โปรแกรมสำหรับการออกแบบและทดสอบรูปแบบการแผ่คลื่น

และวิเคราะห์ผลการรวมกันของคลื่นวิทยุ

YAGI ANTENNAS DESIGN AND RADIATION PATTERN TESTING SOFTWARE

นายกฤษณ์ โกยวัฒน์
นายวิทวัส ขลวัน

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2559

CONTRIBUTION

โปรแกรมสำหรับการออกแบบสายอากาศชนิดยากิและวัดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่น

YAGI ANTENNAS DESIGN AND RADIATION PATTERN TESTING SOFTWARE

โดย

นายจาตุรนต์	โชคสวัสดิ์	B3601655
นายชัยรัตน์	ทองจับ	B3603321

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2539

ศูนย์บรรณสารและสื่อการเรียน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ใบรับรองโครงการทางวิศวกรรม

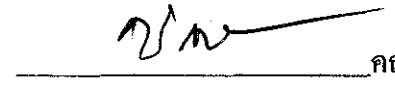
สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เรื่อง โปรแกรมสำหรับการออกแบบสายอากาศชนิดยากิและวัดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่น

โดย นายจาตุรนต์ โชคสวัสดิ์ นายชัยรัตน์ ทองจับ

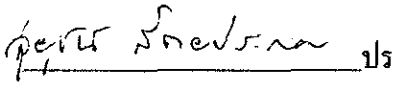
ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม



คณบดี

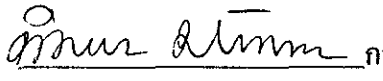
วันที่ เดือน พ.ศ.2540

คณะกรรมการสอบ



ประธานกรรมการ

(ผศ. สุยุชน์ สัตยประกอบ)



กรรมการ

(อ. พิชโยทัย มหัทธนาภิวัฒน์)

กรรมการ

(อ. มานพ รุจิภากร)

กรรมการ

(อ. รังสรรค์ วงศ์สรรค์)

หัวข้อโครงงาน	โปรแกรมสำหรับออกแบบสายอากาศชนิดยากิและวัดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ
โดย	นายจาตุรนต์ โชคสวัสดิ์
	นายชัยรัตน์ ทองจับ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รังสรรค์ วงศ์สรรค์
	อาจารย์พิชโยทัย มหัทธนาภิวัฒน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2 / 2539

.....

บทคัดย่อ

โปรแกรมนี้จะให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบสายอากาศแบบยากิ และวิธีการแมทช์กันระหว่างสายอากาศ สายนำสัญญาณและเครื่องส่ง เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียกำลังในการส่งหรือรับสัญญาณ ซึ่งจะมีหลายวิธีในการเลือกใช้ตามความสะดวกและเหมาะสม และได้นำเอาวิธีการออกแบบสายอากาศแบบยากิ จากข้อมูลตามผลการทดลองของ NBS หรือสำนักงานมาตรฐานแห่งชาติอเมริกา (National Bureau of Standards) และความผิดพลาดในการทดลองของ NBS สรุปไว้ด้วย โดยอาศัยการพิสูจน์ทางทฤษฎีและข้อมูลที่มาจากการใช้โปรแกรมมินิเนค (MININEC) ที่ให้ข้อมูลที่แม่นยำและน่าเชื่อถือได้ รวมทั้งได้นำเอาทฤษฎีการย่อส่วนมาประยุกต์ในการออกแบบสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง โดยที่คุณสมบัติที่ต้องการจะไม่เปลี่ยนมากนัก ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตสายอากาศต้นแบบ และเป็นการสะดวกที่จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยจะมีการนำเสนอโปรแกรมที่จะให้ความสะดวกในการออกแบบและการสร้างสายอากาศยากิ ซึ่งจะให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในการออกแบบทั้งแบบทั่วไปและแบบวิธีย่อส่วนและยังได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ เพื่อนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติการแผ่กระจายคลื่นในรูปของกระสวนการแผ่คลื่นได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์รังสรรค์ วงศ์สรรค์ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะในด้านต่าง ๆ และอาจารย์อรชุน ไชยเสนะ สำหรับคำแนะนำในการหาสมการจากเส้นกราฟ ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจ รวมทั้งพี่บุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมวัสดุและคำแนะนำ ทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่คอยให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของงาน	1
1.4 วิธีดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 สายอากาศ สายนำสัญญาณและการแมทช์	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ชนิดของสายอากาศ	3
2.3 สายอากาศยากิ	7
2.4 สายนำสัญญาณ	12
2.5 การแมทช์	13
2.6 สรุป	20
บทที่ 3 การออกแบบสายอากาศตามมาตรฐาน NBS และวิธีการย่อส่วน	21
3.1 กล่าวนำ	21
3.2 องค์ประกอบที่สำคัญตามผลการทดลองของ NBS	21
3.3 ขั้นตอนการออกแบบสายอากาศตามวิธีของ NBS	25
3.4 ความผิดพลาดจากผลการทดลองของ NBS	26
3.5 วิธีการย่อส่วน	27
3.6 สรุป	28

	หน้า
บทที่ 4 การออกแบบการเขียนโปรแกรมและเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่น	29
4.1 กล่าวนำ	29
4.2 การออกแบบการเขียนโปรแกรม	29
4.3 ชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz	30
4.4 ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่าง ๆ	31
4.5 ชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	32
4.6 สรุป	42
บทที่ 5 วิธีการใช้งานและผลการทดลอง	43
5.1 กล่าวนำ	43
5.2 วิธีการใช้งานโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและการทำแมทช์ชิ่ง	44
5.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ	51
5.4 การทดลองวัดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่น	73
5.5 การติดตั้งและการปรับแต่งอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบ	74
5.6 วิธีใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	75
5.7 ผลการทดลองการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ	78
5.8 สรุป	82
บทที่ 6 สรุปผลโครงงาน	83
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก ก. รหัสของโปรแกรม	85
ภาคผนวก ข. การหาสมการโดยใช้โปรแกรมแมทแล็ป	165
ประวัติผู้จัดทำ	174

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดตัวนำ 3

รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศแบบช่อง 4

รูปที่ 2.3 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศอาร์เรย์ 5

รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดสะท้อนคลื่น 6

รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่างสายอากาศแบบเลนส์ 7

รูปที่ 2.6 แสดงสายอากาศไดโพลแบบ $\lambda/2$ 8

รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และตัวสะท้อนคลื่น 8

รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และตัวสะท้อนคลื่น และตัวชี้นำคลื่นในระนาบแนวนอน 9

รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนตัวชี้นำคลื่นกับอัตราขยายของสายอากาศยากิ 10

รูปที่ 2.10 แสดงไดโพลแบบห่วงขนาดความยาว $\lambda/2$ 11

รูปที่ 2.11 แสดงสายอากาศแบบยากิที่ใช้งานจริง 11

รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของสายนำสัญญาณ 12

รูปที่ 2.13 แสดงวงจรสมมูลตลอดทั้งสายนำสัญญาณ 13

รูปที่ 2.14 แสดงการต่อไดโพลแบบ $\lambda/2$ กับสายทวินลีด 75 โอห์ม 14

รูปที่ 2.15 แสดงการต่อสายอากาศแบบ $\lambda/2$ กับสายโคแอกเชียลขนาด 75 โอห์ม 14

รูปที่ 2.16 แสดงบาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 1:1 15

รูปที่ 2.17 แสดงบาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 4:1 15

รูปที่ 2.18 แสดงวิธีสตับบนสายยาว $\lambda/4$ 16

รูปที่ 2.19 แสดงการแมทช์โดยวิธีสตับ 17

รูปที่ 2.20 แสดงการแมทช์โดยวิธีรูปตัวที 18

รูปที่ 2.21 แสดงการต่อตัวเก็บประจุอนุกรมเพื่อปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ 18

รูปที่ 2.22 แสดงวิธีแมทช์แบบแกมม่าโดยใช้สายโคแอกเชียลขนาด 52 โอห์มหรือ 75 โอห์ม 19

รูปที่ 2.23 แสดงวิธีแมทช์แบบโอเมก้า 19

รูปที่ 3.1 แสดงการจัดตัวสะท้อนคลื่น 3 อันเป็นรูปสายเหลี่ยม 21

หน้า

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราขยายของสายอากาศยากิ 23
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความยาวของอีลีเมนต์ที่ต้องบวกเข้าไปอีก เมื่อยึดอีลีเมนต์ทะลุผ่านบูม 23
รูปที่ 3.4 แสดงกราฟช่วยในการออกแบบสายอากาศยากิ 24
รูปที่ 3.5 กราฟ แสดงอัตราขยายของสายอากาศยากิ 2E ที่ระยะห่างระหว่างอีลีเมนต์ต่าง ๆ 27
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบ 29
รูปที่ 4.2 วงจรวัดระดับความเข้มของสัญญาณ 31
รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 33
รูปที่ 4.4 รูปแบบของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส 34
รูปที่ 4.5 แสดงอุปกรณ์ DTE 35
รูปที่ 4.6 การรับส่งข้อมูลด้วยอุปกรณ์ DTE และ DCE 35
รูปที่ 4.7 การเชื่อมต่อข้อมูลด้วยอุปกรณ์ DTE และ DCE 36
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุม 37
รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างของมาตรฐานของสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อ 37
รูปที่ 4.10 แสดงวงจรชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 39
รูปที่ 4.11 วงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐานของ RS-232 เป็นระดับ TTL 40
รูปที่ 4.12 แสดงระดับสัญญาณตามเวลาที่ขาต่างๆ ของไอซี 41
รูปที่ 5.1 จอภาพแสดงทางเลือกการเข้าสู่โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิและวิธีการแมทช์ชิ่งกับโปรแกรมติดต่ออุปกรณ์ภายนอก 43
รูปที่ 5.2 จอภาพแสดงทางเลือกการใช้โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและโปรแกรมแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง 44
รูปที่ 5.3 จอภาพแสดงจำนวนอีลีเมนต์ของสายอากาศยากิที่ต้องการในโปรแกรมคำนวณของสายอากาศยากิ 44
รูปที่ 5.4 จอภาพแสดงการระบุความถี่ที่ต้องการใช้งาน 45
รูปที่ 5.5 จอภาพแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องระบุ 45
รูปที่ 5.6 จอภาพแสดงขนาดสายอากาศยากิพร้อมทั้งสรุปข้อมูลทั้งหมด 46
รูปที่ 5.7 จอภาพแสดงความถี่ที่ต้องกำหนดในการทำการย่อส่วน 46
รูปที่ 5.8 จอภาพแสดงขนาดสายอากาศยากิที่ทำการย่อส่วนพร้อมทั้งสรุปข้อมูลทั้งหมด 47

หน้า

รูปที่ 5.9 จอภาพแสดงชนิดของตัวไดโพลที่ทำการแมทช์ชิ่ง 47
รูปที่ 5.10 จอภาพแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่งทั้ง 3 แบบ 48
รูปที่ 5.11 จอภาพแสดงการทำการแมทช์แบบทีแมทช์ 48
รูปที่ 5.12 จอภาพแสดงการทำแมทช์ชิ่งแบบแกมม่าแมทช์ 49
รูปที่ 5.13 จอภาพแสดงการแมทช์แบบแฮร์พินแมทช์ 50
รูปที่ 5.14 จอภาพแสดงการแมทช์แบบบาลันเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ 4 เท่า 50
รูปที่ 5.15 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 3 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz 51
รูปที่ 5.16 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz 52
รูปที่ 5.17 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz 52
รูปที่ 5.18 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz 53
รูปที่ 5.19 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz 53
รูปที่ 5.20 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz 54
รูปที่ 5.21 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz 54
รูปที่ 5.22 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz 55
รูปที่ 5.23 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz 55
รูปที่ 5.24 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz 56
รูปที่ 5.25 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz 56

หน้า

รูปที่ 5.26 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz 57
รูปที่ 5.27 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz 57
รูปที่ 5.28 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz 58
รูปที่ 5.29 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz 58
รูปที่ 5.30 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz 59
รูปที่ 5.31 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz 59
รูปที่ 5.32 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz 60
รูปที่ 5.33 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนทำการทดสอบ 74
รูปที่ 5.34 จอภาพแสดงการใส่ชื่อผู้ทำทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นและชนิดสายอากาศ 75
รูปที่ 5.35 จอภาพแสดงรูปแบบโปรแกรมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น 76
รูปที่ 5.36 จอภาพแสดงตัวอย่างที่ได้เมื่อกดปุ่มแรก (Test) 76
รูปที่ 5.37 จอภาพแสดงตารางของกำลังงานที่สายอากาศรับได้ในแต่ละสเต็ป 77
รูปที่ 5.38 จอภาพแสดงการบันทึกข้อมูลรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นเป็นแฟ้มข้อมูล 77
รูปที่ 5.39 จอภาพแสดงการเปิดข้อมูลจากแฟ้มบันทึกข้อมูล 78
รูปที่ 5.40 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศสองอีลีเมนต์ โดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ 79
รูปที่ 5.41 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลแบบห่วง โดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ 79
รูปที่ 5.42 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิด หนึ่งความยาวคลื่นโดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ 80

