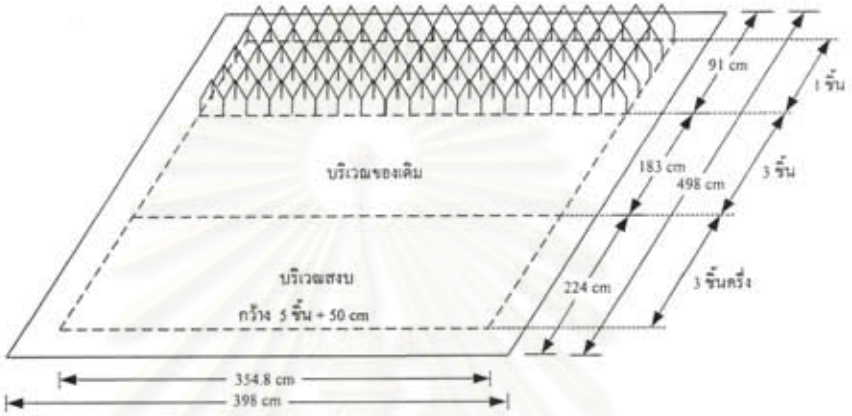


รูปที่ ๑๓ แนวการวางด้านขวา

- ด้านบน (กลับด้านพิจารณา) ดังรูปที่ ๑๔

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเดิม ด้านกว้างใช้จำนวน ๖ ชิ้น ด้านยาวใช้จำนวน ๓ ชิ้น ฉะนั้นจำนวนทั้งหมด ๑๘ ชิ้น

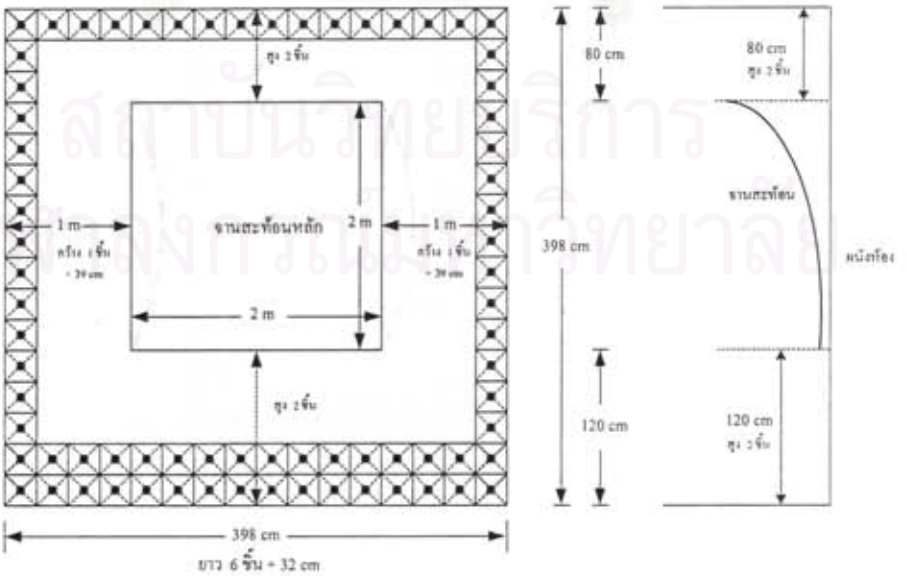
- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของใหม่ ด้านกว้างใช้จำนวน ๖ ชิ้น ด้านยาวใช้จำนวน ๔ ชิ้นครึ่ง ฉะนั้นทั้งหมด ๒๗ ชิ้น



รูปที่ ๑๔ แนวการวางด้านบน

- ด้านหลัง ดังรูปที่ ๑๕

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของใหม่ --- ด้านล่างและด้านบนจานด้านละ ๑๓ ชิ้น ด้านข้างซ้ายและขวาด้านละ ๖ ชิ้น ฉะนั้นจำนวนทั้งหมดเท่ากับ ๓๘ ชิ้น

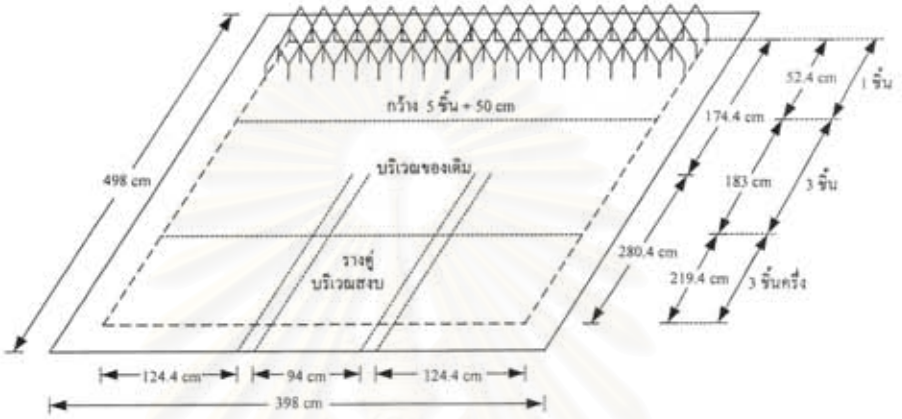


รูปที่ ๑๕ แนวการวางด้านหลัง

- ด้านล่าง (พื้น) ดังรูปที่ ๑๖

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเดิม บริเวณบนรางใช้จำนวน ๑๒ ชิ้น บริเวณอื่นใช้จำนวน ๕ ชิ้น ฉะนั้นทั้งหมด ๑๗ ชิ้น

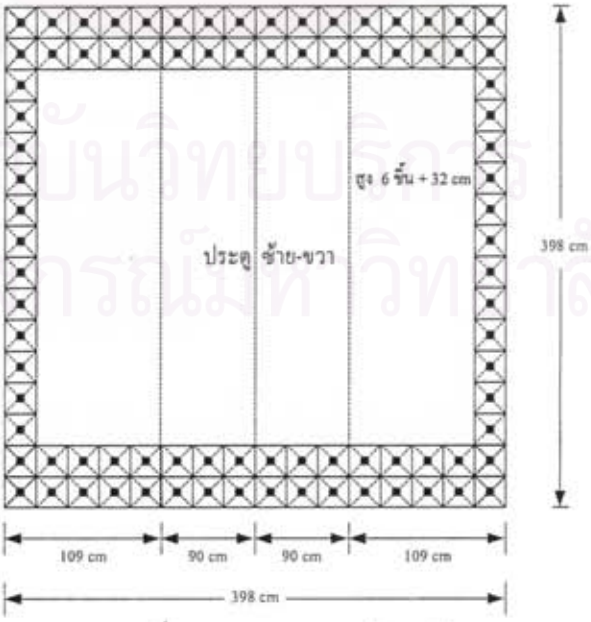
- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของใหม่ บริเวณด้านบนใช้จำนวน ๖ ชิ้น ส่วนด้านซ้าย-ขวาของรางใช้จำนวน ๑๔ ชิ้น ด้านระหว่างรางใช้จำนวน ๕ ชิ้น ฉะนั้นจำนวนทั้งหมด ๒๕ ชิ้น



รูปที่ ๑๖ แนวการวางด้านล่าง

- ด้านหน้า (ประตู) ดังรูปที่ ๑๗

- วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของใหม่ --- ด้านซ้ายและขวาของห้องด้านละ ๑๓ ชิ้น ส่วนด้านซ้ายและขวาของประตูด้านละ ๑๐ ชิ้น ฉะนั้นจำนวนทั้งหมดเท่ากับ ๔๖ ชิ้น



รูปที่ ๑๗ แนวการวางด้านหน้า

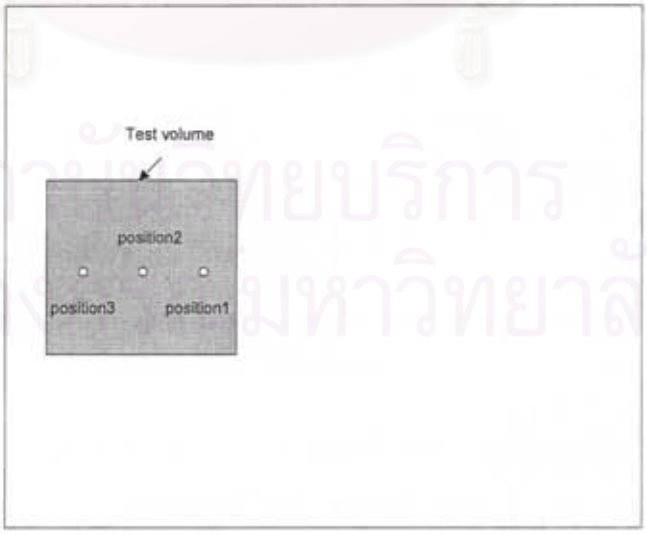
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปรวมทุกด้านดังนี้

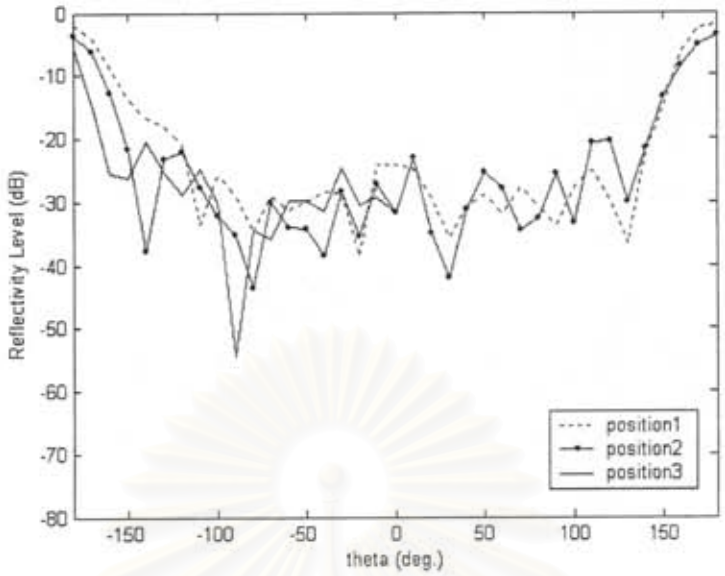
	Absorber ใหม่ (จำนวนชิ้น)	Absorber เดิม (จำนวนชิ้น)
ด้านซ้าย-ขวา	58	39
ด้านบน	27	18
ด้านหลัง	38	-
ด้านล่าง	25	17
ด้านหน้า	46	-
ทั้งหมด	194	74

๔.๓.๒ การตรวจวัดสภาพสะท้อน

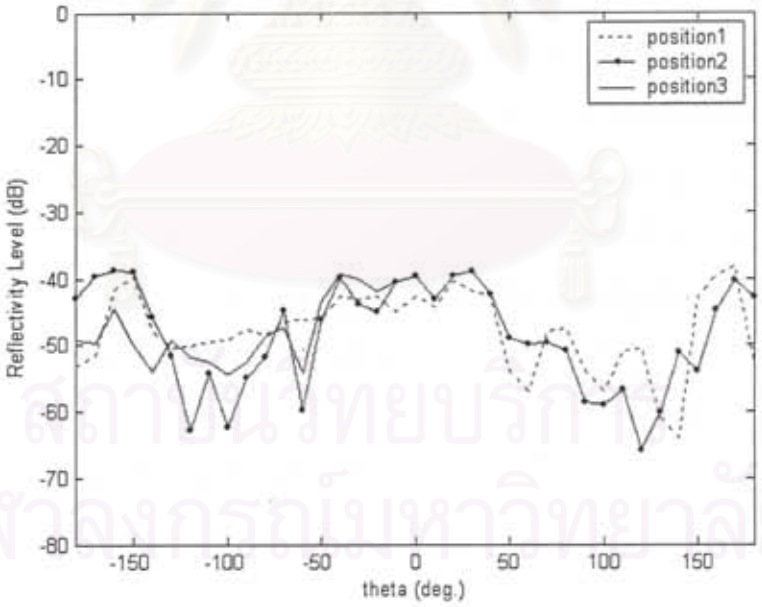
การตรวจวัดสภาพสะท้อนของย่านทดสอบทำโดยวิธีเปรียบเทียบแบบรูปของสายอากาศ (antenna pattern comparison : APC) [๑๒] รูปที่ ๑๘ แสดงตำแหน่งวางสายอากาศตรวจวัดสภาพสะท้อน การวัดสภาพสะท้อนด้วยวิธี APC ได้วัดทั้งก่อนหน้าการปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และหลังจากปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว



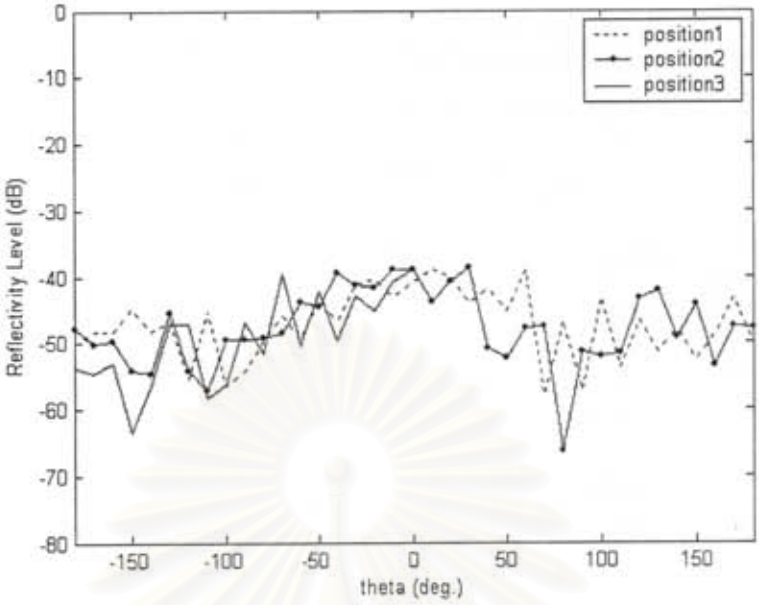
รูปที่ ๑๘ ตำแหน่งที่วัด Reflectivity Level