หน้า

รูปที่ 5.43 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศสองอีลีเมนต์ จากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการ 81

รูปที่ 5.44 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลแบบห่วง จากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการ 81

รูปที่ 5.45 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอาก่าศไดโพลชนิด หนึ่งความยาวคลื่นจากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการ 82

รูปที่ ก.1 แสดงจอภาพ FormMain 85

รูปที่ ก.2 แสดงจอภาพ FormName 85

รูปที่ ก.3 แสดงจอภาพ FormCom 86

รูปที่ ก.4 แสดงจอภาพ FormSdata 96

รูปที่ ก.5 แสดงจอภาพ FormOpen 97

รูปที่ ก.6 แสดงจอภาพ FormPower 101

รูปที่ ก.7 แสดงจอภาพ FormCal 102

รูปที่ ก.8 แสดงจอภาพ FormNBS 102

รูปที่ ก.9 แสดงจอภาพ FormInfre 103

รูปที่ ก.10 แสดงจอภาพ FormInput 106

รูปที่ ก.11 แสดงจอภาพ FormDim 126

รูปที่ ก.12 แสดงจอภาพ FormScale 136

รูปที่ ก.13 แสดงจอภาพ FormSdim 138

รูปที่ ก.14 แสดงจอภาพ FormMatching 148

รูปที่ ก.15 แสดงจอภาพ FormStraight 149

รูปที่ ก.16 แสดงจอภาพ FormStepup 150

รูปที่ ก.17 แสดงจอภาพ FormT 153

รูปที่ ก.18 แสดงจอภาพ FormGamma 155

รูปที่ ก.19 แสดงจอภาพ FormHairpin 159

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงความยาวที่เหมาะสมของแต่ละอีลีเมนต์ 22

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 3 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 60

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 61

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 61

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 62

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 62

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 63

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 63

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 64

ตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 64

ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 65

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 66

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 67

ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL 68

หน้า

ตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz 69
โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL
ตารางที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz 70
โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL
ตารางที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz 71
โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL
ตารางที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz 72
โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL
ตารางที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบขนาดสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz 73
โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมกับผลจากหนังสือ ARRL

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในการที่จะสร้างสายอากาศสายอากาศยากิหรือชื่อเต็มว่าสายอากาศยากิยูดะ (Yagi-Uda) นั้นต้องมีการคำนวนขนาดของแต่ละอีลีเมนต์ซึ่งมีความยุ่งยากและเสียเวลา รวมทั้งการที่จะสร้างสายอากาศต้นแบบที่ใช้ทดสอบในห้องทดลองนั้นถ้ามีขนาดใหญ่จะไม่สะดวกในการทดสอบ จากปัญหาเหล่านี้ ถ้ามีโปรแกรมที่ช่วยในการให้ข้อมูลขนาดของสายอากาศยากิ รวมทั้งข้อมูลที่จะช่วยในการทำการย่อส่วนของสายอากาศให้มีขนาดเล็กลงโดยที่ไม่ทำให้คุณสมบัติลดลง และได้ทำการจัดทดสอบเพื่อหากระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งทำให้สามารถทำการทดสอบได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อให้รู้ถึงวิธีการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวนขนาดของสายอากาศยากิและวิธีการทำแมทช์ชิ่ง รวมทั้งการเขียนโปรแกรมการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232

1.2.2 เพื่อให้รู้ถึงวิธีการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระสวนการแผ่คลื่น

1.2.3 เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม สร้างสายอากาศยากิและสายอากาศที่จะทำการย่อส่วน

1.2.4 เพื่อทำการทดสอบหากระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ

1.3 ขอบเขตของงาน

1.3.1 โปรแกรมที่ได้สามารถให้ข้อมูลของสายอากาศยากิตามความถี่ที่ต้องการใช้งาน และให้ข้อมูลของสายอากาศยากิ ณ ความถี่ที่ต้องการย่อส่วนขนาดของสายอากาศยากิได้

1.3.2 โปรแกรมที่ได้สามารถให้ข้อมูลของวิธีการทำแมทช์ชิ่งได้

1.3.3 โปรแกรมที่ได้สามารถควบคุมการหมุนของสายอากาศ และทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศที่ทำการสร้างต้นแบบไว้ทำการทดสอบได้

1.4 วิธีดำเนินการ

1.4.1 รวบรวมข้อมูลทางทฤษฎีที่เกี่ยวกับเรื่องสายอากาศ สายนำสัญญาณ และวิธีการย่อส่วน

1.4.2 ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมในการคำนวน การเขียนวาดรูปและการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

1.4.3 ทำการเขียนโปรแกรมในส่วนการคำนวนขนาดสายอากาศยากิ การทำแมทช์ชิ่ง

1.4.4 สร้างต้นแบบเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น

1.4.5 เขียนโปรแกรมติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รู้ถึงวิธีการเขียนโปรแกรมการคำนวนขนาดสายอากาศยากิ การทำแมทช์ชิ่งและการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

1.5.2 ได้รู้ถึงวิธีการสร้างเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่น

1.5.3 โปรแกรมที่ได้ทำให้สะดวกในการสร้างสายอากาศยากิและวิธีย่อส่วนสายอากาศ

1.5.4 โปรแกรมที่ได้ทำให้สะดวกในการเลือกวิธีการแมทช์ให้เหมาะสมกับระบบ

1.5.5 โปรแกรมและต้นแบบเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศที่ได้ ทำให้สะดวกต่อการทดสอบวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศชนิดต่าง ๆ

บทที่ 2
สายอากาศ สายนำสัญญาณและการแมทช์

2.1 กล่าวนำ

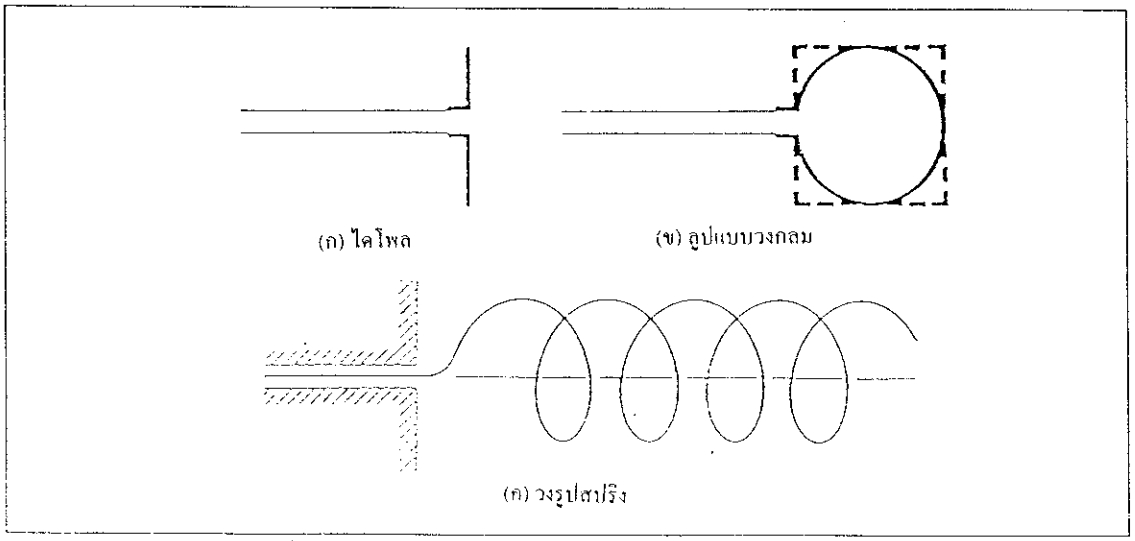
ปัจจุบันการสื่อสารระบบคลื่นวิทยุสามารถทำได้โดยการใช้สายอากาศเป็นตัวกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปสู่สายอากาศรับ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านสายนำสัญญาณระหว่างคู่สถานี นั่นคือกล่าวได้ว่าสายอากาศคือ ตัวเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องส่งให้เป็นคลื่นวิทยุ (สายอากาศส่ง) หรือคือตัวเปลี่ยนคลื่นวิทยุให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าเครื่องรับ อีกทั้งสายอากาศบางชนิดยังสามารถที่จะลดภาระของทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับ ด้วยอัตราขยาย (Gain) ของตัวสายอากาศเอง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.2 ชนิดของสายอากาศ

2.2.1 สายอากาศแบบลวดตัวนำ (Wire Antenna)

เป็นสายอากาศที่พบเห็นได้ทั่วไป มีใช้ในงานหลายรูปแบบ เช่น ติดตั้งกับรถยนต์ ตามอาคาร เรือ เครื่องบิน ยานอากาศ เป็นต้น รูปร่างของสายอากาศแบบลวดตัวนำสามารถแยกได้อีก เช่น แบบเส้นตรง (Dipole) แบบลูป (Loop) และแบบวงก้นหอย

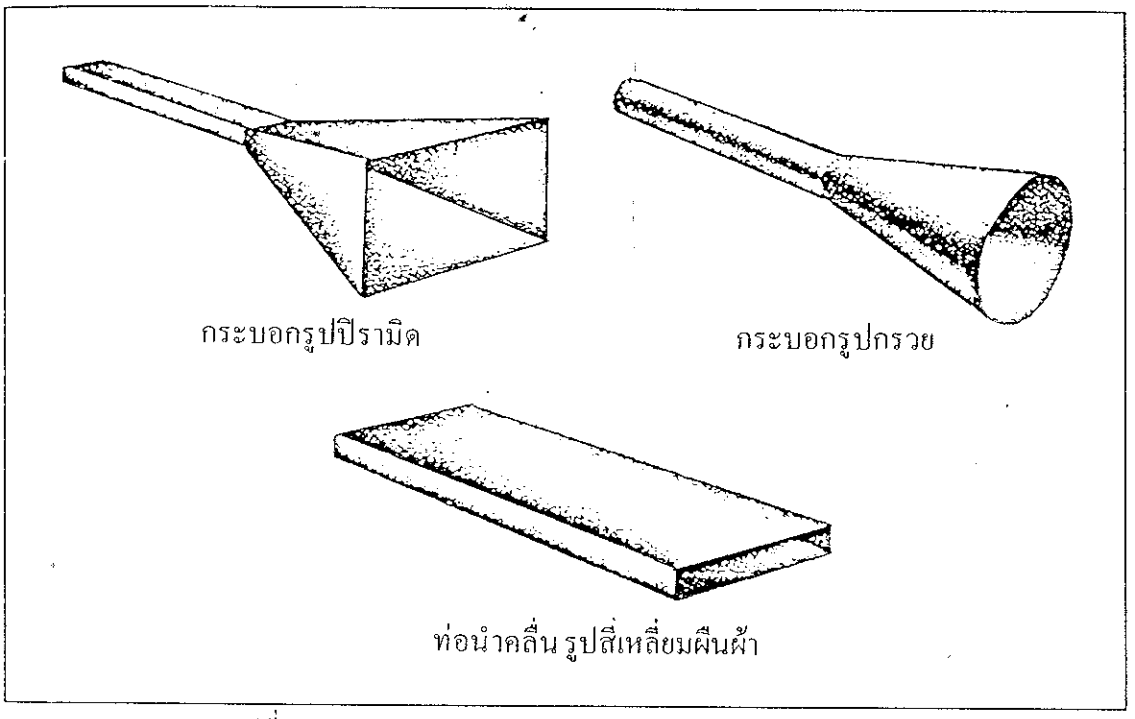
สายอากาศแบบลูป (Loop) ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นวงกลม อาจมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม วงรี หรือลักษณะแบบอื่น แต่ที่นิยมใช้งานมากคือสายอากาศแบบลูปชนิดวงกลม เพราะในการสร้างสามารถทำได้ง่าย



รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดตัวนำ

2.2.2 สายอากาศแบบช่องเปิด (Aperture Antenna)