รูปที่ ๑๙ ผลการวัด Reflectivity ด้วยวิธี APC โดยไม่มีวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ 10 GHz



รูปที่ ๒๐ ผลการวัด Reflectivity ด้วยวิธี APC เมื่อปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ 10 GHz



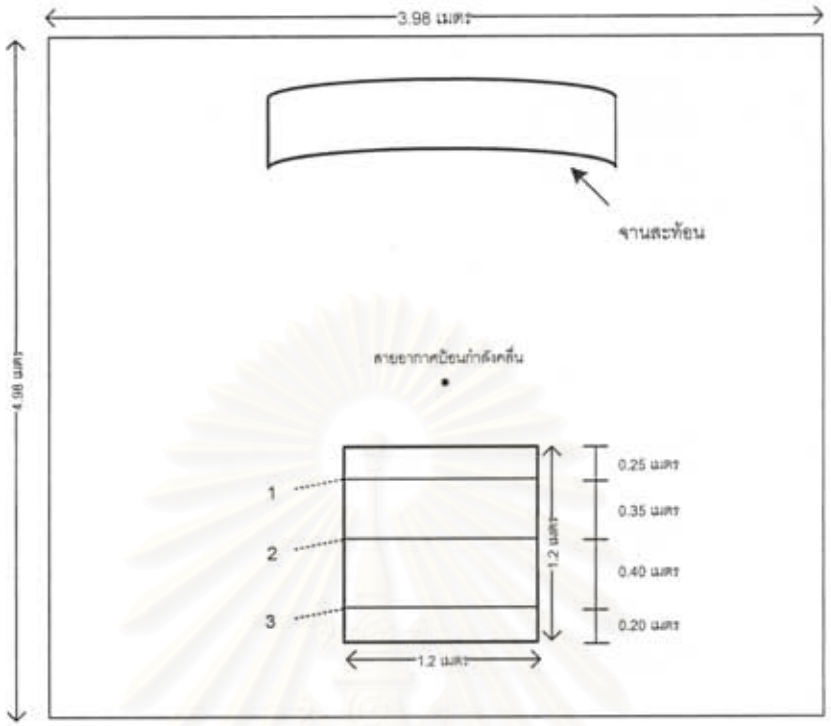
รูปที่ ๒๑ ผลการวัด Reflectivity ด้วยวิธี APC เมื่อปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ 15.5 GHz

สภาพสะท้อนที่วัดได้ก่อนการปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังในรูปที่ ๑๙ มีค่าสูงกว่าเมื่อปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วดังในรูปที่ ๒๐ และรูปที่ ๒๑ สภาพสะท้อนที่ปรากฏในรูปที่ ๑๙ ชี้ให้เห็นความสำคัญของการปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ณ ผนังด้านตรงข้ามกับตัวสะท้อน (ตำแหน่งเชิงมุม <-150° และ >-150° ในรูปที่ ๑๙) เมื่อปิดวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วค่าสภาพสะท้อนลดลง ๒๐-๔๐ dB ณ ความถี่ ๑๐ GHz (รูปที่ ๒๐) ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz ลดลง ๓๐-๕๐ dB (รูปที่ ๒๑) ผลดังกล่าวเป็นไปตามธรรมชาติของวัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ (ดังในตารางที่ ๑)

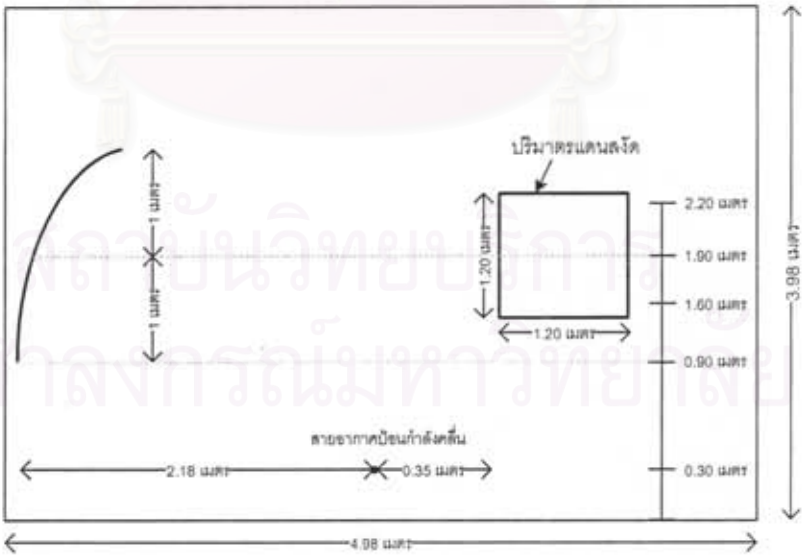
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๔.๔ การตรวจวัดสมบัติของบริเวณทดสอบ

การตรวจวัดสมบัติของบริเวณทดสอบทำโดยกวาดวัดสนามในปริมาตรของบริเวณทดสอบ ตำแหน่งของการกวาดวัดแสดงดังในรูปที่ ๒๔ และรูปที่ ๒๕ การกวาดวัดทำ ณ ความถี่ ๑๐ GHz และ ๑๕.๕ GHz โดยระยะห่างระหว่างจุดวัดแต่ละจุดเป็น $\lambda/4$ (รายละเอียดเกี่ยวกับระบบวัดกล่าวไว้ในภาคผนวก)ผลที่ได้จากการกวาดวัดค่าแสดงเปรียบเทียบกับผลการคำนวณตามที่ได้ออกแบบไว้ดังในรูปที่ ๒๖ – รูปที่ ๔๓ ตารางที่ ๒ สรุปค่าปัจจัยสำคัญที่ควรให้ความสนใจ



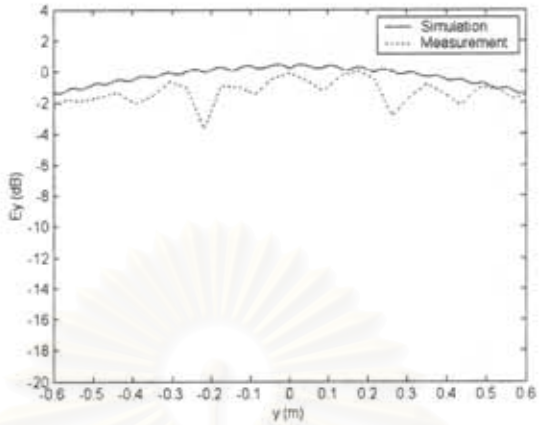
รูปที่ ๒๔ ตำแหน่งในการวัดมุมมองด้านบน



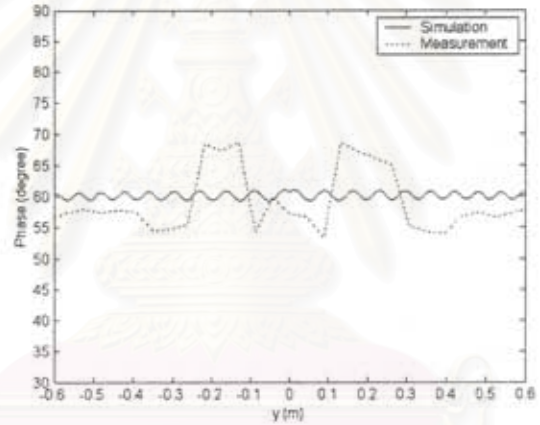
รูปที่ ๒๕ ตำแหน่งในการวัดมุมมองด้านข้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

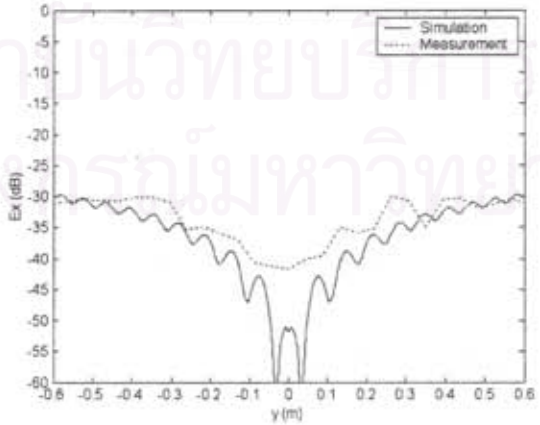
<u>ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz</u>



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

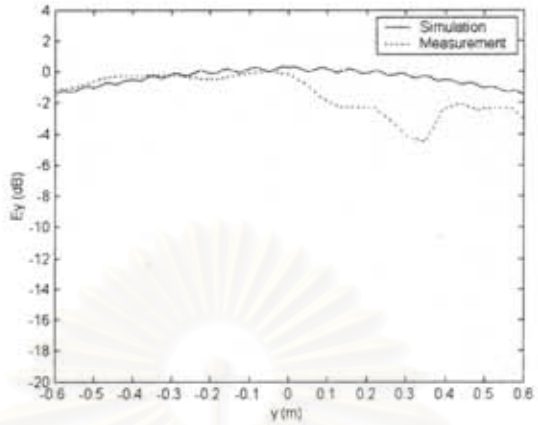


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

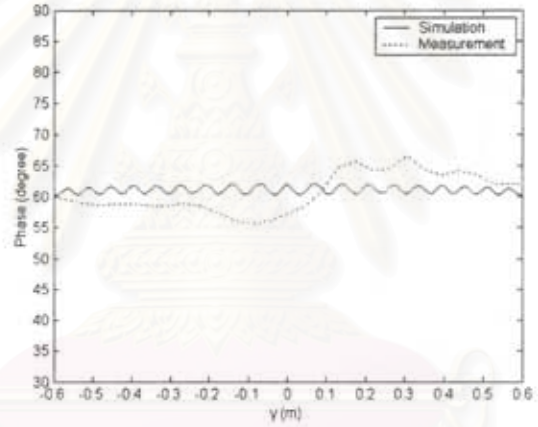
รูปที่ ๒๖ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

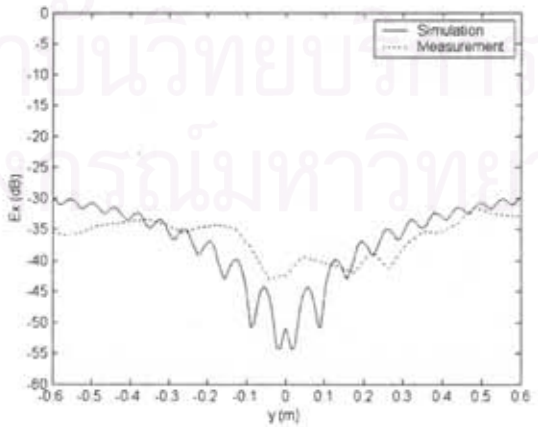
ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

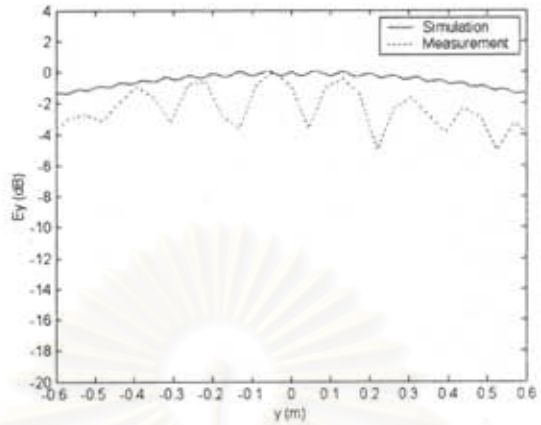


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

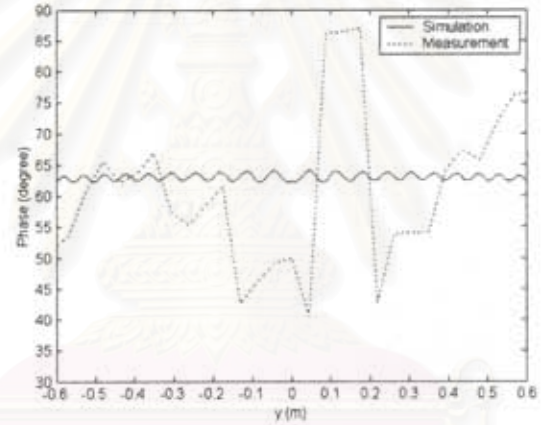
รูปที่ ๒๗ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

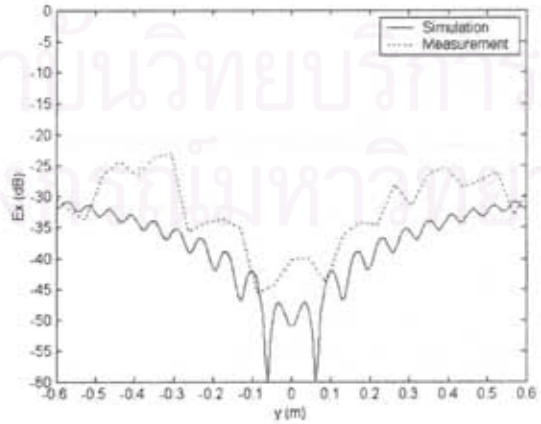
ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

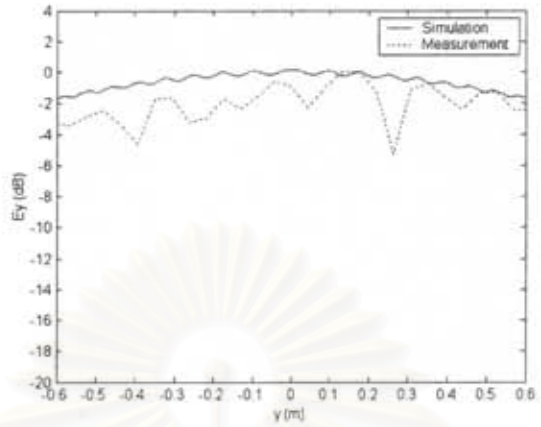


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

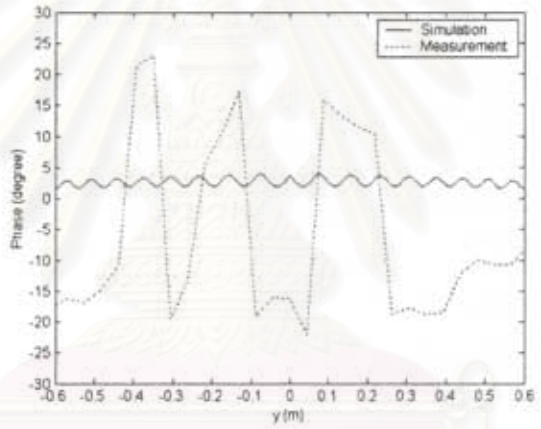
รูปที่ ๒๘ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

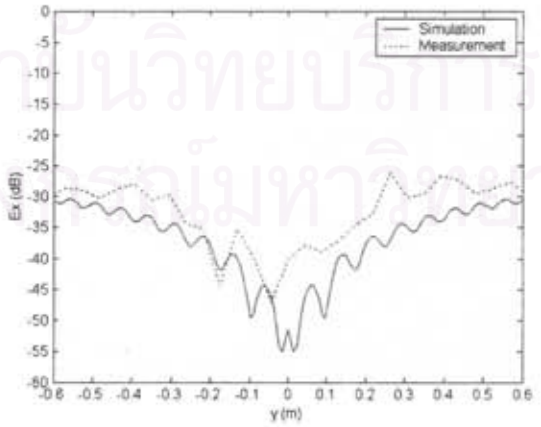
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

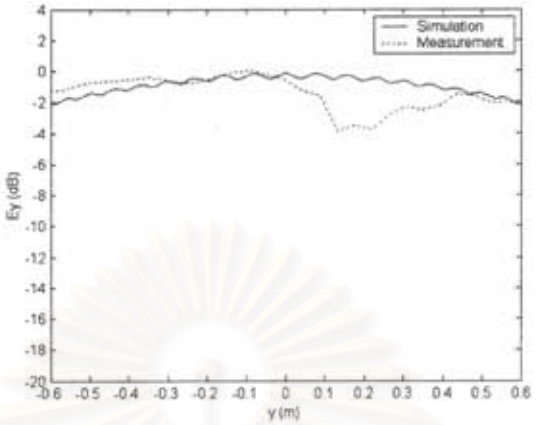


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

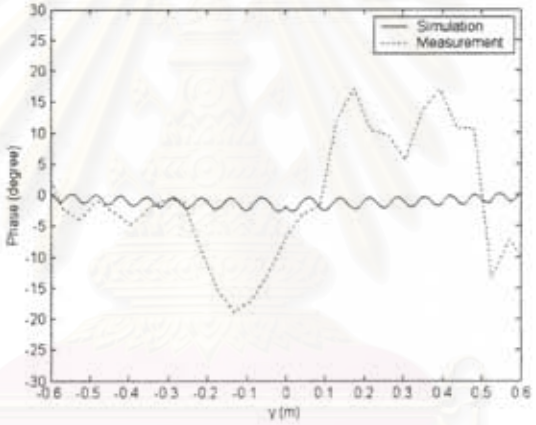
รูปที่ ๒๙ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

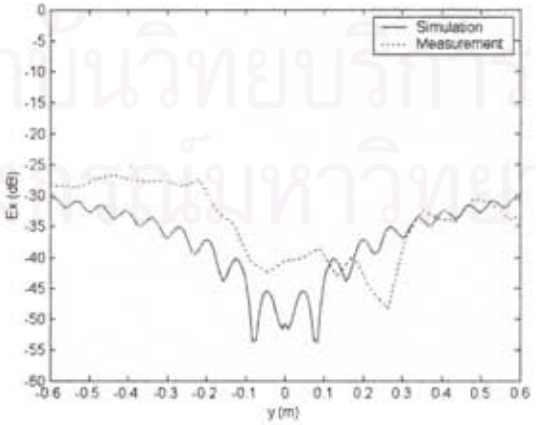
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

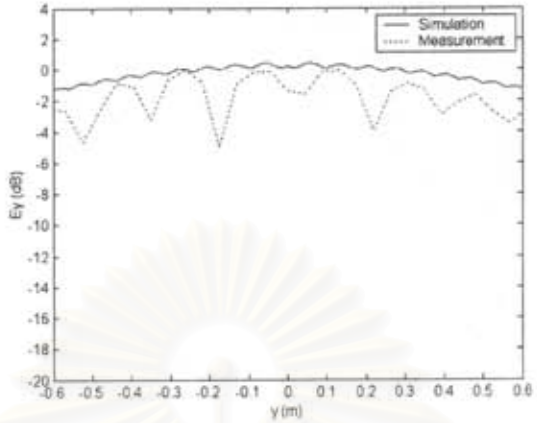


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

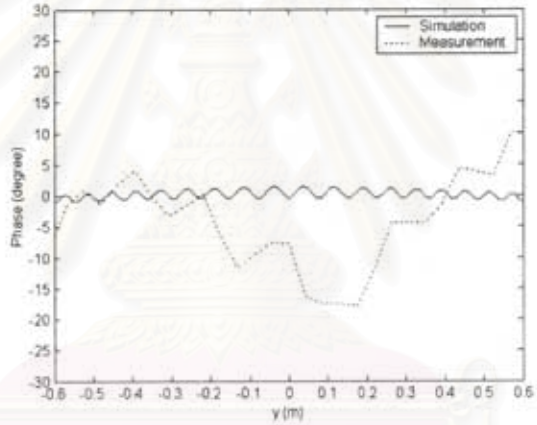
รูปที่ ๓๐ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

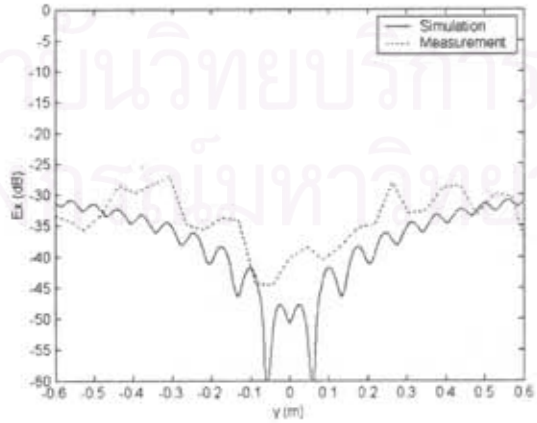
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



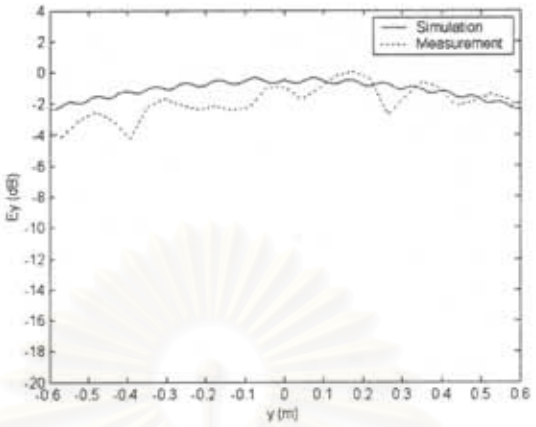
(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



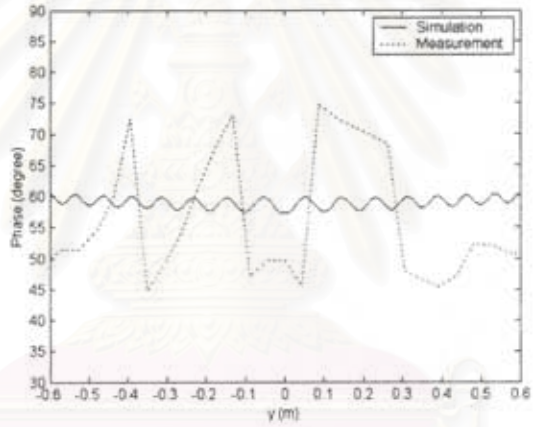
(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๓๑ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz

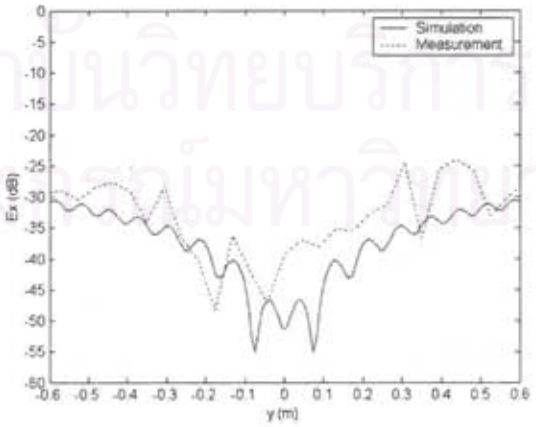
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

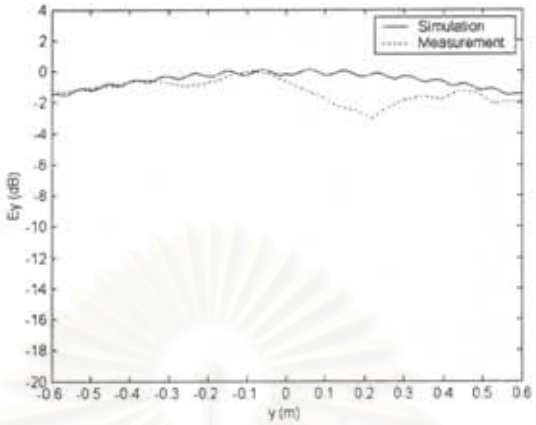


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

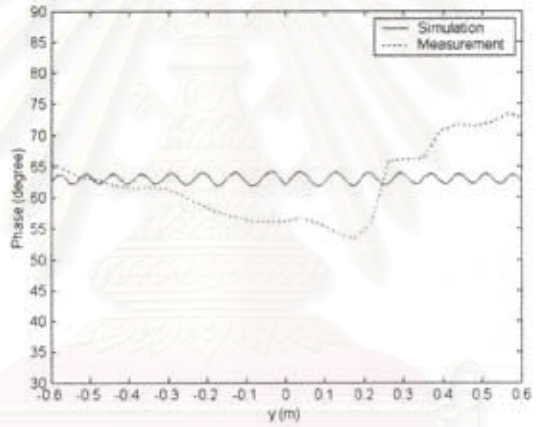
รูปที่ ๓๒ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

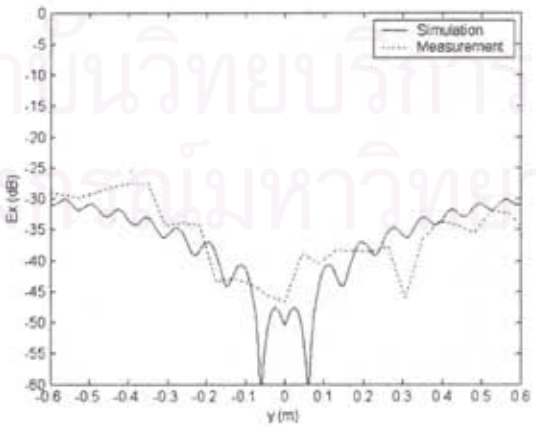
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

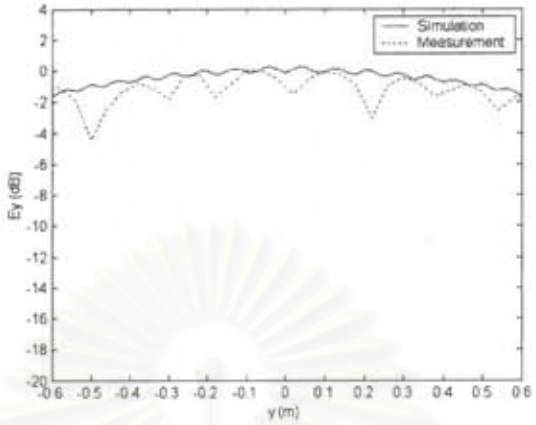


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

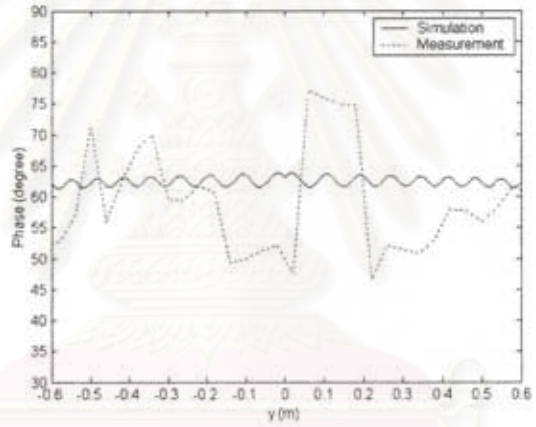
รูปที่ ๓๓ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