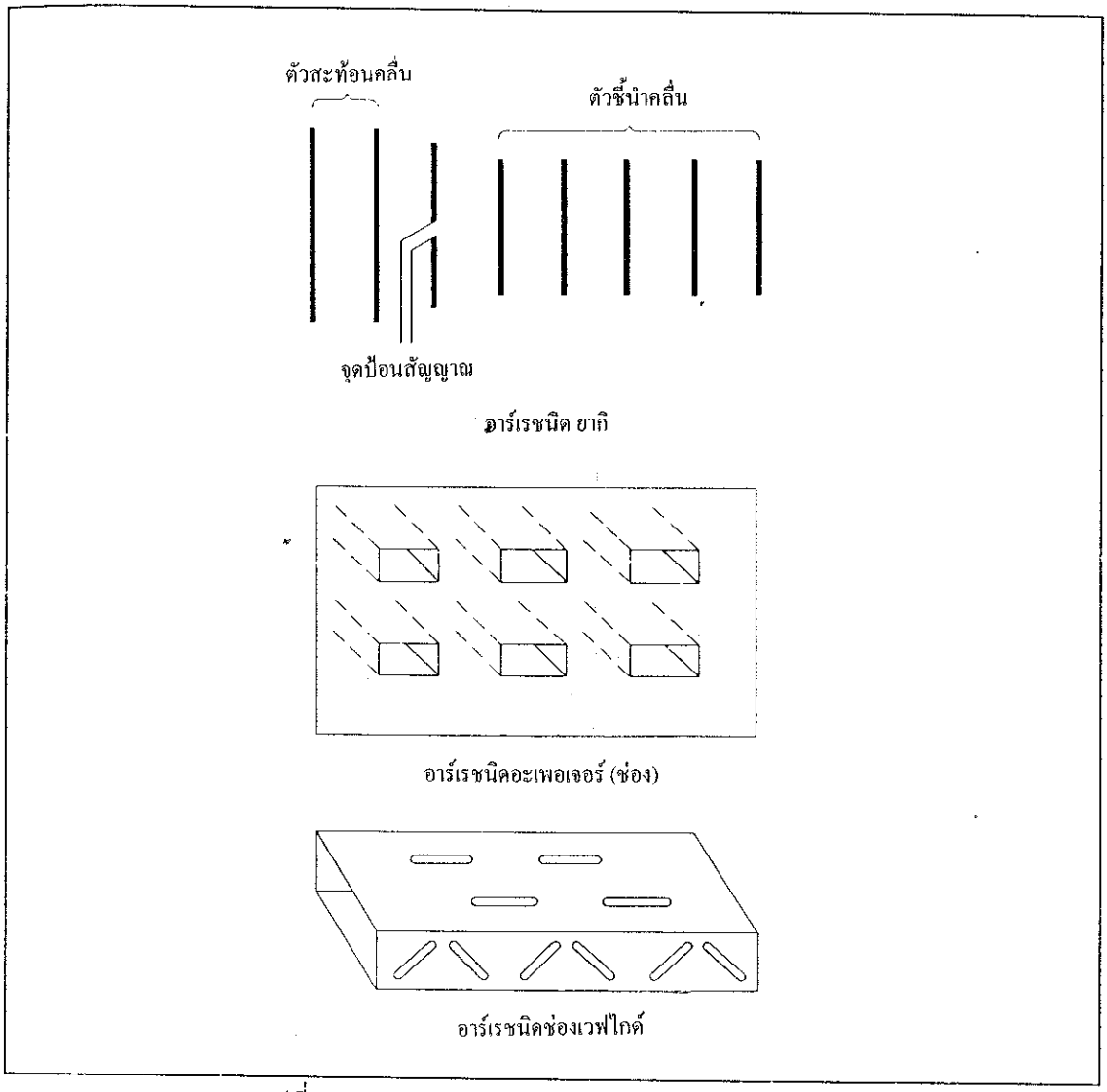
ปัจจุบันมีการใช้สายอากาศชนิดนี้มากขึ้น ซึ่งเป็นสายอากาศที่เหมาะจะใช้งานในย่านความถี่สูง โดยเฉพาะใช้ทางด้านเครื่องบินหรือยานอวกาศ เพราะสะดวกในการติดตั้งและสามารถหุ้มด้วยฉนวนหรือวัสดุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า เพื่อป้องกันระบบสื่อสารไม่ให้มีความเสียหาย ตัวอย่างลักษณะของสายอากาศแบบช่องเปิด ได้แก่ สายอากาศกระบอกรูปปิรามิด กระบอกรูปกรวย และท่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศแบบช่องเปิด

2.2.3 สายอากาศแบบอาร์เรย์ (Array Antenna)

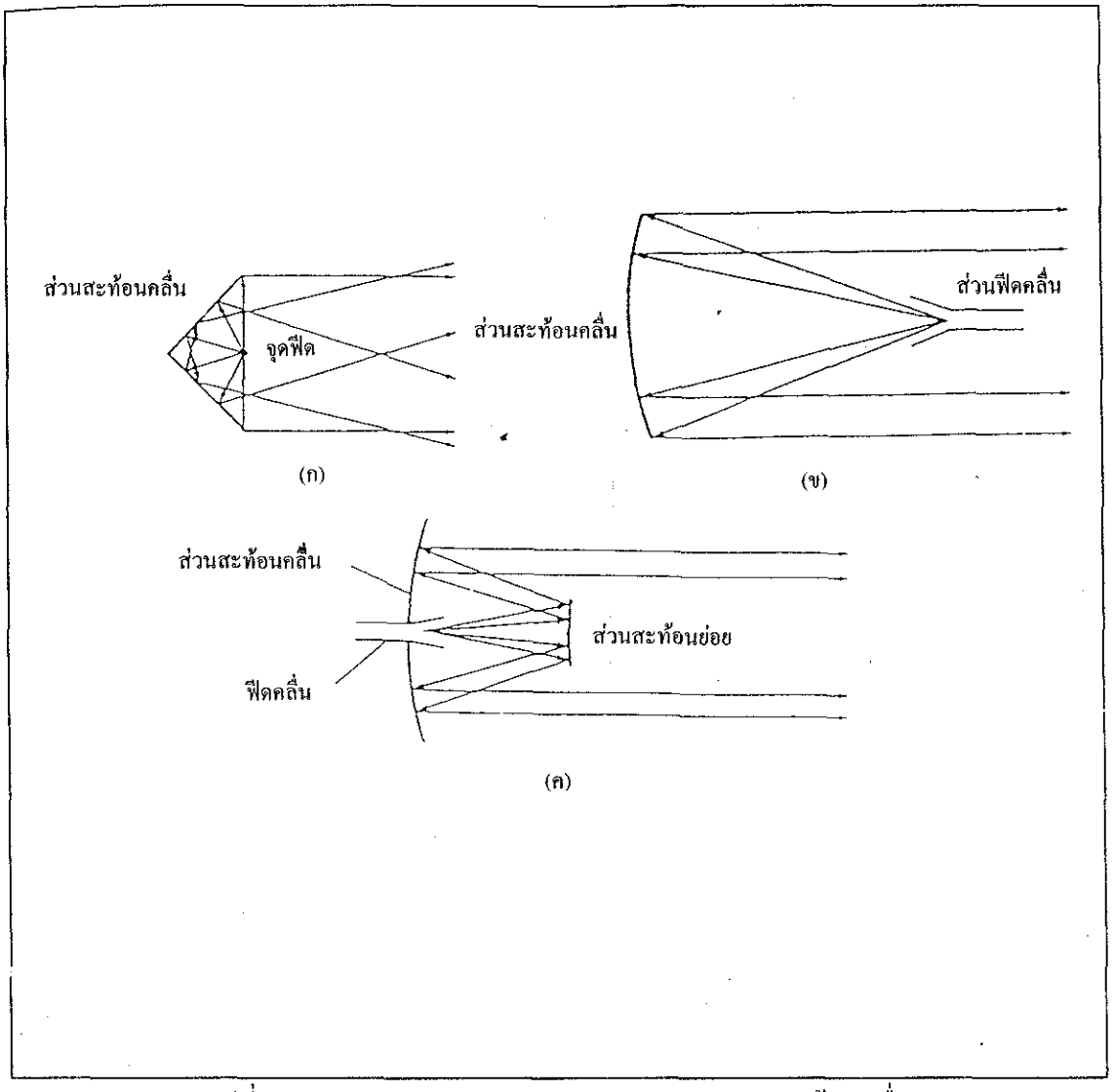
สายอากาศโดยส่วนมากแล้วจะมีคุณสมบัติของการแผ่กระจายคลื่นไม่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดวิธีการนำอีลีเมนต์มาใช้งานร่วมกัน เพื่อเป็นการสนองกับความต้องการในการใช้งานต่าง ๆ ซึ่งสามารถกำหนดให้ทิศทางหลักในการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศอยู่ในทิศทางตามที่ต้องการได้ เช่น สายอากาศแบบยากิ ที่มีลักษณะการนำสายอากาศขนาดต่างๆ กันมาเรียงประกอบกันจนได้สายอากาศที่มีทิศทางและค่าทวีกำลังที่ดีขึ้น ซึ่งลักษณะของสายอากาศที่นำมาอาร์เรย์กันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศอาร์เรย์

2.2.4 สายอากาศแบบสะท้อนคลื่น (Reflector Antenna)

เมื่อการสำรวจอวกาศมีการพัฒนามากขึ้น วิชาสายอากาศจึงเกิดการพัฒนาตามไปด้วย ทั้งนี้เพราะต้องนำสายอากาศมาใช้งานสื่อสารระยะไกล จึงเกิดการพัฒนาสายอากาศเพื่อให้สามารถส่งและรับคลื่นที่ระยะทางไกล ๆ ได้ โดยที่สายอากาศชนิดนี้เมื่อมีขนาดที่ใหญ่มากจะส่งผลให้มีอัตราขยายมาก และยังส่งผลต่อความสามารถในการส่งหรือรับคลื่นในระยะทางไกล ๆ สายอากาศชนิดนี้ที่นิยมนำมาใช้งานคือ สายอากาศแบบตัวสะท้อนพาราโบลิก (Parabolic Reflector Antenna) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก) และ 2.4 (ข) ส่วนในรูปที่ 2.4 (ค) แสดงส่วนสะท้อนคลื่นชนิดมุม



รูปที่ 2.4 แสดงรูปร่างหลายแบบของสายอากาศชนิดสะท้อนคลื่น

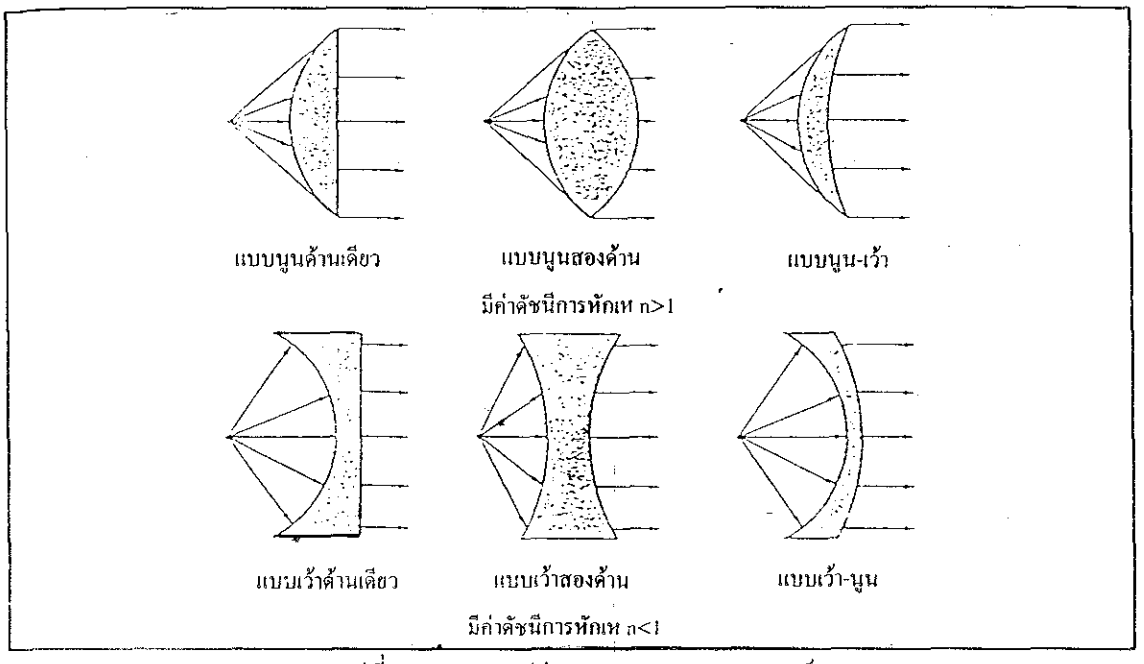
(ก) ส่วนสะท้อนคลื่นแบบพาราโบลิกพร้อมส่วนฟีดด้านหน้า

(ข) ส่วนสะท้อนคลื่นแบบพาราโบลิกที่มีช่องฟีดในตัว

(ค) ส่วนสะท้อนคลื่นชนิดมุม

2.2.5 สายอากาศแบบเลนส์ (Lens Antenna)

โดยอาศัยหลักการของเลนส์สามารถนำมาใช้ในการสร้างสายอากาศชนิดนี้ โดยเลือกวัสดุที่จะใช้ทำเลนส์ซึ่งสามารถรวมคลื่นที่แผ่ออกให้ส่งไปยังทิศทางที่ต้องการได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้งานเป็นลักษณะเดียวกับสายอากาศแบบสะท้อนคลื่นพาราโบลิก โดยเฉพาะที่ความถี่สูงมาก ๆ เช่นแบบนูนด้านเดียว แบบนูนสองด้าน แบบนูนและเว้า แบบเว้าด้านเดียว แบบเว้าสองด้าน และแบบเว้าและนูน ดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่างสายอากาศแบบเลนส์

โดยสรุปในทางทฤษฎี สายอากาศสามารถนำพลังงานทั้งหมดที่มาจากเครื่องส่งออกไปในอากาศได้โดยไม่มีการสูญเสีย แต่ในทางปฏิบัติสายอากาศที่มีคุณภาพขนาดนั้นยังไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องเลือกชนิดของสายอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงานเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง

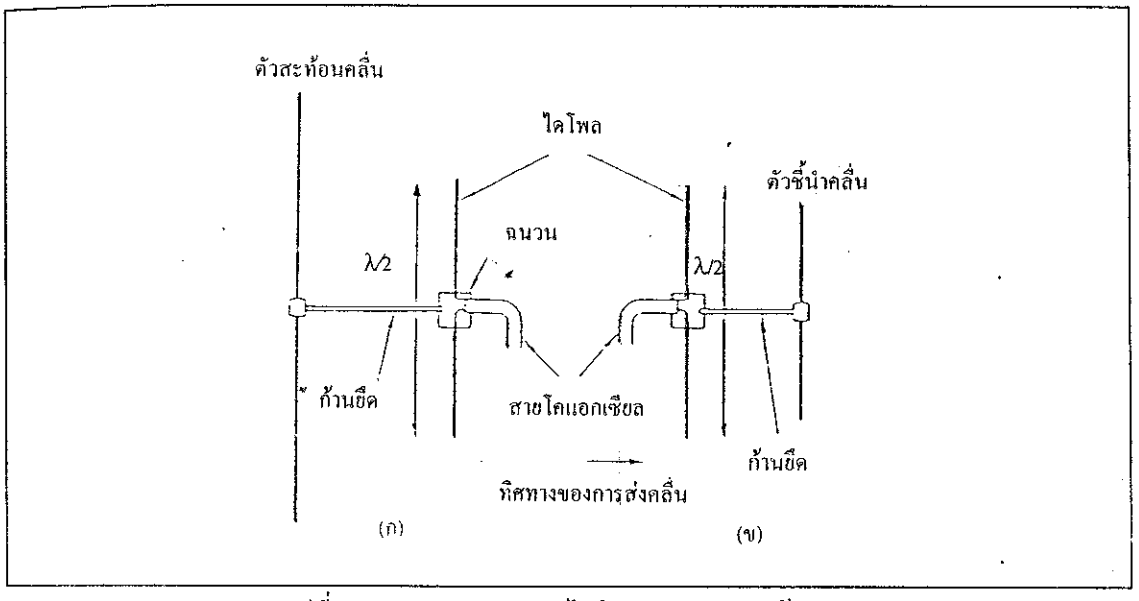
2.3 สายอากาศยากิ (Yagi-Uda Antenna)

สายอากาศยากิเป็นสายอากาศชนิดหนึ่งของสายอากาศแบบอาร์เรย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ไดโพล (Dipole) หรือที่เรียกว่าตัวขับคลื่น (Driven) และพาราซิติกอีลีเมนต์ (Parasitic Element) สามารถเรียกได้ว่าสายอากาศยากิเป็นสายอากาศแบบพาราซิติกอาร์เรย์ (Parasitic Array Antenna)

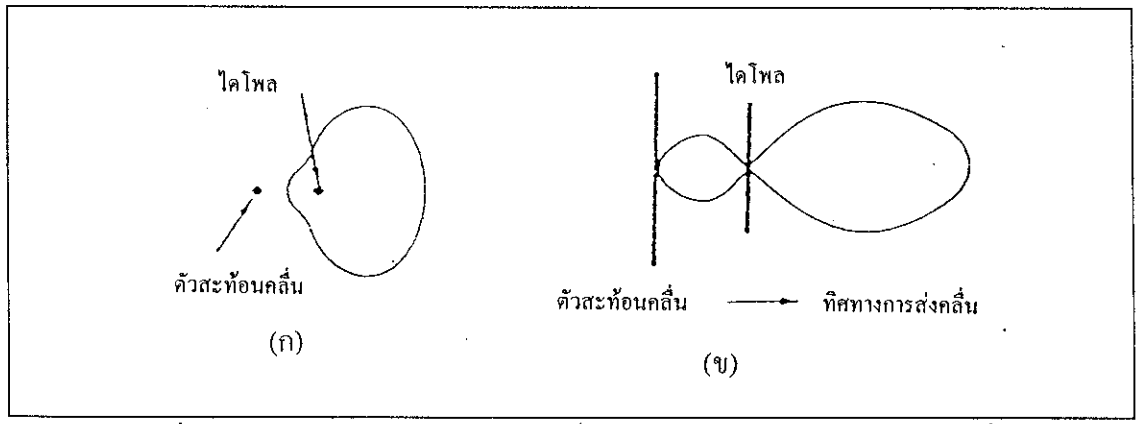
พาราซิติกอีลีเมนต์ หมายถึง ส่วนของสายอากาศที่ไม่ได้ต่อโดยตรงกับสายนำสัญญาณจากเครื่องรับหรือเครื่องส่ง แต่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสหรือแรงดันบนตัวเองได้ และสายอากาศที่นำมาใช้งานร่วมกับตัวพาราซิติกเรียกว่า พาราซิติกอาร์เรย์

การเพิ่มพลังงานในทิศนำคลื่น (Directivity) สามารถทำได้โดยการใช้ไดโพลแบบ $\lambda/2$ ร่วมกับพาราซิติกอีลีเมนต์ที่เรียกว่า ตัวสะท้อนคลื่น (Reflector) ซึ่งเป็นตัวนำที่มีขนาดยาวกว่า $\lambda/2$ ประมาณ 5% โดยติดตั้งอีกด้านของสายอากาศในทิศทางตรงข้ามกับทิศที่การแผ่กระจายคลื่นมากที่สุด ซึ่งตัวสะท้อนคลื่นนั้นจะมีผลต่อรูปแบบของการแผ่กระจายคลื่นของไดโพลแบบ $\lambda/2$ เนื่องจากมี

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำจึงส่งผลให้ตัวสะท้อนคลื่นสามารถที่จะแผ่คลื่นเองได้ นั่นคือตัวแปรที่มีผลต่อรูปแบบการแผ่กระจายคลื่น ได้แก่ ความยาวของตัวสะท้อนคลื่นและระยะห่างจากไดโพล



รูปที่ 2.6 แสดงสายอากาศไดโพลแบบ λ/2 พร้อมกับ
(ก) ตัวสะท้อนคลื่น
(ข) ตัวชี้นำคลื่น



รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นของไดโพล λ/2 และตัวสะท้อนคลื่น
(ก) ในแนวราบ
(ข) ในแนวตั้ง

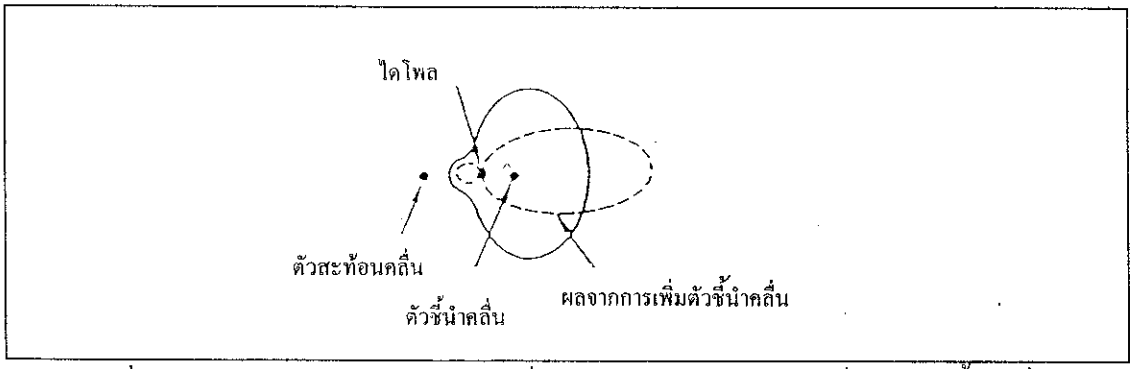
เหตุที่ตัวสะท้อนคลื่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่รีโซแนนซ์ และกระแสไฟฟ้าให้กับไดโพลจะมีการแผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไป

ทุกทิศทางในแนวตั้งฉากกับไดโพล จะมีพลังงานบางส่วนจะเดินทางมาที่ตัวสะท้อนคลื่นและเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งมีเฟสตามหลังแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ป้อนให้ไดโพลอยู่โดยคิดจากระยะห่างของอีลีเมนต์ ตัวอย่างเช่น ถ้าระยะห่างเท่ากับ 0.15λ จะทำให้ค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวตัวสะท้อนคลื่นมีเฟสตามหลังส่วนที่ป้อนให้ไดโพลอยู่ 180° สิ่งนี้จะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าในทำนองเดียวกัน ซึ่งสำหรับตัวสะท้อนคลื่นก็สามารถแผ่กระจายคลื่นได้ในทุกทิศทางที่ตั้งฉากกับตัวเองเช่นกัน

ข้อควรระวัง คือ ในการที่จะกำหนดขนาดความยาวของตัวสะท้อนคลื่น และระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนคลื่นกับไดโพลจะต้องมีขนาดเหมาะสม จึงทำให้พลังงานส่วนที่แผ่กระจายมาจากตัวสะท้อนคลื่นไปเสริมในส่วนของไดโพลในทิศทางที่ต้องการ

การเพิ่มค่าทิศชี้นำคลื่นและอัตราขยายของไดโพล สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของพาราซิติกอีลีเมนต์ลงไป โดยวางในตำแหน่งตรงข้ามกับตัวสะท้อนคลื่นเรียกว่า ตัวชี้นำคลื่น (Director) ซึ่งมีขนาดสั้นกว่า λ/2 ประมาณ 5% ขณะที่ไดโพลแผ่กระจายคลื่นจะมีพลังงานบางส่วนเหนี่ยวนำให้ตัวชี้นำคลื่นสามารถแผ่กระจ เยคลื่นได้เช่นเดียวกับตัวสะท้อนคลื่น