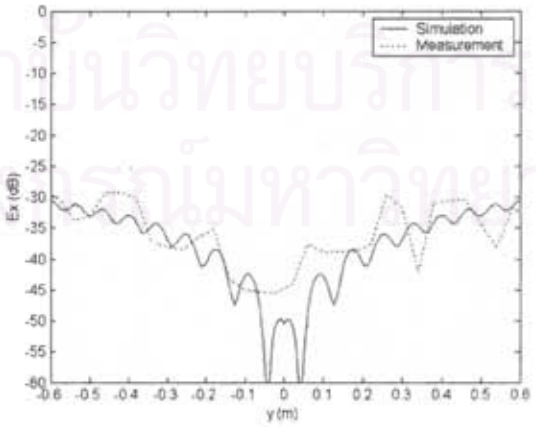
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



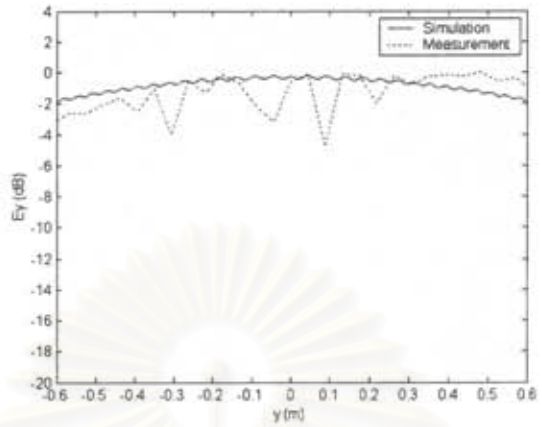
(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



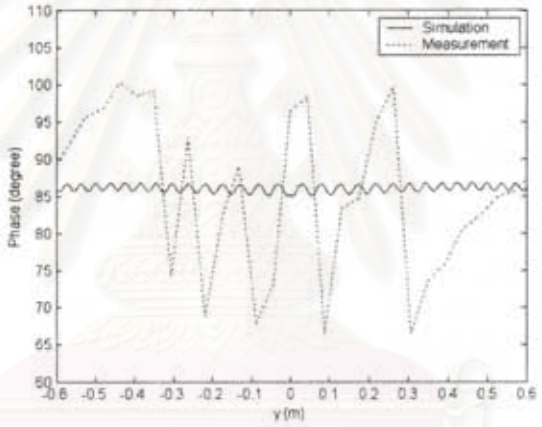
(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๓๔ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 10 GHz

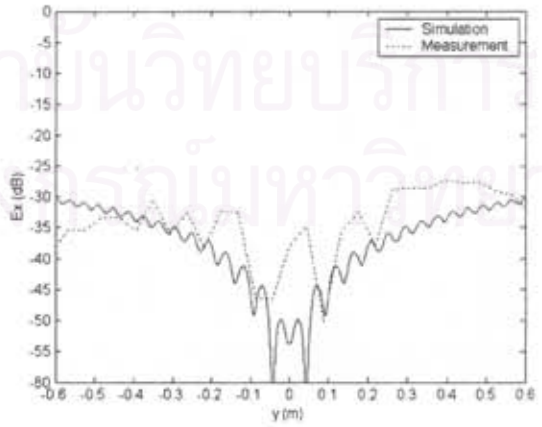
ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

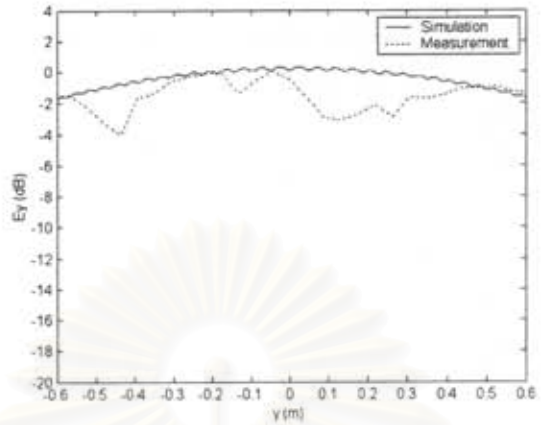


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

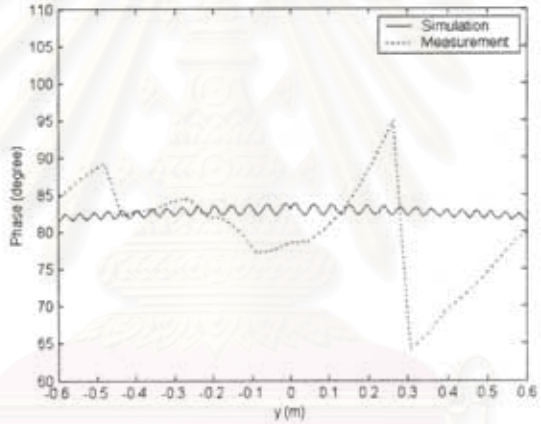
รูปที่ ๓๕ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

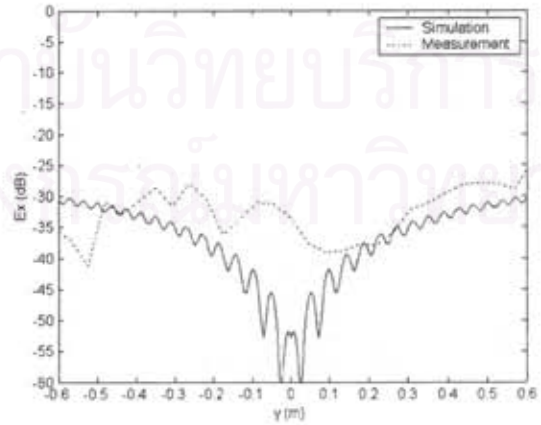
ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



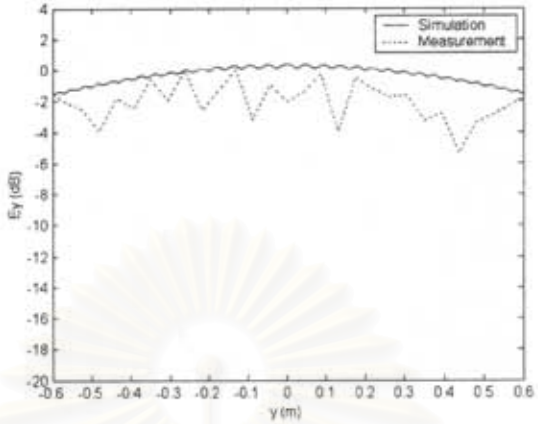
(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



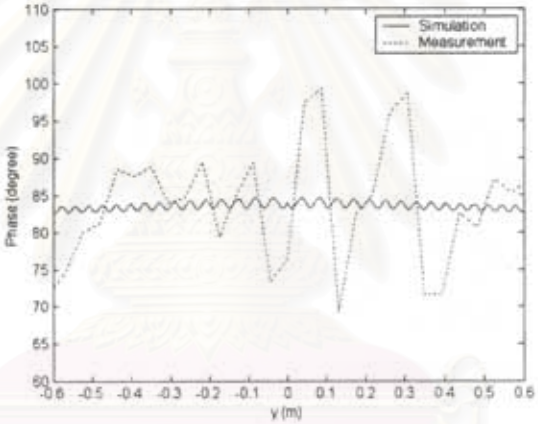
(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๓๖ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

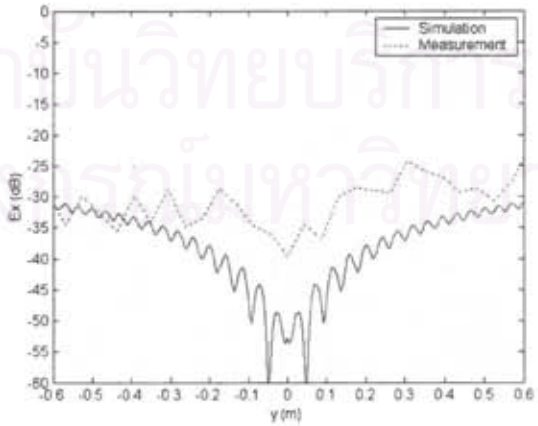
ตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

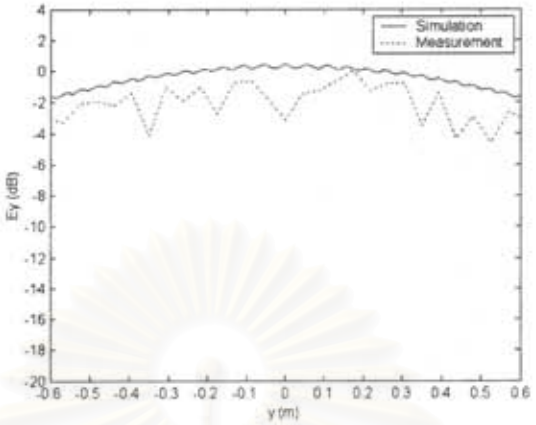


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

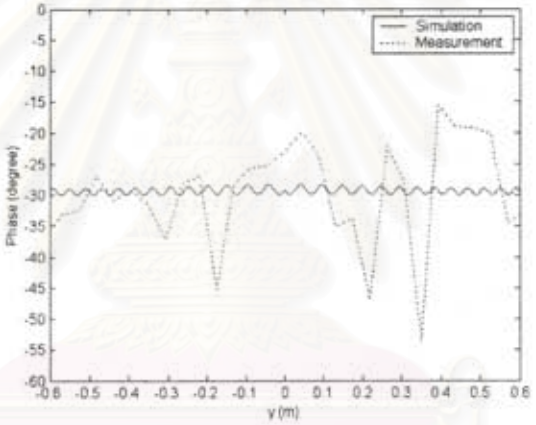
รูปที่ ๓๗ ค่าสนามตำแหน่งที่ 1 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

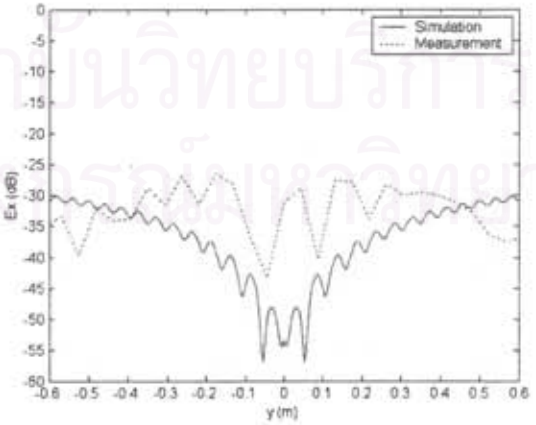
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

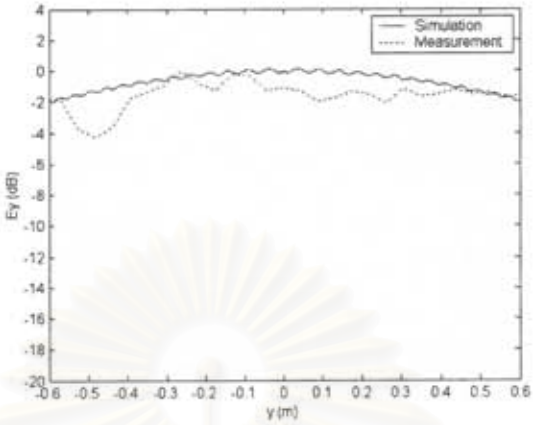


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

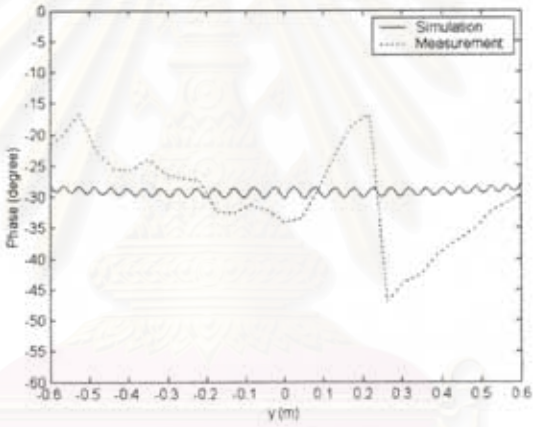
รูปที่ ๓๘ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

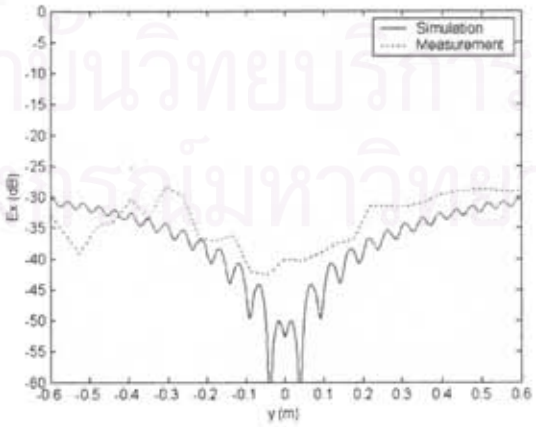
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



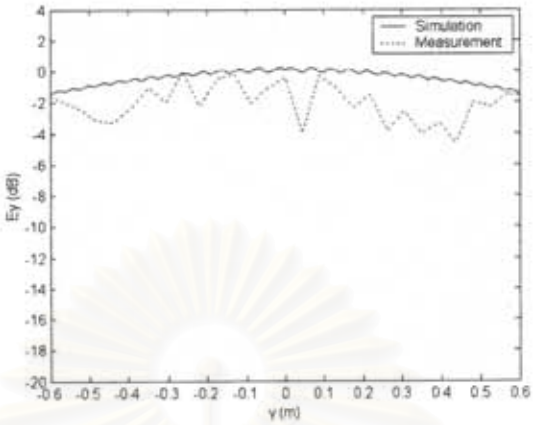
(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