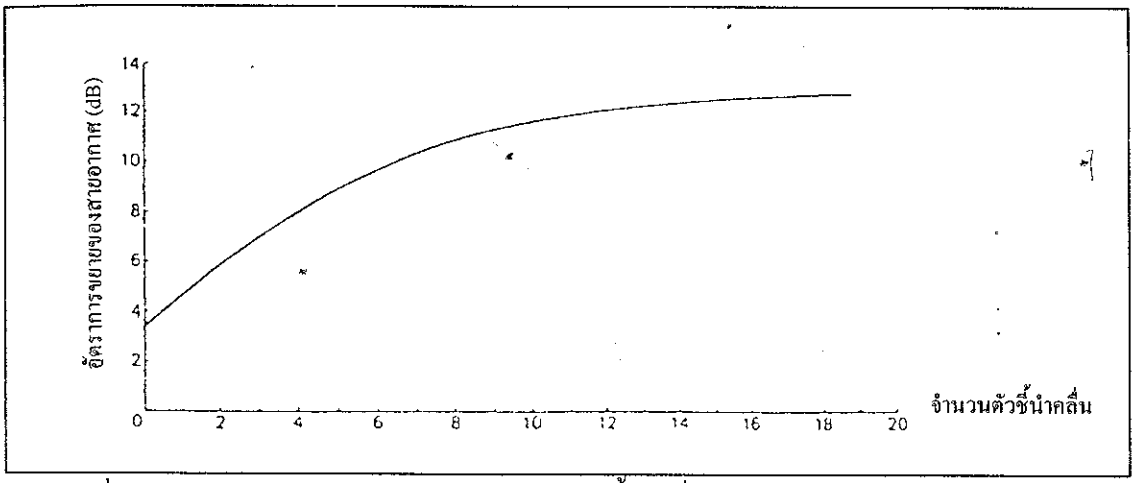
การพิจารณาเลือกความยาวตัวชี้นำคลื่น และระยะห่างระหว่างไดโพลกับตัวชี้นำคลื่นนับว่าสำคัญมาก เพราะถ้าเลือกค่าถูกต้องพลังงานที่แผ่กระจายจากตัวชี้นำคลื่นจะไปเสริมกับส่วนของไดโพล ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าทิศชี้นำคลื่นและอัตราการขยายมากขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นของไดโพล ตัวสะท้อนคลื่นและตัวชี้นำคลื่นในระนาบแนวนอน

การเพิ่มค่าทิศชี้นำคลื่นหรืออัตราขยายของสายอากาศให้มากกว่านี้ ไม่อาจทำได้โดยเพิ่มจำนวนของตัวสะท้อนคลื่นลงไป เพราะว่าสนามแม่เหล็กหลังตัวสะท้อนคลื่นตัวแรกมีค่าอ่อนมากจนไม่สามารถนำมาเหนี่ยวนำได้ แต่การเพิ่มตัวชี้นำคลื่นให้มากจำนวนขึ้นส่งผลให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.9

ในทางปฏิบัติการพิจารณาเลือกค่าระยะห่างระหว่างอีลีเมนต์จำเป็นต้องคำนึงถึง 2 สิ่ง คือ อัตราขยายที่ต้องการของอาร์เรย์ และอัตราส่วนด้านหน้าต่อด้านหลัง (Front to Back Ratio; F/B) ของสายอากาศที่ต้องการ ทั่วไประยะห่างระหว่างตัวสะท้อนคลื่นและไดโพลมีค่าระหว่าง 0.15λ ถึง 0.25λ และระยะห่างระหว่างตัวชี้นำคลื่นและไดโพลมีค่าระหว่าง 0.1λ ถึง 0.15λ



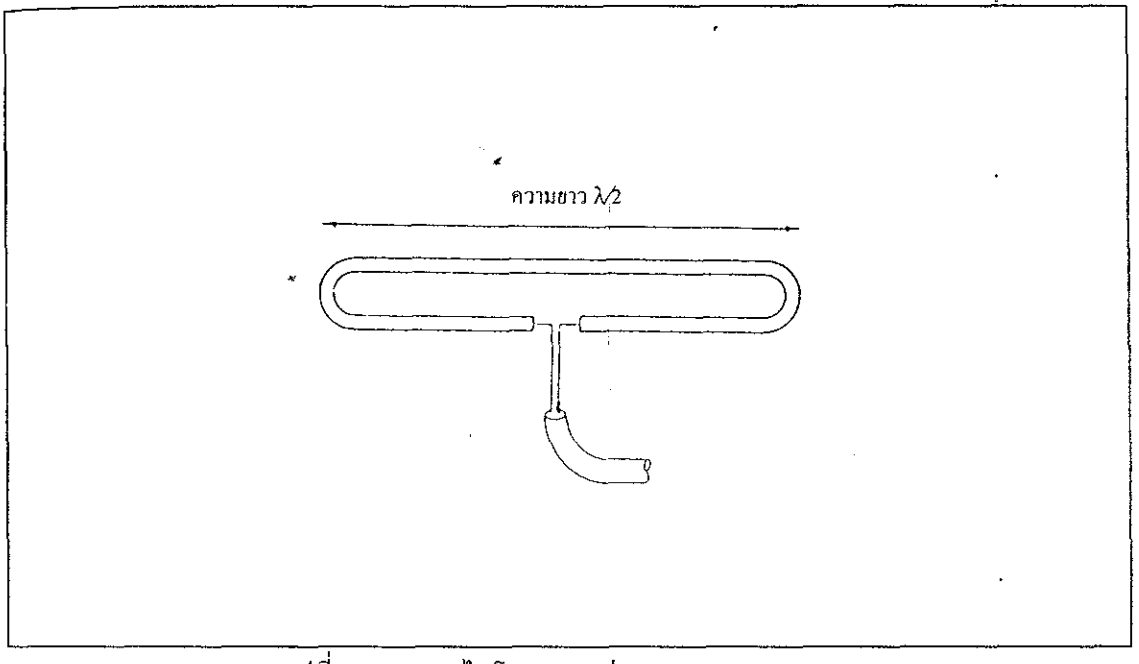
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนตัวชี้นำคลื่นกับอัตราขยายของสายอากาศยากิ

เมื่อพิจารณาค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ (Input Impedance) ของตัวไดโพลแบบ λ/2 ที่ความถี่รีโซแนนซ์มีค่าประมาณ 73 โอห์ม ในขณะที่การเพิ่มจำนวนพาราซิติกอีลีเมนต์จะมีผลในการลดค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ลงอีก เช่น อาจเหลือเพียง 50 โอห์ม ในกรณีที่มีตัวสะท้อนคลื่นและตัวชี้นำคลื่นอย่างละหนึ่งอัน หรือมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์เพียง 20 โอห์ม ถ้ามีตัวชี้นำคลื่นหลายอันแต่สายนำสัญญาณชนิดโคแอกเชียล (Coaxial Cable) ที่ใช้กับสายอากาศอาร์เรย์แบบยากินั้นจะมีค่าอิมพีแดนซ์มาตรฐาน คือ 50 โอห์มหรือ 75 โอห์มเท่านั้น ดังนั้นถ้าสายอากาศที่ออกแบบใช้งานไม่แม่นทช์หรือมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากับสายนำสัญญาณ อาจจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) ขึ้นบนสายนำสัญญาณ ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานของระบบและอาจทำให้เครื่องส่งเสียหายได้

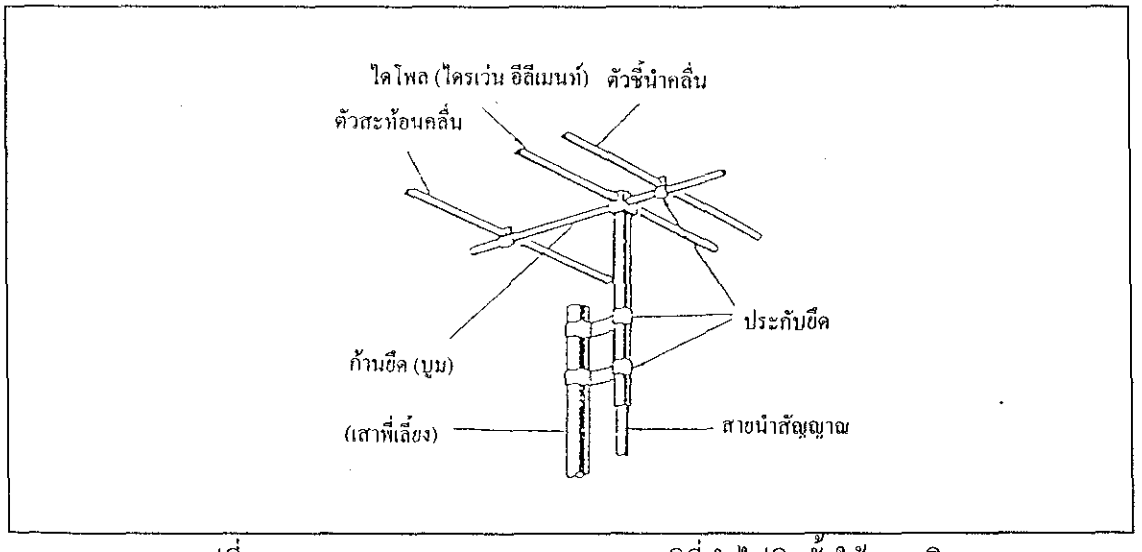
วิธีแก้ปัญหาในการเกิดคลื่นนิ่ง คือ ต้องเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ของไดโพล โดยการใช้ไดโพลแบบห่วง (Folded Dipole) ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 292 โอห์ม เมื่อนำไปใช้งานร่วมกับพาราซิติกอีลีเมนต์ ณ ระยะที่เหมาะสมแล้ว ค่าอิมพีแดนซ์ที่ลดลงมานั้นค่าที่ได้จะยังใกล้เคียงกับค่า 50 โอห์ม หรือ 75 โอห์ม

การทำงานของสายอากาศแบบยากิมีตัวแปร 2 อย่างที่ควรคำนึงถึงอย่างมาก และจะต้องทำการคำนวณอย่างถูกต้องได้แก่ ความยาวของอีลีเมนต์แต่ละอัน และระยะห่างระหว่างอีลีเมนต์ ซึ่งทั้งสองข้อมีหน่วยเป็นความยาวคลื่นของความถี่รีโซแนนซ์ที่ใช้งาน ดังนั้นการใช้งานจึงเหมาะที่จะใช้ใน

ย่านความถี่ VHF และ UHF ส่วนในย่าน HF และ MF นั้นไม่ควรใช้สายอากาศแบบยากิ เพราะขนาดของสายอากาศจะใหญ่มากทำให้สิ้นเปลืองทั้งวัสดุและพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง สายอากาแบบยากิใช้มากในงานรับสัญญาณโทรทัศน์ตามบ้าน หรือใช้ในการรับส่งสัญญาณของระบบวิทยุโทรศัพท์แบบจุดต่อจุดในย่าน VHF และ UHF



รูปที่ 2.10 แสดงไดโพลแบบห่วงขนาดความยาว λ/2

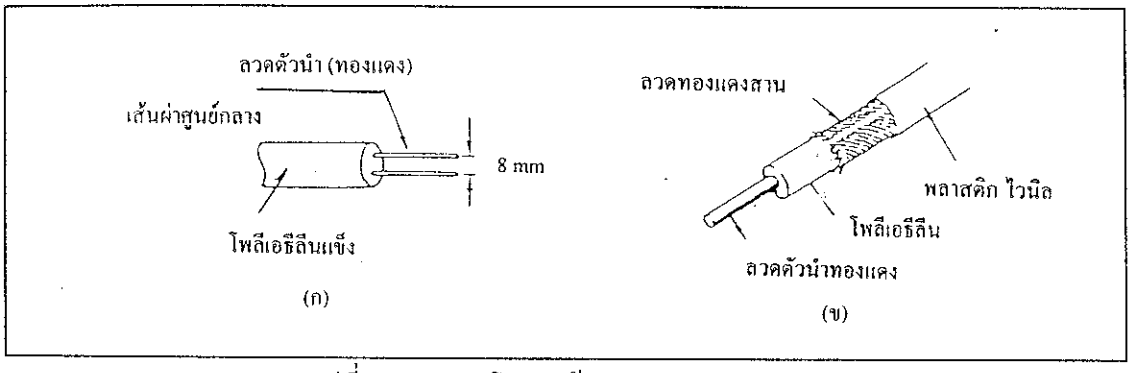


รูปที่ 2.11 แสดงภาพของสายอากาศแบบยากิที่นำไปติดตั้งใช้งานจริง

2.4 สายนำสัญญาณ

ถ้ากล่าวถึงระบบสื่อสารแล้ว จำเป็นต้องกล่าวถึงสายนำสัญญาณ (Transmission Line) เพราะว่าในระบบการสื่อสารที่สมบูรณ์แบบ สายนำสัญญาณจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเชื่อมต่อเพื่อถ่ายเทกำลังงานระหว่างเครื่องรับส่งและสายอากาศ โดยที่สายนำสัญญาณทุกชนิดต้องมีคุณสมบัติประจำตัวอย่างหนึ่งเรียกว่า อิมพีแดนซ์ประจำตัวของสายนำสัญญาณ (Characteristic Impedance)