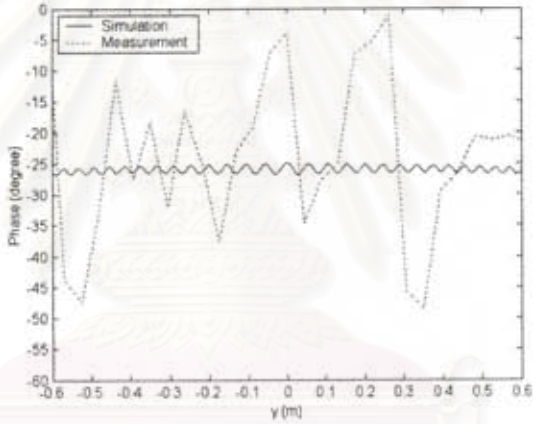
(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๓๙ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

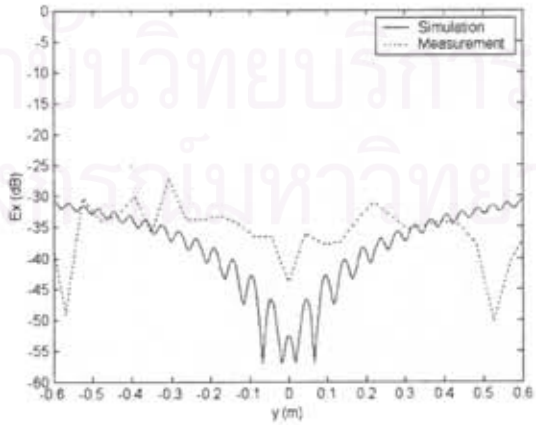
ตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

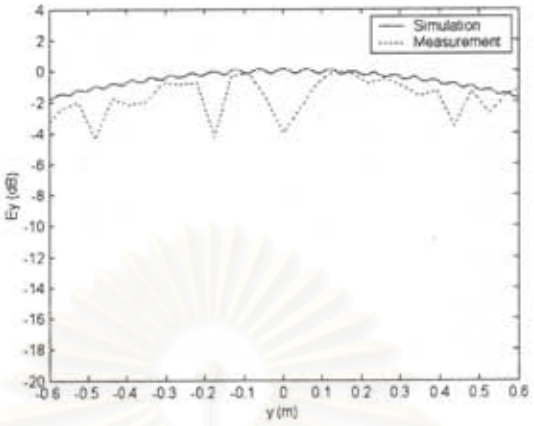


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

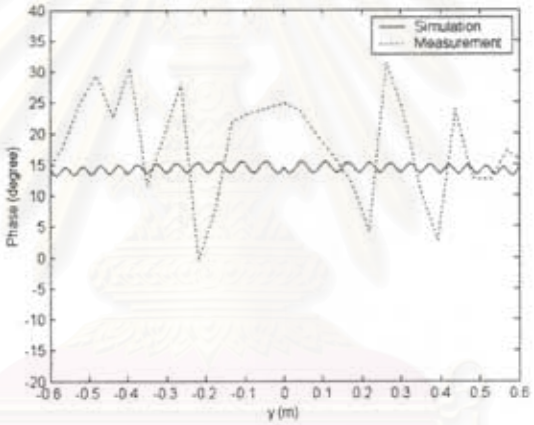
รูปที่ ๔๐ ค่าสนามตำแหน่งที่ 2 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

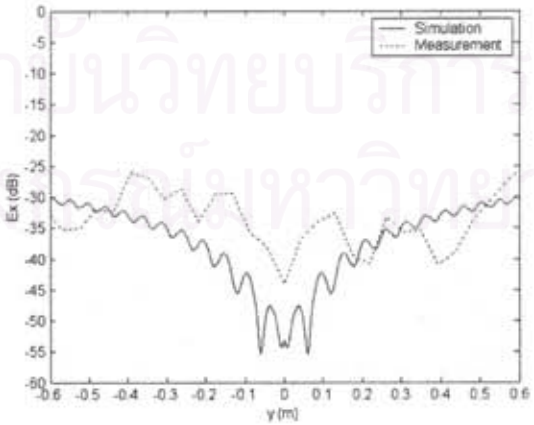
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y

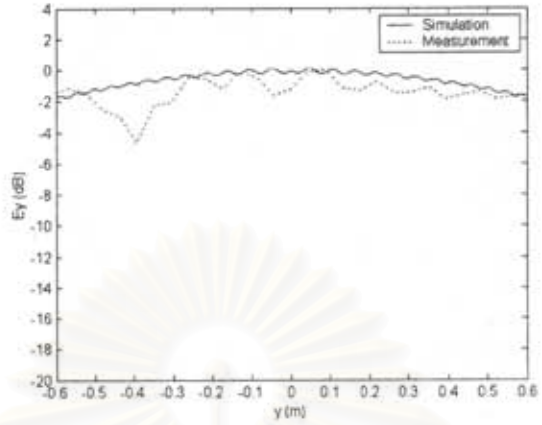


(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

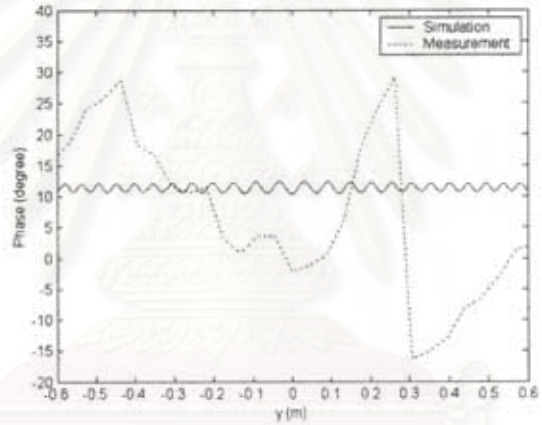
รูปที่ ๔๑ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.6 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

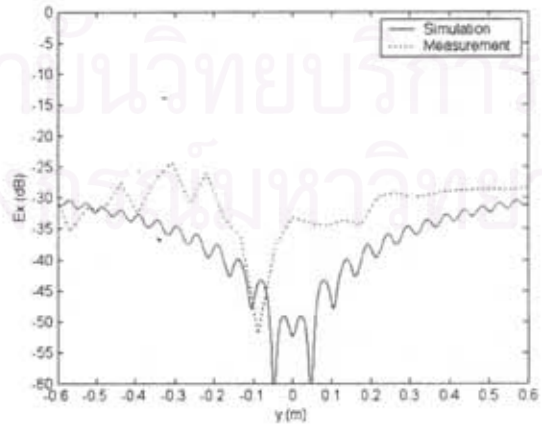
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



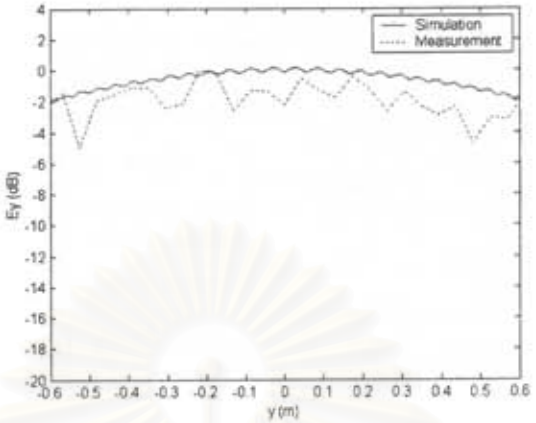
(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



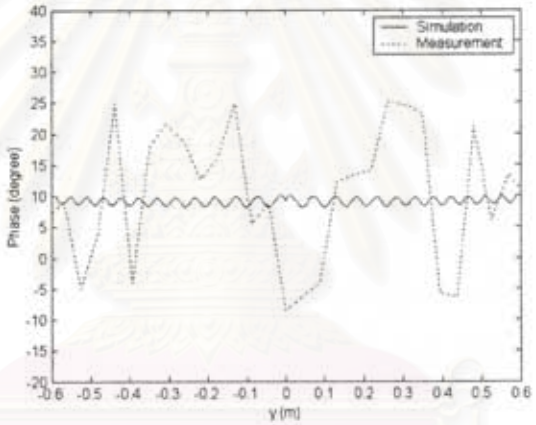
(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๔๒ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 1.9 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

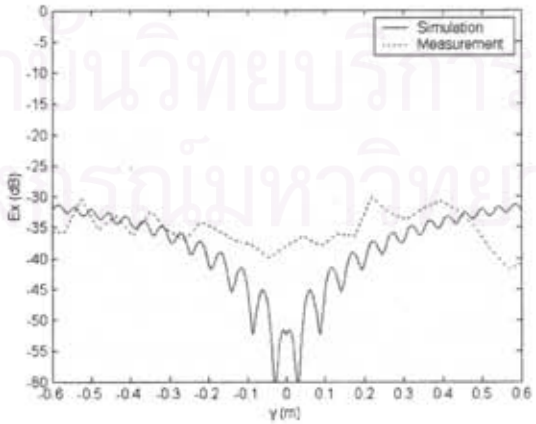
ตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz



(ก) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ข) วัฏภาคของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y



(ค) ขนาดของสนามไฟฟ้า Ex ในแนวแกน y

รูปที่ ๔๓ ค่าสนามตำแหน่งที่ 3 ระดับความสูง 2.2 เมตร ความถี่ 15.5 GHz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๒ เปรียบเทียบผลการตรวจวัดและผลการคำนวณ

ความถี่(GHz) / ระนาบที่ / ความสูงจากพื้น (cm)	การแกว่งของสนามไฟฟ้า Ey ในแนวแกน y				โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด	
	ขนาดของสนามไฟฟ้า		วัฏภาคของสนามไฟฟ้า			
	ผลคำนวณ	ผลวัด	ผลคำนวณ	ผลวัด	ผลคำนวณ	ผลวัด
10 / 1 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -3.68 dB	±<1.87°	±7.7°	-28.4 dB	-30.00 dB
10 / 1 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.56 dB	± <1.99°	±5.4°	-28.4 dB	-31.40 dB
10 / 1 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -5.04 dB	± <2.25°	±23.2°	-29.08 dB	-23.00 dB
10 / 2 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -5.25 dB	± <1.34°	±23.1°	-28.73 dB	-26.23 dB
10 / 2 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -3.88 dB	± <2.17°	±18.1°	-28.95 dB	-26.64 dB
10 / 2 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -5.00 dB	± <2.22°	±15.5°	-29.17 dB	-27.05 dB
10 / 3 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.28 dB	± <2.06°	±15.5°	-29.16 dB	-24.01 dB
10 / 3 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -3.06 dB	± <1.46°	±10.1°	-28.30 dB	-27.55 dB
10 / 3 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.41 dB	± <1.84°	±15.2°	-29.15 dB	-28.00 dB
15.5 / 1 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.77 dB	± <0.89°	±16.9°	-28.82 dB	-27.38 dB
15.5/ 1 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.01 dB	± <1.63°	±15.4°	-29.11 dB	-24.51 dB
15.5/ 1 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -5.39 dB	± <0.98°	±16.0°	-29.59 dB	-20.97 dB
15.5/ 2 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.60 dB	± <1.08°	±19.0°	-28.88 dB	-26.43 dB
15.5/ 2 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.29 dB	± <2.42°	±15.1°	-29.04 dB	-28.23 dB

15.5/ 2 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.62 dB	± <2.24°	±24.9°	-29.28 dB	-27.04 dB
15.5/ 3 / 160	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.40 dB	± <1.28°	±15.9°	-28.75 dB	-23.27 dB
15.5/ 3 / 190	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.66 dB	± <1.02°	±22.8°	-28.98 dB	-24.30 dB
15.5/ 3 / 220	± <0.2dB	สูงสุด 0 dB ต่ำสุด -4.98 dB	± <2.37°	±16.2°	-29.88 dB	-30.10 dB

ผลการตรวจวัดสมบัติของบริเวณทดสอบดังปรากฏพบว่า คุณภาพของหน้าคลื่นซึ่งพิจารณาจากแบบรูปวัฏภาคไม่ดีเท่าที่ควร สาเหตุเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของพื้นผิวตัวสะท้อน (ดูรูปที่ ๙ และรูปที่ ๑๐ ประกอบ) คุณภาพหน้าคลื่นที่ไม่ดีดังกล่าวจะมีผลต่อความแม่นยำในการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ย่านทดสอบที่สร้างขึ้นจึงไม่เหมาะกับการใช้งานเชิงพาณิชย์

อนึ่งโครงการในปีที่ ๑ นี้ไม่มีงบประมาณสำหรับจัดซื้อวัสดุที่จะเป็นประโยชน์ต่อการวัดย่านความถี่สูงกว่า ๑๕.๕ GHz ดังนั้นจึงไม่สามารถนำเสนอผลการวัดครอบคลุมตลอดย่านความถี่ของโครงการตามที่นำเสนอในผลการคำนวณได้ อย่างไรก็ตามข้อนี้มิถือว่าเป็นปัญหาเนื่องจากผลการคำนวณและผลการวัดจะมีแนวโน้มในทางที่สอดคล้องกันดีอยู่แล้ว

สรุปลักษณะสมบัติของย่านทดสอบที่ได้ตรวจวัด

ขนาดของบริเวณทดสอบ ๑ x ๑.๒ x ๐.๖ ม^3

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๕.๒๕ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ ๒๓.๒°

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๒๓.๐๐ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๕.๓๙ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ ๒๔.๙°

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๒๐.๙๗ dB

ผลที่ได้แสดงเห็นว่าย่านทดสอบที่พัฒนาขึ้นยังคงเหมาะสมสำหรับการใช้งานเชิงการศึกษาเท่านั้น

บทที่ ๕

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

โครงการได้ดำเนินงานวิจัยลุล่วงได้ตามสมควร ย่านทดสอบที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ระดับหนึ่ง การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนชี้ให้เห็นขีดจำกัดล่างเชิงความถี่ตัวสะท้อนที่สร้างขึ้นมีพื้นผิวที่คลาดเคลื่อนจากผิวที่ออกแบบจนทำให้คุณภาพหน้าคลื่นในบริเวณทดสอบไม่ดีเท่าที่ควร โดยสรุปแล้วย่านทดสอบแบบกระชับที่สร้างขึ้นตามข้อเสนอเท่าที่สามารถทำได้ในขอบเขตของโครงการปีที่ ๑ มีสมบัติดังนี้

ขนาดของบริเวณทดสอบ ๑ x ๑.๒ x ๐.๖ ม^{3}

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๕.๒๕ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ ๒๓.๒$^{\circ}$

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๐ GHz เท่ากับ -๒๓.๐๐ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงขนาดยอด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๕.๓๙ dB

ระลอกสูงสุดของภาพการแจกแจงวัฏภาค ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ ๒๔.๙$^{\circ}$

โพลาไรเซชันไขว้สูงสุด ณ ความถี่ ๑๕.๕ GHz เท่ากับ -๒๐.๙๗ dB

ผลดังกล่าวทำให้ย่านทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานเชิงการศึกษาและการฝึกอบรมเท่านั้น

ปัญหาและอุปสรรค

โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จตามสมควรเนื่องจากเหตุต่างๆ ดังนี้

ก. ความไม่แน่นอนของการอนุมัติโครงการในช่วงที่ประเทศกำลังประสบกับวิกฤตเศรษฐกิจ โครงการเคยได้รับอนุมัติแล้วยกเลิกในเวลาต่อมา ทำให้ไม่สามารถมั่นใจในการวางแผนปฏิบัติงานวิจัยได้ ต่อมาเมื่อมีการอนุมัติงบประมาณอีกครั้ง การเบิกจ่ายเงินก็มีความล่าช้าอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ไม่สามารถทราบได้ เป็นผลให้ไม่สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้นับแต่เริ่มต้นขอรับการสนับสนุน

ข. คณะวิศวกรรมศาสตร์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยไม่มีนโยบายเกี่ยวกับการจัดสรรพื้นที่เพื่อการปฏิบัติงานวิจัยที่ชัดเจน เป็นเหตุให้โครงการฯ ต้องรอคอยการจัดสรรพื้นที่เป็นเวลายาวนาน อีกทั้งยังเกิดข้อพิพาทปลีกย่อยเกี่ยวกับการจัดสรรพื้นที่อีกด้วย ดังเอกสารแนบในภาคผนวก

ค. ครุภัณฑ์บางรายการมีราคาเปลี่ยนแปลงไปมากในช่วงที่ต้องรอคอยความไม่แน่นอนต่างๆ จนเป็นเหตุให้จัดซื้อไม่ได้ และไม่สามารถเปลี่ยนหมวดการใช้เงินเพื่อจัดหาหรือสร้างเองได้ ดังเอกสารแนบในภาคผนวก

ง. ขาดผู้รับจ้างทำงานโลหะและงานกัดผิววัสดุความแม่นยำสูงในประเทศ ทำให้ต้องเสียเวลาและในที่สุดได้ตัวสะท้อนสร้างเองที่มีความเรียบของผิวดีไม่เพียงพอ

ข้อเสนอแนะ

ก. ภาครัฐคงต้องให้ความสำคัญกับการเบิกจ่ายเงินเพื่ออุดหนุนการวิจัย

ข. คณะวิศวกรรมศาสตร์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญกับการจัดหาพื้นที่เพื่อการวิจัยอย่างเป็นกิจลักษณะ

ค. ระเบียบการเงินควรมีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถเปลี่ยนหมวดการใช้เงินให้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติวิจัยได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการเอกสารอ้างอิง

[๑] Johnson R.C., Ecker H.A., and Moore R.A., "Compact Range Techniques and Measurements," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-17, No. 5, September, 1969, pp. 568-576.

[๒] Olver A.D., "Compact Antenna Test Ranges," 7th Int. Conf. on Antennas and Propagation, York, 15-18 April 1991, pp. 99-108.

[๓] Walton E.K., Young J. D., "The Ohio State University Compact Radar Cross-Section Measurement Range," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-32, No. 11, November, 1984, pp. 768-769.

[๔] Burnside W.D, Gilreath M.C., Kent B.M. and Clerici G.L., "Curved Edge Modification of Compact Range Reflector," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-35, No. 2, February, 1987, pp. 176-182.

[๕] Pistorius C.W.L. and Burnside W.D., "An Improved Main Reflector Design for Compact Range Applications," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-35, No. 3, March, 1987, pp. 342-347.

[๖] Lee T.H., and and Burnside W.D., "Performance Trade-off Between Serrated Edge and Blended Rolled Edge Compact Range Reflectors," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-44, No. 8, August, 1996, pp.87-96.

[๗] Sanad, M.S.A., and Shafai, L.,"Dual parabolic cylindrical reflectors employed as a compact range," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-38, No. 6, June, 1990, pp.814-822

[๘] Pistorius C.W.L, Clerici G.L.,. and Burnside W.D.,"A Dual Chamber Gregorian Subreflector System for Compact Range Applications "," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-37, No. 3, March, 1989, pp. 305-313.

[๙] Hirvonen T., Ala-Laurinaho J.P.S., Tuovinen J., and Raisanen A.V.,"A Compact Antenna Test Range Based on a Hologram," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-45, No. 8, August, 1997, pp.1270-1276.

[๑๐] Descardeci J.R. and Parini C.G.,"Trireflector compact antenna test range," Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings ,Vol. 144, No. 5, October. 1997, pp. 305 – 310.

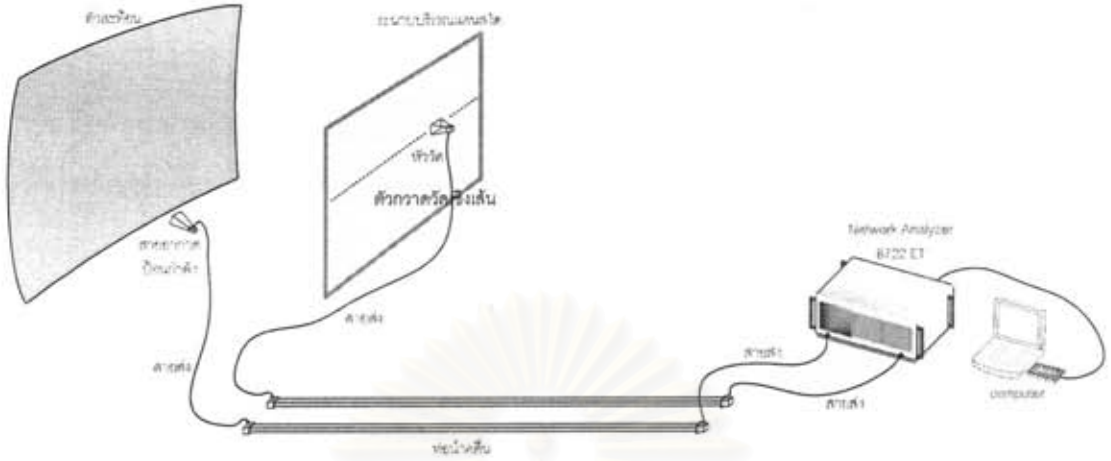
[๑๑] ชูฤทธิ์ วงศ์วิญญูชน, ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร, "การศึกษาผลกระทบอันเนื่องมาจากการเลี้ยวเบนที่ขอบจานสะท้อนคลื่นซึ่งมีต่อคุณภาพของสนามในบริเวณทดสอบของย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับโดยอาศัยหลักการของฮอยเกน," การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, พฤศจิกายน, 2538, หน้า 425-429

[๑๒] J. Appel-Hansen, "Reflectivity Level of Radio Anechoic Chambers," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-21, No. 4, August, 1973, pp.490-498.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ก ผังระบบวัด

รายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบของระบบวัดมีกล่าวในบทที่ ๒ ส่วนของตัวกวาดวัดเชิงเส้นเป็นส่วนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเองด้วยทุนส่วนตัวเพื่อแก้ปัญหาที่ไม่สามารถจัดซื้อได้ เนื่องจากราคาสูงกว่างบประมาณที่ตั้งไว้ ความแม่นยำของตัวกวาดวัดนี้อยู่ในระดับ +/- ๑ มม ซึ่งไม่ดีเท่าเทียมตัวกวาดที่ผลิตในต่างประเทศ ทว่าอยู่ในวิสัยที่ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ ๑๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้

สิ่งที่แนบมาด้วย แผนผังบริเวณที่คาดว่าจะเป็นที่ตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้

เรียน รองคณบดีฝ่ายบริหาร(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ผมได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๔๒ ถึง ปีงบประมาณ ๒๕๔๔ เพื่อดำเนินโครงการเรื่อง "การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับย่านความถี่ ๔ - ๔๐ จิกะเฮิรทซ์" ตามความละเอียดเป็นที่ทราบแล้วนั้น บัดนี้ผมมีความประสงค์จะขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้เพื่อใช้เป็นย่านทดสอบสายอากาศและห้องควบคุม ตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ

ในการนี้ผมใคร่ขออนุญาตใช้พื้นที่สนามด้านติดริมทางบริเวณหัวมุมสี่แยกศาลาพระเกี้ยว ซึ่งบริเวณนี้เป็นที่ตั้งของห้องทดสอบสายอากาศชนิดสนามใกล้ที่ได้รับความสนับสนุนจาก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ อยู่เดิม ผมได้กำหนดตำแหน่งที่ตั้งของห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้ให้อยู่ใกล้กับตึกเกเวอร์ด์ ดังปรากฏรายละเอียดตามแผนผังที่แนบมาด้วยนี้

อนึ่งห้องปฏิบัติการนี้มีความจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าขนาดประมาณ ๖๐ A และผมยินดีที่จะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเกี่ยวการใช้ไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ช่วยดำเนินการและสนับสนุนให้มีไฟฟ้าใช้ รวมทั้งติดตั้งมาตรวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ด้วย

จึงเรียนเพื่อขอความกรุณาอนุมัติและโปรดดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(นายฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 149
วันที่ 30/1/44
14.45 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 218-6308-10 โทรสาร 253-6161
ที่ **วันที่** 29 มกราคม 2544
เรื่อง ขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

สำหรับการขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้ เพื่อใช้เป็นห้องทดสอบสายอากาศและห้องควบคุม โดยจะใช้พื้นที่สนามด้านติดริมทางบริเวณหัวมุมสี่แยกศาลาพระเกี้ยวนั้น เนื่องจากเป็นสิ่งปลูกสร้างภายนอกอาคารซึ่งจะต้องมีการขออนุมัติจากทางมหาวิทยาลัย ทั้งนี้จะต้องชี้แจงเหตุผลความจำเป็นที่ชัดเจน และระยะเวลาในการใช้สถานที่ชั่วคราวดังกล่าว อย่างไรก็ตาม หากห้องปฏิบัติการฯ สามารถอยู่ในอาคารของภาควิชาฯ ได้ ก็จะสามารถดำเนินการได้สะดวกขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณาดำเนินการต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายบริหาร

31 ม.ค. 44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ ๖ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง คำชี้แจงประกอบการขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้

เรียน รองคณบดีฝ่ายบริหาร(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ผมได้ขออนุญาตประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดรื้อถอนได้ เพื่อดำเนินโครงการเรื่อง "การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับย่านความถี่ ๘ - ๔๐ จิกะเฮิรทซ์" ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๔๒ ถึง ปีงบประมาณ ๒๕๔๔ ตามบันทึกลงวันที่ ๑๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๔ และได้รับบันทึกตอบคำขออนุญาตลงวันที่ ๒๘ มกราคม ๒๕๔๔ ตามความละเอียดเป็นที่ทราบแล้วนั้น

บัดนี้ผมขอชี้แจงเหตุผลและความจำเป็นเพิ่มเติมดังนี้

ก.ย่านทดสอบสายอากาศต้องตั้งอยู่ ณ บริเวณที่เข้าถึงได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการขนย้ายสายอากาศที่จะทดสอบในย่านทดสอบ ขนาดและน้ำหนักของสายอากาศเป็นเหตุให้มักนิยมสร้างย่านทดสอบ ณ ระดับพื้นดิน ตามข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่ระดับพื้นดินที่ผมทราบ ไม่มีบริเวณใดที่มีพื้นที่ใช้สอยมากเพียงพอสำหรับการสร้างย่านทดสอบตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยฯ

ข.หลังจากโครงการวิจัยสิ้นสุดลงและได้มีการใช้ประโยชน์จากย่านทดสอบ รวมทั้งได้เปิดโอกาสให้หน่วยงานของรัฐและภาคเอกชนได้ศึกษาดูงานและใช้ประโยชน์แล้วตามสมควร หากมหาวิทยาลัยหรือคณะฯ มีความประสงค์ให้รื้อถอน ผมยินดีดำเนินการให้ตามความประสงค์โดยเร็วที่สุด อนึ่งหากไม่มีผู้ใดผู้หนึ่งเห็นว่าสมควรรื้อถอนแม้ระยะเวลาจะผ่านไปจนเนิ่นนานแล้ว ผมจะรื้อถอนให้เรียบร้อยภายในวันที่ ๓๑ พฤษภาคม ๒๕๔๘

จึงเรียนเพื่อขอความกรุณาอนุมัติและโปรดดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(นายฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขอความกรุณาคณบดีแจ้งให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า

สิ่งที่ส่งมาด้วย ร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพ

เรียน คณบดี(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้อนุญาตให้ผมประกอบและติดตั้งห้องปฏิบัติการชนิดร์อถอนได้ เพื่อดำเนินโครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับย่านความถี่ ๙ - ๔๐ จิกะเฮิรทซ์" ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๔๒ ถึง ปีงบประมาณ ๒๕๔๔ ณ บริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ความละเอียดเป็นที่ทราบแล้วนั้น