การใช้สายนำสัญญาณคือ การส่งพลังงานไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดได้ โดยความยาวของสายนำสัญญาณอาจมิได้หลายกิโลเมตรหรืออาจใช้เพียงไม่กี่เมตรแล้วแต่กรณี ซึ่งโครงสร้างของสายนำสัญญาณประกอบด้วยคู่ตัวนำ 2 เส้นที่แยกจากกันโดยมีฉนวนคั่นไว้เช่น อากาศ (ในกรณีที่เป็นชนิดสายเปลือยใช้โพลีเอธีลีนและโฟม) สายนำสัญญาณสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ สายแบบคู่ (Two-Wire) และสายแบบโคแอกเชียล (Coaxial Cable)



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของสายนำสัญญาณ

(ก) แบบเส้นคู่

(ข) แบบโคแอกเชียล

โครงสร้างของตัวนำ เมื่อทำการวิเคราะห์ในทางไฟฟ้า จะพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ 4 ค่าด้วยกัน เรียกค่าทั้ง 4 ค่านี้ว่า สัมประสิทธิ์ขั้นต้น (Primary Coefficient) ดังนี้

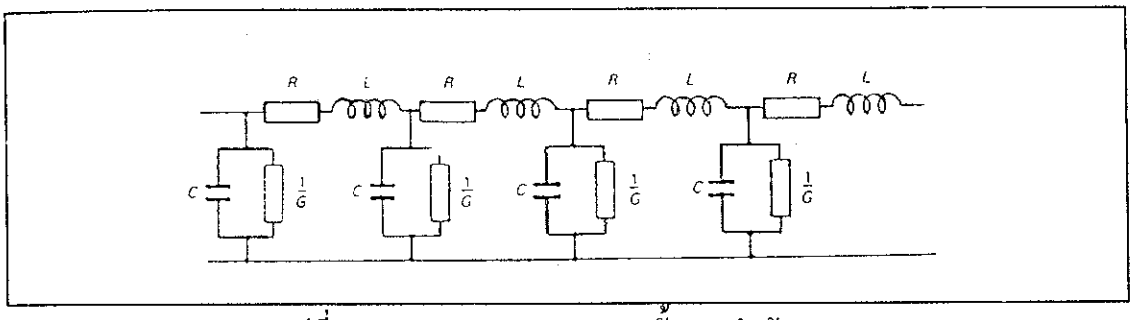
1) รีซิสแตนซ์ หรือความต้านทาน (Resistance) แทนด้วยสัญลักษณ์ R เป็นความต้านทานของตัวนำและมักใช้เป็นค่ารวมของทั้งสองเส้น

2) อินดัคแตนซ์ หรือความเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Inductance) แทนด้วยสัญลักษณ์ L ขึ้นอยู่กับพื้นที่ตัดขวางของตัวนำ

3) คอนดัคแตนซ์ หรือความต้านทานการรั่วไหล (Conductance) แทนด้วยสัญลักษณ์ G เป็นค่าความต้านทานของฉนวน เนื่องจากมีกระแสของส่วนรั่วไหลระหว่างตัวนำสองเส้น

4) คาปาซิแตนซ์ หรือประจุไฟฟ้า (Capacitance) แทนด้วยสัญลักษณ์ C เป็นของทั้งฉนวนและตัวนำ

ค่าทั้ง 4 นี้ มีค่าขึ้นอยู่กับขนาดทางฟิสิกส์ของตัวนำ และชนิดของฉนวนที่ใช้ นอกจากนี้ ค่า R และ G ยังขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของคลื่นที่เดินทางในสาย และถ้าหากนำมาเขียนวงจรสมมูลของสายนำสัญญาณแทนด้วยค่าทางไฟฟ้า แล้วทั้ง 4 ค่าจะมีกระจายตลอดตามสายไป ค่า R และ L ต่ออนุกรมกัน และค่า C และ G ต่อขนานกัน สายนำสัญญาณทั่วไปจะกำหนดค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ส่วนค่าอิมพีแดนซ์ของเครื่องส่งสัญญาณโดยทั่วไปจะกำหนดค่าอิมพีแดนซ์มาเพื่อให้สามารถใช้กับสายสัญญาณในปัจจุบันได้ โดยไม่จำเป็นต้องทำการแมทชิ่ง (Matching)



รูปที่ 2.13แสดงวงจรสมมูลตลอดทั้งสายนำสัญญาณ

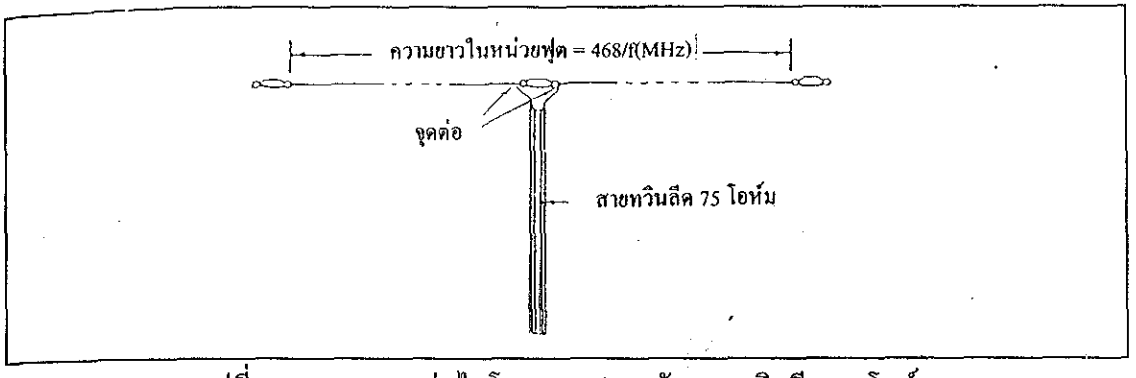
2.5 การแมทช์ (Matching)

การแมทช์ คือ การทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างเครื่องส่ง สายนำสัญญาณ และสายอากาศมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อทำให้ค่า VSWR น้อยที่สุด เพื่อให้การส่งคลื่นเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่มีการสะท้อนกลับของสัญญาณในสาย การแมทช์สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

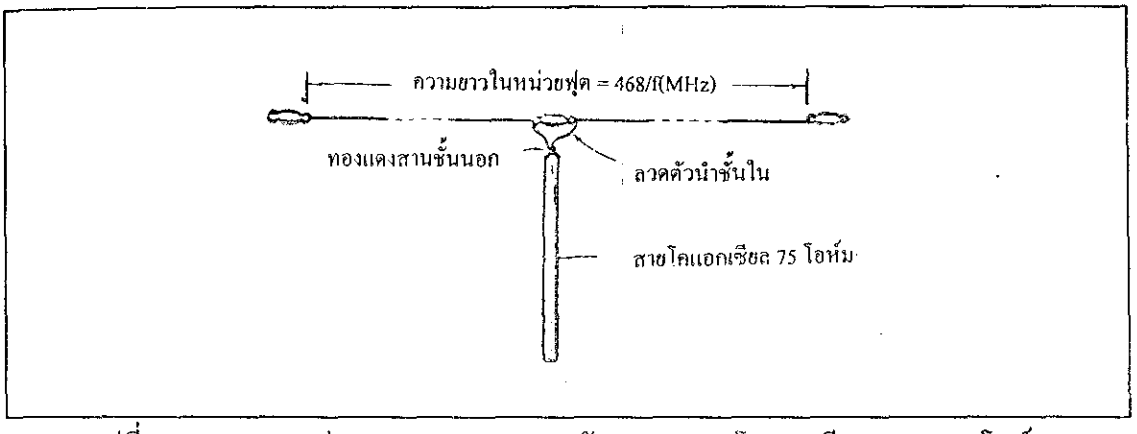
2.5.1 การแมทช์โดยตรง

เนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์ที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศรีโซแนนซ์ขนาด λ/2 ที่ความสูง λ/4 หรือมากกว่านี้ (จำนวนเท่า) มีค่าเป็นความต้านทานอย่างเดียวและมีค่าประมาณ 70 โอห์มดังนั้นจึงสามารถนำสายนำสัญญาณ (ส่ง) แบบทวินลีด (Twin Leed) ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายเท่ากับ 75 โอห์มมาใช้งานได้ ถึงแม้จะเกิดค่า SWR ขนาดต่ำ แต่วิธีต่อดังกล่าวจะใช้งานได้ดีเมื่อความถี่ใช้งานเป็นจำนวนเท่าเลขคี่ของความถี่พื้นฐานอย่างเช่น สายอากาศจะรีโซแนนซ์ที่ความถี่ 7 MHz สามารถทำงานในความถี่ 21 MHz โดยเกิดค่า SWR ต่ำ (3 เท่าจากความถี่พื้นฐาน)

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.14 แสดงการต่อไดโพลแบบ λ/2 กับสายทวินลีด 75 โอห์ม



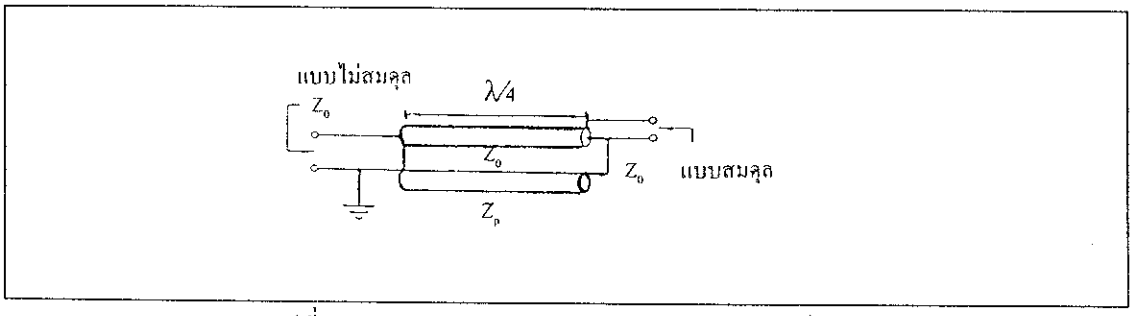
รูปที่ 2.15 แสดงการต่อสายอากาศแบบ λ/2 กับสายอากาศโคแอกเชียลขนาด 75 โอห์ม

กรณีใช้สายโคแอกเชียลต่อแทนสายทวินลีดจะต้องใช้สายโคแอกเชียลแบบ 75 โอห์ม เช่น ชนิด RG-11 ต่อแทนเท่านั้น แต่ในบางครั้งอาจใช้สายโคแอกเชียลประมาณ 52 โอห์มได้ เช่น ชนิด RG-8 เมื่อความยาวของสายอากาศนั้นต่ำกว่า λ/4 เพราะจะมีผลในการลดค่าความต้านทานการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศลง สำหรับหลักการที่เกี่ยวข้องกับค่า SWR จะเหมือนกันกับในแบบทวินลีด แต่ส่วนที่ต่างกันระหว่างทั้งสองกรณีคือ สายแบบทวินลีดเป็นสายที่มีความสมดุลทางไฟฟ้า (Balance Line) แต่สำหรับสายชนิดโคแอกเชียลไม่มีความสมดุลทางไฟฟ้า (Unbalance Line) นั่นคือในกรณีที่ต่อกับสายโคแอกเชียลนั้นด้านนอกของตัวนำชั้นนอกไม่ได้ต่อกับสายอากาศผิดกับตัวนำชั้นใน และด้านในของตัวนำชั้นนอกที่ต่อโดยตรงอยู่มีผลให้กระแสบางส่วนไหลบนด้านนอกซึ่งถือเป็นการสูญเสียอย่างหนึ่ง ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของสายนำสัญญาณที่ใช้มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของสายอากาศ และใช้ในย่านความถี่วิทยุสมัครเล่นในช่วงความถี่ต่ำแล้ว ผลจากความไม่สมดุลทางไฟฟ้านี้สามารถละทิ้งไม่คิดได้เพราะมีขนาดน้อยมาก แต่ในย่านความถี่ VHF และ UHF จะมีผลอย่างมาก

2.5.2 บาลัน (Balun)

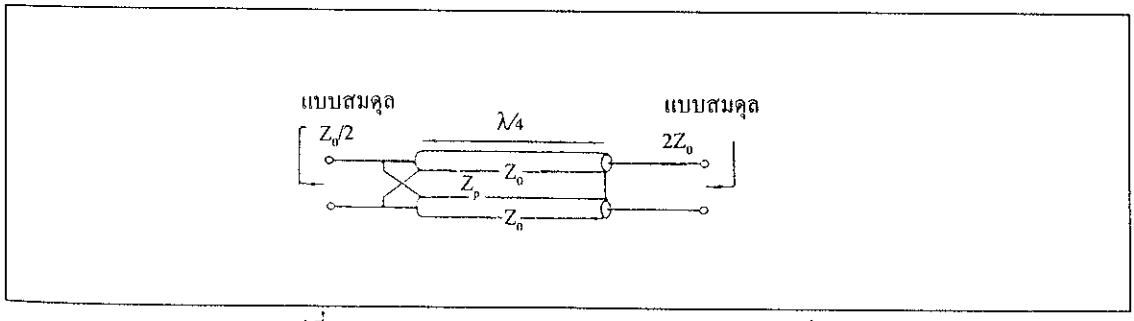
ในย่านความถี่สูงวิธีการต่อโดยตรงระหว่างสายที่มีความสมดุลทางไฟฟ้ากับสายที่ไม่มีความสมดุลทางไฟฟ้า มีผลทำให้เกิดสูญเสียพลังงานที่แผ่กระจายออกมา หรือเกิดการแทรกจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ บาลันนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อสายแบบสมดุลโดยที่จะไม่เกิดผลกระทบใด ๆ สำหรับย่านความถี่วิทยุถ้ามีใช้กำลังไฟฟ้าจนถึง 5 kW หรือความถี่จนถึง 30 MHz จะสามารถใช้บาลันได้

จากรูปที่ 2.16 ปลายบาลันด้านไม่สมดุล ที่ตัวนำชั้นนอกของสายโคแอกเชียลต่อตรงกับตัวนำแท่งกลม (ตัวล่าง) ซึ่งตัวนำล่างมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัวนำเท่ากับ Zp โดยทั้งสองมีความยาวขนาด $\lambda/4$ ดังนั้น ถ้าพิจารณาค่าอิมพีแดนซ์ที่มองเข้ามาทางขวามือของบาลันมีค่าเท่ากับ $Zp^2/\varnothing$ หรือเป็นของวงจรเปิดนั้นเอง สำหรับปลายบาลันด้านสมดุล จะใช้ตัวนำเส้นหนึ่งต่อเข้ากับชั้นนอกของสายโคแอกเชียล และอีกเส้นต่อกับชั้นในของสายโคแอกเชียลรวมถึงตัวนำแท่งกลมด้วย (ไม่มีการต่อกราวนด์ในด้านนี้)



รูปที่ 2.16 แสดงบาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 1 : 1

โดยทั่วไป สายแบบไม่สมดุลมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายในช่วง 50 ถึง 75 โอห์ม ในขณะที่สายแบบสมดุล (ทวินลีด) มีค่าเป็นหลายร้อยโอห์ม จึงจำเป็นที่ต้องปรับขนาดอิมพีแดนซ์ของสายให้เข้ากันได้ โดยใช้บาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 4 :1

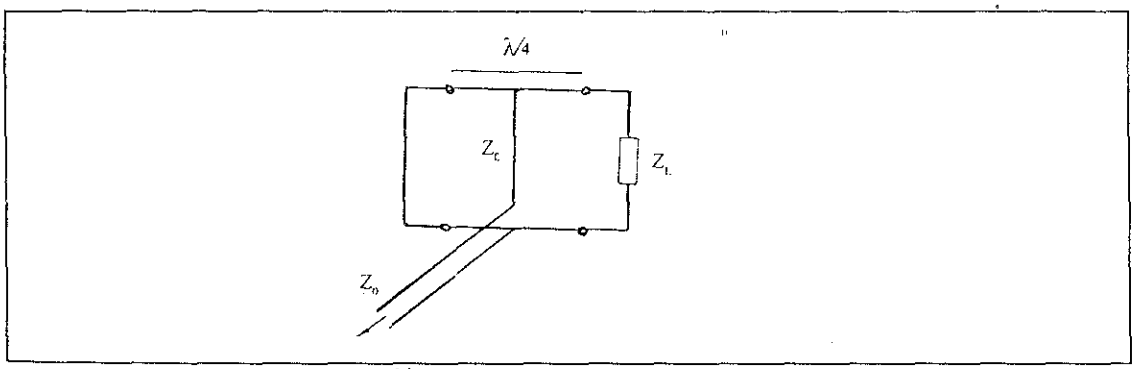


รูปที่ 2.17แสดงบาลันแบบอัตราส่วนอิมพีแดนซ์ 4 :1

จากรูปที่ 2.17 เมื่อใช้สายโคแอกเชียล 2 เส้น โดยด้านขวามือมีการต่อตัวนำกับด้านนอกของสายโคแอกเชียลในลักษณะอนุกรมกัน ถ้าค่าอิมพีแดนซ์ประจำสายของแต่ละเส้นมีค่าเท่ากันคือ Z_0 โอห์ม จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่คร่อมจุดต่อด้านขวามือเท่ากับ $2\times Z_0$ โอห์ม และค่าอิมพีแดนซ์ที่คร่อมจุดต่อด้านซ้ายมือเท่ากับ $Z_0/2$ โอห์ม ตัวอย่างเช่น ค่าอิมพีแดนซ์ขนาด 300 โอห์ม สามารถปรับให้เหลือ 75 โอห์มได้

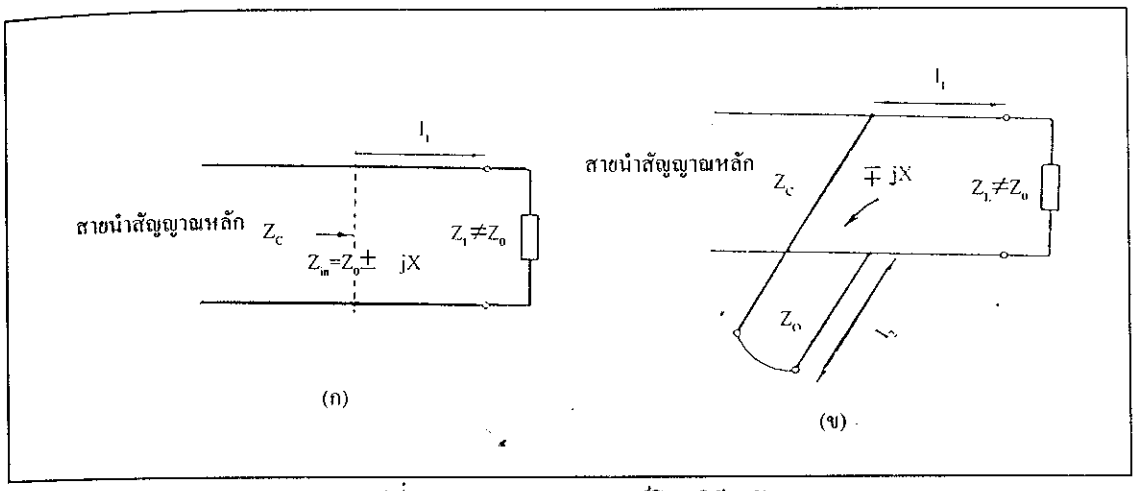
2.5.3 การแมทช์โดยวิธีสตับ (Stub)

จากรูปที่ 2.18 เมื่อพิจารณาที่สายขนาด $\lambda/4$ จะพบว่าปลายด้านซ้ายมือนั้นลัดวงจรอยู่ และปลายด้านขวามือต่อกับโหลดขนาด Z_L ค่าอิมพิแดนซ์บนสาย $\lambda/4$ จะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากโหลด ซึ่งจะมีค่าได้ตั้งแต่ Z_L ถึงศูนย์ และ ณ จุดหนึ่งจะมีค่าเท่ากันกับอิมพีแดนซ์ประจำสายของสายนำสัญญาณหลัก ถ้ามีการต่อสายนำสัญญาณเข้าที่ ณ จุดนี้ถือว่ามีการแมทช์เกิดขึ้น โดยจะพบว่าสายสตับ (Stub Line) คือส่วนความยาวของสายด้านที่ลัดวงจร และค่าความยาวนี้มีผลต่อค่าอินพุทรีแอ็กแตนซ์ (Input Reactance) ด้วย โดยถ้าความยาวทางไฟฟ้าของสตับน้อยกว่าขนาด $\lambda/4$ ทำให้ค่าอินพุทรีแอ็กแตนซ์เป็นค่าความเหนี่ยวนำ (Inductive) หรือถ้าความยาวทางไฟฟ้าของสตับมากกว่าขนาด $\lambda/4$ จะทำให้ค่าอินพุทรีแอ็กแตนซ์เป็นค่าประจุไฟฟ้า (Capacitive)



รูปที่ 2.18 แสดงวิธีสตับบนสายยาว $\lambda/4$

ค่าอิมพีแดนซ์ของสายที่ไม่แมทช์กันจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากโหลด แต่ในบางกรณีค่าอิมพีแดนซ์อาจมากกว่าค่า Z_0 ของสายหรือน้อยกว่าก็เป็นไปได้ สมมติให้ที่ระยะห่าง l_1 จากโหลด ค่าอิมพีแดนซ์ ณ จุดนั้นมีค่าผลรวมระหว่างค่าอิมพีแดนซ์ประจำสาย (Z_0) ขนานกันกับบางส่วนของรีแอ็กแตนซ์ ดังแสดงในรูป 2.19 (ก)



รูปที่ 2.19 แสดงการแมทช์โดยวิธีสตับ

(ก) แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่ระยะห่าง l_1 จากโหลด

(ข) ใช้สตับขนาดยาว l_2

จากรูปที่ 2.19 (ข) เมื่อมีการต่อสตับคร่อม ณ จุด l_1 โดยความยาวของสตับเท่ากับ l_2 ซึ่งมีค่าอินพุทรีแอ็กแตนซ์ขนาดเท่ากันแต่มีเครื่องหมายตรงข้ามกัน ซึ่งจะเกิดการหักล้างค่ารีแอ็กแตนซ์ทั้งสองให้เป็นศูนย์ เหลือเฉพาะค่า Z_0 เท่านั้นจึงเกิดการแมทช์ขึ้น

2.5.4 การแมทช์โดยใช้สายนำสัญญาณยาว $\lambda/4$

สายนำสัญญาณขนาดยาว $\lambda/4$ มีความสำคัญมากในการปรับค่าอิมพีแดนซ์ โดยกำหนดหาค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของสายขนาด $\lambda/4$ เป็นสมการได้ดังนี้

$$Z_{in} = Z_0^2/Z_L \qquad (2.1)$$

โดย Z_{in} = อิมพีแดนซ์ด้านอินพุทของสายนำสัญญาณ

Z_0 = อิมพีแดนซ์ประจำสาย

Z_L = อิมพีแดนซ์ของโหลดที่ปลายสาย

หรือเขียนได้ในรูปสมการว่า

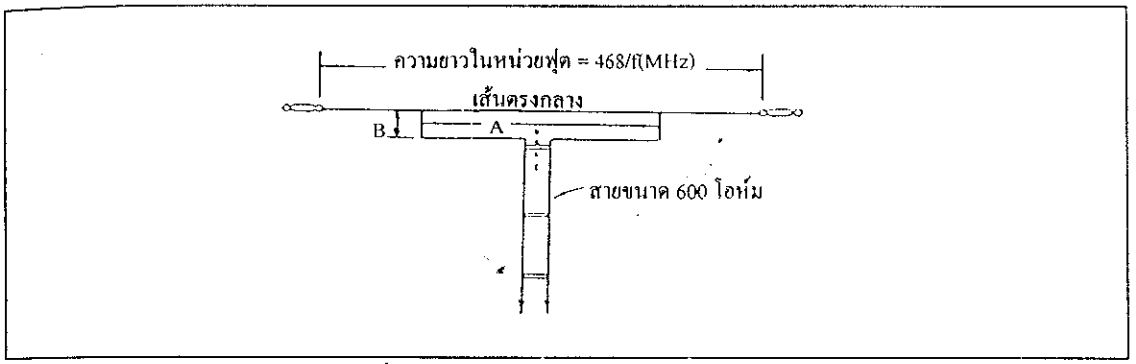
$$Z_0 = (Z_L Z_{in})^{1/2} \qquad (2.2)$$

การประยุกต์ใช้งานที่เห็นได้ทั่วไปของสายยาว $\lambda/4$ นี้คือ การแมทช์สายนำสัญญาณกับโหลดที่มีค่าไม่เท่ากับ Z_0

2.5.5 การแมทช์รูปตัวที (T)