จากการสำรวจพื้นที่ดังกล่าว พบว่ามีหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดเฟสเดียวจำนวน ๑๐ ตัว หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดสามเฟสจำนวน ๑๒ ตัว หม้อแปลงทั้ง ๒๒ ตัวนี้เป็นหม้อแปลงเก่าซึ่งเป็นของมหาวิทยาลัย เพื่อให้โครงการวิจัยฯ สามารถใช้สอยพื้นที่ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจัดสรรให้ โครงการวิจัยฯจำเป็นต้องขอให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงเก่าทั้ง ๒๒ ตัวออกจากพื้นที่ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อขอความกรุณาท่านคณบดีโปรดแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยให้ดำเนินการดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง อนึ่งผมได้แนบร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพมาพร้อมกับบันทึกฉบับนี้ด้วย

(นายฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด่วนมาก

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ที่. ทม 0308/ 1514 วันที่ 12 เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขอความกรุณามหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า

เรียน รองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพ

ด้วยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีความประสงค์จะใช้พื้นที่บริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง เพื่อดำเนินโครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับย่านความถี่ ๔ - ๔๐ จิกะเฮิรทซ์" ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๔๒ ถึง ปีงบประมาณ ๒๕๔๔

จากการสำรวจพื้นที่ดังกล่าว พบว่ามีหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดเฟสเดียวจำนวน ๑๐ ตัว หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดสามเฟสจำนวน ๑๒ ตัว หม้อแปลงทั้ง ๒๒ ตัวนี้เป็นหม้อแปลงเก่าซึ่งเป็นของมหาวิทยาลัย เพื่อให้ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสามารถดำเนินโครงการวิจัยดังกล่าวข้างต้นให้ลุล่วงได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์จำเป็นต้องขอให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงเก่าทั้ง ๒๒ ตัวออกจากพื้นที่ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดดำเนินการดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ วันที่ ๑๗ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขอความกรุณาคณบดีเร่งรัดให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า

สิ่งที่ส่งมาด้วย ร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพ

เรียน คณบดี(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ผมได้ร้องขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ช่วยแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยให้ขนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่าที่เป็นสมบัติของมหาวิทยาลัยออกจากบริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ดังความปรากฏในบันทึกข้อความลงวันที่ ๘ เมษายน ๒๕๔๔ ความละเอียดเป็นที่ทราบแล้วนั้น

บัดนี้ผมขอเรียนต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ว่ามหาวิทยาลัยได้จัดส่งเจ้าหน้าที่ ๒ นาย เข้าสำรวจหม้อแปลงเก่า ณ บริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงเรียบร้อยตั้งแต่สัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคม ๒๕๔๔ ที่ผ่านมา หลังจากนั้นจวบจนกระทั่งปัจจุบันยังไม่ปรากฏว่ามหาวิทยาลัยดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวอย่างไร การดังกล่าวทำให้ผมยังคงไม่สามารถเข้าใช้พื้นที่เพื่อดำเนินการตามที่ได้รับอนุมัติจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้

จึงเรียนมาเพื่อขอความกรุณาท่านคณบดีโปรดแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยอีกครั้งให้เร่งดำเนินการดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง อนึ่งผมได้แนบร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพมาพร้อมกับบันทึกฉบับนี้ด้วย

(นายฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)
รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.86308-10

ที่ ที่. ทม 0306/ 3800 วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขอความกรุณามหาวิทยาลัยเร่งรัดการเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า

เรียน รองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพ

ตามที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ร้องขอให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่าออกจากบริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ความละเอียดดังปรากฏในบันทึกที่ ทม. 0306/1514 ลงวันที่ ๑๒ เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๔ คณะวิศวกรรมศาสตร์ทราบว่ามหาวิทยาลัยได้ส่งเจ้าหน้าที่ ๒ นาย เข้าสำรวจหม้อแปลงไฟฟ้าเก่าในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวแล้วตั้งแต่สัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคม ๒๕๔๔ ทว่านับแต่นั้นเป็นต้นมามหาวิทยาลัยมิได้ดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อแต่ประการใด

การดังกล่าวเป็นเหตุให้โครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับย่านความถี่ ๘ - ๔๐ จิกะเฮิรทซ์" ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๔๒ ถึง ปีงบประมาณ ๒๕๔๔ ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ใคร่ขอความกรุณามหาวิทยาลัยได้โปรดเร่งรัดการเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่าออกจากพื้นที่ที่ระบุข้างต้นโดยด่วนด้วย เพื่อให้โครงการวิจัยฯ สามารถดำเนินต่อไปจนแล้วเสร็จได้

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดดำเนินการด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ วันที่ ๑๖ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

เรื่อง ขอความกรุณาคณบดีเร่งรัดให้มหาวิทยาลัยเคลื่อนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า

สิ่งที่ส่งมาด้วย ร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพ

เรียน คณบดี(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ผมได้ร้องขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ช่วยแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยให้ขนย้ายหม้อแปลงไฟฟ้าแก่ที่เป็นสมบัติของมหาวิทยาลัยออกจากบริเวณลานด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ดังความปรากฏในบันทึกข้อความลงวันที่ ๕ เมษายน ๒๕๔๔ และ ๑๗ กรกฎาคม ๒๕๔๔ ความละเอียดเป็นที่ทราบแล้วนั้น

บัดนี้ผมขอเรียนต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ว่า ถึงแม้คณะวิศวกรรมศาสตร์จะได้ทำบันทึกถึงฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยเป็นจำนวน ๒ ฉบับแล้ว มหาวิทยาลัยยังคงมิได้ดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดนอกเหนือไปจากการเพิกเฉยจวบจนกระทั่งปัจจุบัน การดังกล่าวทำให้ผมยังคงไม่สามารถเข้าใช้พื้นที่เพื่อดำเนินการตามที่ได้รับเสนอมัติจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้

จึงเรียนมาเพื่อขอความกรุณาท่านคณบดีโปรดแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยอีกครั้งให้เร่งดำเนินการดังกล่าวด้วย จักขอบคุณยิ่ง อนึ่งผมได้แนบร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีด้านนโยบายสารสนเทศและระบบกายภาพมาพร้อมกับบันทึกฉบับนี้ด้วย

(นายฉัตรชัย โชคาพัฒนกร)

รองศาสตราจารย์ ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์
หน่วยสารบรรณ
วันที่ ๑๕ ต.ค. ๒๕๔๔ เวลา ๑๐.๐๐ น.
รับที่ 501

บันทึกข้อความ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่ วฟ 248/2544 วันที่ ๑๖ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๔๔
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เร่งรัดให้มีการย้ายเสาไฟฟ้าและสายไฟฟ้าเก่า
สิ่งที่ส่งมาด้วย ร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีฝ่ายนโยบายสาธารณูปโภคและระบบภายภาพ

เรียน คณบดี (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ผมได้ร้องขอให้คณะวิศวกรรมศาสตร์ช่วยแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยให้ย้ายเสาไฟฟ้าและสายไฟฟ้าที่เป็นสมบัติของมหาวิทยาลัยออกจากบริเวณด้านข้างของโรงประลองวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ดังความปรากฏในบันทึกข้อความลงวันที่ ๕ เมษายน ๒๕๔๔ และ ๑๗ กรกฎาคม ๒๕๔๔ ความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

บัดนี้ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าขอเรียนต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ว่า ถึงแม้คณะวิศวกรรมศาสตร์จะได้ทำหนังสือถึงฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยเป็นจำนวน ๒ ครั้งแล้ว แต่มหาวิทยาลัยก็ยังมิได้ดำเนินการอย่างหนึ่งอย่างใดแต่อย่างใด ทำให้ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าไม่สามารถเข้าใช้พื้นที่เพื่อดำเนินการตามที่ได้รับอนุมัติจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้

จึงเรียนมาเพื่อขอความกรุณาว่า จะมีโปรดแจ้งต่อฝ่ายที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยอีกครั้งให้เร่งดำเนินการตามที่กล่าวข้างต้น จักขอบคุณยิ่ง ทั้งนี้ได้แนบร่างบันทึกข้อความถึงรองอธิการบดีฝ่ายนโยบายสาธารณูปโภคและระบบภายภาพมาพร้อมกับหนังสือนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ไชยาพัฒนกร)
หัวหน้าโครงการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
หัวหน้าโครงการวิจัย

ที่ วฟ ๐๐๐๓/ ๒๕๕๑

๑๖ ต.ค. ๔๔

เรียน ท่านผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายนโยบายสาธารณูปโภค

ตามที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าโดย รองศาสตราจารย์ ฉัตรชัย ไชยาพัฒนกร จะได้ใช้พื้นที่ในการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาระบบสื่อสารดาวเทียมแบบกระจับสำหรับย่านความถี่ 8-40 GHz" ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ชินฉายากุล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 126
วันที่ 24/1/45
เวลา 15.00 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่ _____ วันที่ ๒๒ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๕
เรื่อง ขอทักท้วงการใช้พื้นที่สนามกลางแจ้ง อาคารปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง

เรียน ท่านคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

สืบเนื่องข้าพเจ้า ดร. วีระพันธ์ รังสีวิจิตรประภา เพิ่งจะกลับเข้ารับราชการ หลังจากลาศึกษาต่อ ณ ต่างประเทศ เมื่อวันที่ ๑๔ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๕ แล้วนั้น ด้วยเหตุบังเอิญที่ข้าพเจ้าได้ทราบว่ามีการตกลงกันระหว่างท่านคณบดี หัวหน้าภาค และ อ. ดร. คมสัน เพ็ชร์รักษ์ ในการปันส่วนของสนามกลางแจ้ง ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง เพื่อสร้างห้องปฏิบัติการทดสอบของ ผศ. ดร. ฉัตรชัย ไวทยาพัฒนกร ตามคำบอกเล่าของ อ. ดร. คมสัน เพ็ชร์รักษ์ และปราศจากการปรึกษาหารือร่วมกับอาจารย์ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง

และเมื่อข้าพเจ้าสอบถามถึงรายละเอียดในข้อตกลงดังกล่าวทั้งจาก ผศ.ดร.ฉัตรชัย และ อ.ดร. คมสัน ก็ไม่มีใครให้รายละเอียดในโครงการดังกล่าว ถึงขนาดที่ต้องการและระยะเวลาที่ขอใช้ ข้าพเจ้าจึงอยากขอให้ท่านคณบดี มีคำสั่งให้ระงับโครงการดังกล่าวเป็นการชั่วคราว หรือให้มีการพิจารณาใหม่ ด้วยเหตุผลดังนี้

๑. ส่วนสนามดังกล่าว ทางห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง ใช้เป็นที่สำหรับพำนักวัสดุทดสอบ รวมทั้งการทดสอบกลางแจ้งในการทดสอบและให้บริการของภาควิชา รวมทั้งการทดสอบและวิจัยทางไฟฟ้าแรงสูงในสนามกลางแจ้งที่อาจจะมีขึ้นในอนาคต เมื่อมีอาคารดังกล่าวจะไม่เป็นการปลอดภัยและสะดวกในการทำงานของทางห้องปฏิบัติการในอนาคต

๒. อาจเกิดข้อพิพาทระหว่างภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม รวมทั้ง วิศวกรรมสำรวจ เนื่องจากการตั้งห้องปฏิบัติการดังกล่าว จะปิดบังป้ายทางเข้าของทางภาควิชาฯ และหรือปิดบังตึกของภาควิชา ซึ่งเป็นเรื่องราวเก่าที่เคยมีมาก่อนสมัยที่ รศ.ดร.สำรวย สังข์สะอาด มีโครงการสร้างเพิงหลังคาเพื่อปิงฝนในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ากลางแจ้ง

ดังนั้นข้าพเจ้าจึงมีข้อเสนอ เพื่อให้โครงการดังกล่าวยังมีความเป็นไปได้ และเพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้งดังกล่าว จึงเสนอให้ มีการจัดตั้งคณะกรรมการขึ้นชุดหนึ่งเพื่อพิจารณาเรื่องดังกล่าวซึ่งอาจประกอบด้วย หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสำรวจ ท่านคณบดี และ/หรือ อาจารย์

ประจำห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงทั้งหมด โดยมี ผศ.ดร.ฉัตรชัย ไวทยาพัฒนกร เป็นผู้เสนอโครงการและตอบข้อซักถามต่อคณะกรรมการชุดดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา และโปรดแจ้งผลการพิจารณากลับเป็นการด่วนให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทราบเป็นการด่วนที่สุด จักขอบพระคุณยิ่ง

ด้วยความเคารพนับถือ

อาจารย์ ดร. วีระพันธ์ รังสีวิจิตรประภา
อาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความคิดเห็นของหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ความคิดเห็นของท่านคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สำเนาแจ้ง ผศ.ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร, อ.ดร.คมสัน เพ็ชร์รักษ์, อ. ดร. ชาญณรงค์ บาลมงคล, อ.ดร.บุญชัย

เตชะอำนาจ

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.๘๖๔๕๔

ที่ วันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๔๖

เรื่อง ขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

สิ่งที่ส่งมาด้วย สำเนาบันทึกรายงานการซื้อครุภัณฑ์โดยวิธีสอบราคา ๔ ฉบับ

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัย

ด้วยโครงการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ ๘-๔๐ จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)** ประสบปัญหาในการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัยจำนวนสองรายการดังนี้

๑. เครื่องกวาดวัดค่าเชิงเส้นที่สามารถกวาดวัดค่าได้เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า ๑.๕ เมตร ๑ ชุด