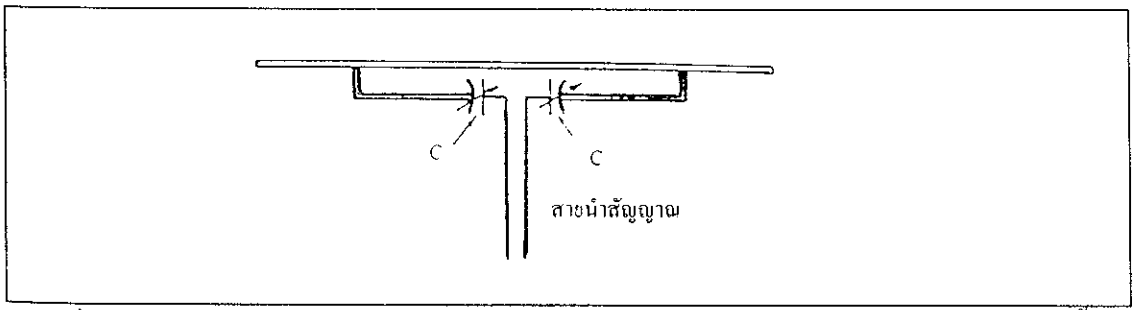
พิจารณารูปที่ 2.20 การแมทช์รูปตัวทีจะมีลักษณะคล้ายกับไดโพลแบบห่วง เพราะถ้าเพิ่มความยาวของ A ให้เท่ากับความยาวของสายอากาศก็เป็นไดโพลแบบห่วง วิธีการแมทช์รูปตัวทีจัดว่ามีความยืดหยุ่นในการปรับค่าอัตราส่วนของอิมพีแดนซ์ได้ดีและง่ายต่อการสร้าง และเหมาะใน

การที่จะใช้กับสายแบบเส้นคู่หรือทวินลีด (แบบสมดุล) ส่วนกรณีของโคแอกเชียลต้องใช้อุปกรณ์บาลันร่วมในการต่อหรือใช้วิธีแมทช์แบบแกมม่า



รูปที่ 2.20 แสดงการแมทช์โดยวิธีรูปตัวที

กระแสไฟฟ้าที่ไหล ณ จุดต่อของรูปตัวทีประกอบไปด้วยกระแสจากสายอากาศที่มาถึงตัวแผ่กระจายคลื่นกับตัวนำรูปตัวที โดยจะมีค่าขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำและระยะห่างระหว่างทั้งสอง อาจพิจารณาว่าส่วนตัวนำกับสายอากาศที่ต่อเป็นรูปห่วงเป็นส่วนลัดวงจรของปลายสายนำสัญญาณได้ และเนื่องจากการแมทช์รูปตัวทีนี้ความยาวของห่วงมีค่าน้อยกว่า $\lambda/4$ ทำให้เกิดค่ารีแอ็กแตนซ์เชิงเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้น ซึ่งถ้าสายอากาศเกิดการรีโซแนนซ์ที่ความถี่ใช้งานจะทำให้ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของตัวนำรูปตัวทีมีทั้งความต้านทานและค่ารีแอ็กแตนซ์เชิงเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้น จึงต้องกำจัดค่ารีแอ็กแตนซ์นี้ให้หมดไป เพื่อเกิดผลการแมทช์ที่ดีกับสายนำสัญญาณ ซึ่งวิธีคือลดขนาดสายอากาศเพื่อให้เกิดค่ารีแอ็กแตนซ์เชิงประจุไฟฟ้า เพื่อนำไปหักล้างกันจนหมด หรืออีกวิธีคือ การต่อตัวเก็บประจุอนุกรมกับจุดต่ออินพุท

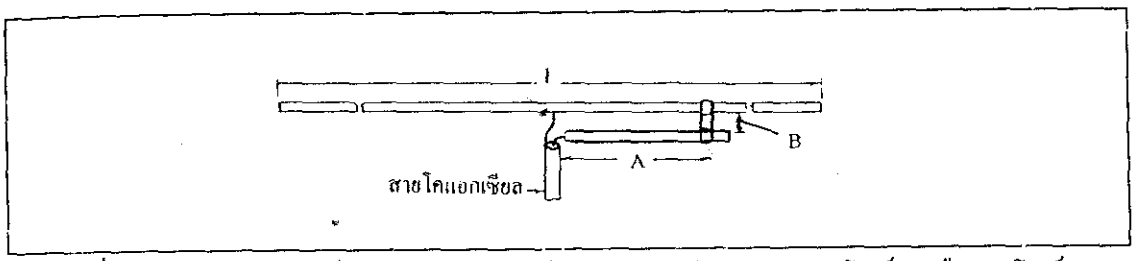


รูปที่ 2.21 แสดงการนำตัวเก็บประจุต่ออนุกรมเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้ดียิ่งขึ้น

2.5.6 การแมทช์แบบแกมม่า (Gamma Matching)

การแมทช์โดยวิธีแกมม่าใช้หลักการเดียวกับวิธีรูปตัวทีแต่มีเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น เหมาะที่จะใช้กับสายแบบไม่สมดุล เช่น สายโคแอกเชียล เป็นต้น

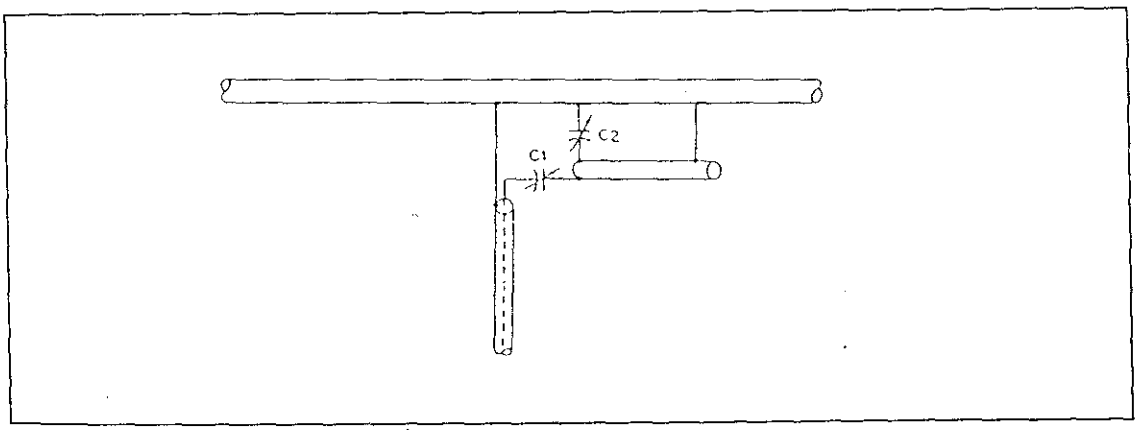
ส่วนการกำจัดค่ารีแอกแตนซ์ก็เช่นเดียวกัน คือลดขนาดสายอากาศหรือต่อตัวเก็บประจุอนุกรมลงไป ซึ่งแสดงการแมทช์แบบแกมม่าได้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงวิธีแมทช์แบบแกมม่าโดยใช้สายโคแอกเชียลขนาด 52 โอห์ม หรือ 75 โอห์ม

2.5.7 การแมทช์แบบโอเมก้า (Omega Matching)

มีการปรับปรุงเริ่มจากวิธีแบบแกมม่าโดยใช้ตัวเก็บประจุต่อทั้งขนานและอนุกรม เพื่อกำจัดค่ารีแอกแตนซ์เชิงเหนี่ยวนำไฟฟ้าให้หมดไป



รูปที่ 2.23 แสดงวิธีแมทช์แบบโอเมก้า

เมื่อ C_1 เป็นตัวเก็บประจุอนุกรมที่มีอยู่แต่เดิม และ C_2 เป็นตัวเก็บประจุที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งการเพิ่มค่า C_2 นี้ทำให้ขนาดของแกมม่ารีอคหรือแท่งตัวนำที่ใช้สั้นลงและยังง่ายต่อการแมทช์อีก ในการปรับแต่ง C_2 ทำหน้าที่ในการควบคุมความต้านทานของโหลด (สายอากาศ) เมื่อพิจารณาจากสายโคแอกเชียล ส่วน C_1 ทำหน้าที่กำจัดค่ารีแอกแตนซ์ให้หมดไป

2.6 สรุป

โดยสรุปในทางทฤษฎี สายอากาศสามารถนำพลังงานทั้งหมดที่มาจากเครื่องส่งออกไปในอากาศได้โดยไม่มีการสูญเสีย แต่ในทางปฏิบัติสายอากาศที่มีคุณภาพขนาดนั้นยังไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องเลือกชนิดของสายอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน รวมทั้ง ชนิดของสายนำสัญญาณ และการแมทช์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง

บทที่ 3

การออกแบบสายอากาศตามมาตรฐาน NBS และวิธีการย่อส่วน

3.1 กล่าวนำ

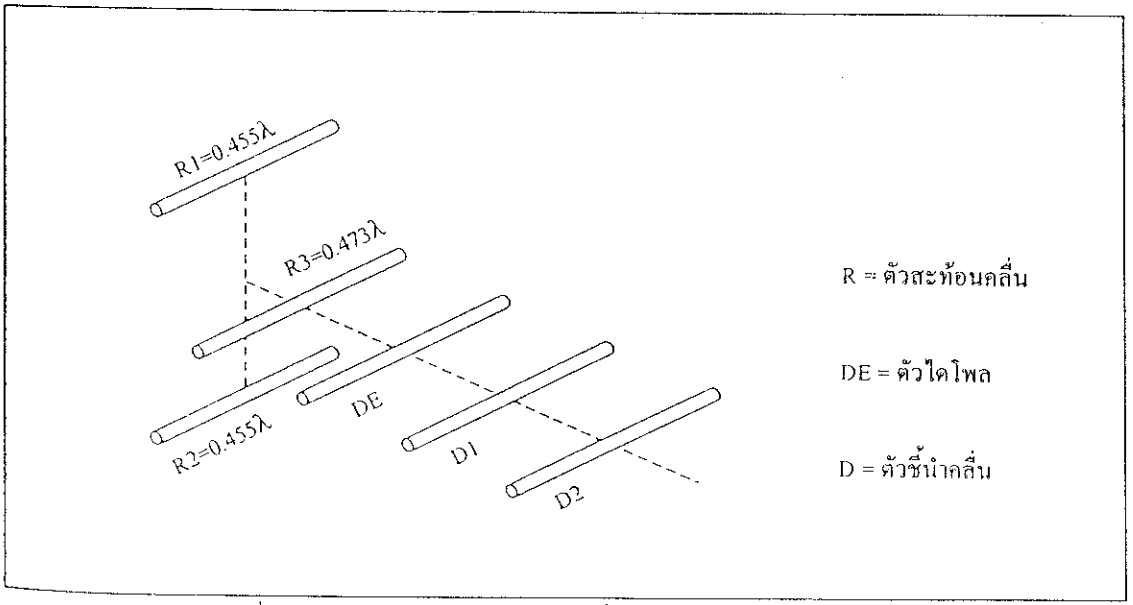
NBS ย่อมาจากสำนักงานมาตรฐานแห่งชาติอเมริกา (National Bureau of Standards) ซึ่งเป็นสมาคมที่ได้ทำการค้นคว้าและวิจัยเพื่อพัฒนาเกี่ยวกับสายอากาศแบบต่าง ๆ ที่จะใช้งานด้านการสื่อสาร ตั้งแต่ก่อน พ.ศ. 2500 และได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างเพื่อใช้งานได้จริง ถึงแม้จะมีความผิดพลาดบางประการซึ่งได้ค้นพบหลังในภายหลัง แต่ยังสามารถนำมาใช้ในทางปฏิบัติได้ นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงวิธีการย่อส่วน (Scale Model Method) สำหรับการทำการลดหรือเพิ่มขนาดของสายอากาศโดยที่คุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศไม่เปลี่ยนแปลง

3.2 องค์ประกอบที่สำคัญตามผลการทดลองของ NBS

องค์ประกอบของสายอากาศยากิที่สำคัญตามการทดลองของ NBS สามารถสรุปได้ดังนี้

3.2.1 ตัวสะท้อนคลื่น

ในกรณีที่มีตัวสะท้อนคลื่น 2 ตัวที่ระยะห่างระหว่างตัวไดโพลและตัวสะท้อนคลื่นเป็นระยะประมาณ 0.2λ จะได้อัตราขยายสูงสุดเป็น 2.6 dB_d แต่ถ้าต้องการจะเพิ่มอัตราขยาย สามารถทำได้โดยนำเอาตัวสะท้อนคลื่นอีก 2 ตัวมาวางในลักษณะรูปสามเหลี่ยม (Trigonal Reflector) แสดงได้ตามรูปที่ 3.1 จะได้อัตราขยายเพิ่มอีก 0.75 dB



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดตัวสะท้อนคลื่น 3 ตัวเป็นรูปสามเหลี่ยม