๒. โต๊ะหมุนสำหรับวางสายอากาศทดสอบที่รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า ๓๒๕ กิโลกรัม มีความสามารถหมุนได้ทั้งตามมุมแนวราบและมุมก้มเงย ๑ ชุด

โครงการวิจัยฯ ได้จัดซื้อครุภัณฑ์วิจัยทั้งสองรายการ ๒ ครั้ง และต้องยกเลิกการจัดซื้อทั้งสองครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีผู้ยื่นซองทั้งสองครั้ง การดังกล่าวทำให้โครงการวิจัยต้องล่าช้าและไม่สามารถใช้จ่ายเงินงบประมาณให้เกิดประโยชน์ได้ ผมในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัยใคร่ขอเรียนปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อจักได้ดำเนินงานตามโครงการวิจัยให้ลุล่วงได้

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดให้คำปรึกษาด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

เรียน รศ. ดร. ฉัตรชัย

เนื่องจากเงื่อนไขข้อตกลงของทางเราให้สัญญาณ 2 ครั้ง ถ้าหากครบกำหนดแล้วยังไม่มีการยื่นซองเสนอราคาอีก ก็ให้ยกเลิกการจัดซื้อได้

ส่วนเรื่องการเบิกจ่ายเงินนั้น ทางเราสามารถเบิกได้ทั้งหมดตามจำนวนเงินที่ได้รับการอนุมัติ

26 ก.พ. 46

Memo43

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 1121
วันที่ 3/7/45
เวลา 15:50 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานคลังและพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 2186326 -27
ที่ **วันที่** 1 กรกฎาคม 2545
เรื่อง รายงานการซื้อครุภัณฑ์โดยวิธีสอบราคา (ครั้งที่ 2)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนากร (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้รายงานขอซื้อ เครื่องกวาดวัดค่าเชิงเส้นที่สามารถกวาดวัดค่าได้เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร จำนวน 1 ชุด (ครั้งที่ 2) ในวงเงิน 600,000.- บาท โดยวิธีสอบราคานั้น หน่วยพัสดุได้ดำเนินการสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2545 ผลปรากฏว่า ไม่มีผู้ยื่นของเสนอราคา บัดนี้ หน่วยพัสดุได้ดำเนินการขออนุมัติยกเลิกสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
หัวหน้าเจ้าหน้าที่พัสดุ

เสนอ ผ่านหัวหน้าภาควิชา , รศ.ดร. มั่งธรรม
- เพื่อทราบ
3 ก.ค.45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 1122
วันที่ 3/7/45
เวลา 15.40 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานคลังและพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 2186326 -27
ที่ **วันที่** 1 กรกฎาคม 2545
เรื่อง รายงานการซื้อครุภัณฑ์โดยวิธีสอบราคา (ครั้งที่ 2)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ชัตรชัย ไวยาพัฒนากร (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้รายงานขอซื้อ โต๊ะหมุนสำหรับวางสายอากาศทดสอบที่รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 325 กิโลกรัม มีความสามารถหมุนได้ทั้งตามมุมแนวราบและมุมก้มเงย จำนวน 1 ชุด (ครั้งที่ 2) เป็นเงิน 900,000.- บาท โดยวิธีสอบราคา นั้น หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2545 ผลปรากฏว่า ไม่มีผู้ยื่นของเสนอราคา บัดนี้ หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการขออนุมัติยกเลิกสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
หัวหน้าเจ้าหน้าที่พัสดุ

เสนอ หัวหน้าภาค ... เพื่อทราบ
3 ก.ค. 45

1 7 02 11:32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 1045
วันที่ 21/6/45
เวลา 14.20 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานคลังและพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 2186326 -27
ที่ **วันที่** 21 มิถุนายน 2545
เรื่อง รายงานการซื้อครุภัณฑ์โดยวิธีสอบราคา

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนากร (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้รายงานขอซื้อ เครื่องกวาดค่าเชิงเส้นที่สามารถกวาดวัดค่าได้เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร จำนวน 1 ชุด ในวงเงิน 600,000.- บาท โดยวิธีสอบราคานั้น หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2545 ผลปรากฏว่า ไม่มีผู้ยื่นซองเสนอราคา บัดนี้ หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการขออนุมัติยกเลิกสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
หัวหน้าเจ้าหน้าที่พัสดุ

เรียน ...
เพื่อ...
21 มิ.ย. 45
24 มิ.ย. 45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
รับที่ 1044
วันที่ 21/6/45
เวลา 14.20 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานคลังและพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 2186326 -27
ที่ **วันที่** 21 มิถุนายน 2545
เรื่อง รายงานการซื้อครุภัณฑ์โดยวิธีสอบราคา

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนากร (ผ่านหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า)

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้รายงานขอซื้อ โต๊ะหมุนสำหรับวางสายอากาศทดสอบที่รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 325 กิโลกรัม มีความสามารถหมุนได้ทั้งตามมุมแนวราบและมุมก้มเงย จำนวน 1 ชุด ในวงเงิน 900,000.- บาท โดยวิธีสอบราคานั้น หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2545 ผลปรากฏว่าไม่มีผู้ยื่นซองเสนอราคา บัดนี้ หน่วยพัสดุ ได้ดำเนินการขออนุมัติยกเลิกสอบราคาแล้ว เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2545

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
หัวหน้าเจ้าหน้าที่พัสดุ

เรียน หัวหน้าภาควิชา
เพื่อทราบ
21 มิ.ย. 45
24 มิ.ย. 45

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.๘๖๔๕๔

ที่ วันที่ ๒๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๖

เรื่อง ขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน(ครั้งที่ ๒)

สิ่งที่ส่งมาด้วย สำเนาบันทึกข้อความลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๖

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัย

ตามที่ผมได้ทำบันทึกข้อความลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๖ เพื่อขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดินในการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัยจำนวนสองรายการ เนื่องจากประสบปัญหาในการจัดซื้อ และท่านรองคณบดีฯได้กรุณาให้คำแนะนำมากับบันทึกดังกล่าว ความละเอียดทราบโดยทั่วกันแล้วนั้น

ผมใคร่ขอเรียนต่อท่านรองคณบดีฯ ว่า ผมได้เพียรพยายามดำเนินการด้วยวิธีการที่ท่านได้ให้คำแนะนำมาเป็นเวลาพอสมควรแล้วก่อนนำความขอคำปรึกษาจากท่านรองคณบดีฯ ผมมิอาจทราบข้อเท็จจริงได้ว่าด้วยเหตุใดจึงไม่สามารถดำเนินการให้การจัดซื้อลุล่วงได้ ผมมีเพียงข้อสันนิษฐานเท่านั้นว่าวงเงินงบประมาณที่ตั้งไว้อาจไม่เพียงพอ และเป็นไปได้ว่ายอดเงินที่ขาดไปอาจสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมีการสอบถามราคาจากผู้ขายในต่างประเทศจะไม่มีรายใดตอบหรือให้ข้อมูลราคากลับมา

ด้วยเหตุนี้ผมจึงต้องเรียนรบกวนท่านรองคณบดีฯอีกครั้งหนึ่งเพื่อขอคำแนะนำเกี่ยวกับทางออกที่เป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการตามโครงการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ ๘–๔๐ จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)** ประสบความสำเร็จได้ในที่สุด

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดให้คำปรึกษาด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Memo46

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.๘๖๔๕๔

ที่ วันที่ ๒๖ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๖

เรื่อง ขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน(ครั้งที่ ๒)

สิ่งที่ส่งมาด้วย สำเนาบันทึกข้อความลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๖

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัย

ตามที่ผมได้ทำบันทึกข้อความลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๖ เพื่อขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดินในการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัยจำนวนสองรายการ เนื่องจากประสบปัญหาในการจัดซื้อ และท่านรองคณบดีฯ ได้กรุณาให้คำแนะนำมากับบันทึกดังกล่าว ความละเอียดทราบโดยทั่วกันแล้วนั้น

ผมใคร่ขอเรียนต่อท่านรองคณบดีฯ ว่า ผมได้เพียรพยายามดำเนินการด้วยวิธีการที่ท่านได้ให้คำแนะนำมาเป็นเวลาพอสมควรแล้วก่อนนำความขอคำปรึกษาจากท่านรองคณบดีฯ ผมมิอาจทราบข้อเท็จจริงได้ว่าด้วยเหตุใดจึงไม่สามารถดำเนินการให้การจัดซื้อลุล่วงได้ ผมมีเพียงข้อสันนิษฐานเท่านั้นว่าวงเงินงบประมาณที่ตั้งไว้อาจไม่เพียงพอ และเป็นไปได้ว่ายอดเงินที่ขาดไปอาจสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมีการสอบถามราคาจากผู้ขายในต่างประเทศจะไม่มีรายใดตอบหรือให้ข้อมูลราคากลับมา

ด้วยเหตุนี้ผมจึงต้องเรียนรบกวนท่านรองคณบดีฯอีกครั้งหนึ่งเพื่อขอคำแนะนำเกี่ยวกับทางออกที่เป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการตามโครงการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ ๘-๔๐ จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)** ประสบความสำเร็จได้ในที่สุด

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดให้คำปรึกษาด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

เรียน ผ้ายผลิตเพื่อทราบ และ ดำเนินการ
เพื่อโปรดให้คำแนะนำด้วยเหมือน

27 มี.ค. 46

เรียน รศ. ดร. ฉัตรชัย
โปรดให้คำแนะนำด้วย

27 มี.ค. 46

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.๘๖๔๕๔
ที่ วันที่ ๖ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๔๖
เรื่อง ขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดิน
สิ่งที่ส่งมาด้วย สำเนาบันทึกข้อความลงวันที่ ๒๖ มีนาคม ๒๕๔๖

เรียน หัวหน้างานคลังและพัสดุ

ตามที่ผมได้ทำบันทึกข้อความเพื่อขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้จ่ายงบประมาณวิจัยเงินงบประมาณแผ่นดินในการจัดซื้อครุภัณฑ์วิจัยจำนวนสองรายการ เนื่องจากประสบปัญหาในการจัดซื้อ และท่านรองคณบดีฝ่ายวิจัยได้กรุณาให้คำแนะนำให้ผมขอคำปรึกษาจากท่านหัวหน้างานคลังและพัสดุ ดังความละเอียดปรากฏในบันทึกลงวันที่ ๒๖ มีนาคม ๒๕๔๖ ที่แนบมาด้วยแล้ว

ผมใคร่ขอเรียนต่อท่านหัวหน้างานคลังและพัสดุว่า ผมได้เพียรพยายามดำเนินการด้วยวิธีการที่เป็นไปได้เป็นเวลาพอสมควรแล้วก่อนนำความขอคำปรึกษาจากท่านรองคณบดีฯ ผมมิอาจทราบข้อเท็จจริงได้ว่าด้วยเหตุใดจึงไม่สามารถดำเนินการให้การจัดซื้อลุล่วงได้ ผมมีเพียงข้อสันนิษฐานเท่านั้นว่าวงเงินงบประมาณที่ตั้งไว้อาจไม่เพียงพอ และเป็นไปได้ว่ายอดเงินที่ขาดไปอาจสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อมีการสอบถามราคาจากผู้ขายในต่างประเทศจะไม่มีรายใดตอบหรือให้ข้อมูลราคากลับมา

ด้วยเหตุนี้ผมจึงต้องเรียนรบกวนท่านหัวหน้างานคลังและพัสดุเพื่อขอคำแนะนำเกี่ยวกับทางออกที่เป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินการตามโครงการวิจัยเรื่อง **การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ ๙–๔๐ จิกะเฮิรทซ์(ปีที่ ๑)** ประสบความสำเร็จได้ในที่สุด

จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดให้คำปรึกษาด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร)
หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

วันที่ ๒๒ สิงหาคม ๒๕๕๖

เรียน รองคณบดีฝ่ายบริหาร

หน่วยงาน สำนักคณบดี

เรื่อง ขอส่งงบปรับปรุงของโครงการวิจัย

เรียน ผศ.เสถียร วงศ์สารเสริฐ

ผมได้จัดทำงบปรับปรุงของโครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาย่านการสอบสวนวิธีการระบบระบาย ปีที่ ๑ เรียบร้อยแล้ว และขอนำส่งรายการปรับปรุงให้ท่านรองฯ ช่วยกรุณาตรวจสอบความถูกต้องด้วย ผมต้องขอโทษในความล่าช้าของการทำต้นฉบับปรับปรุง ขอท่านรองฯ ได้โปรดแจ้งให้ผมทราบด้วยว่าจะสามารถดำเนินการต่อไปได้หรือไม่ อย่างไร ผมขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ชัยชัย โชคาพัฒนากร)

ปล. ผมได้แนบสำเนางบการเงินที่ได้รับอนุมัติมาพร้อมกันนี้ด้วยแล้ว ผมต้องขออภัยที่นำส่งเอกสารในช่วงที่ไม่ค่อยเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 86304, 86308-10 โทรสาร 253-6161

ที่ **วันที่** 15 ตุลาคม 2546

เรื่อง งบปรับปรุงโครงการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร

อ้างถึง บันทึกข้อความ ลงวันที่ 25 สิงหาคม 2546

ตามบันทึกข้อความที่อ้างถึง ท่านได้ส่งงบปรับปรุง ของโครงการวิจัยฯ ความแจ้งแล้วนั้น คณะฯ มีข้อสังเกต ดังนี้

1. วัสดุไม่ทราบจำนวนและราคาต่อหน่วย
2. วัสดุนี้มีจำนวนหน่วย มีราคาเกิน 5,000 บาท/หน่วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ข้อสังเกต พร้อมนี้ได้แนบความหมายของคำว่า วัสดุและครุภัณฑ์มาประกอบการพิจารณาข้อสังเกตด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย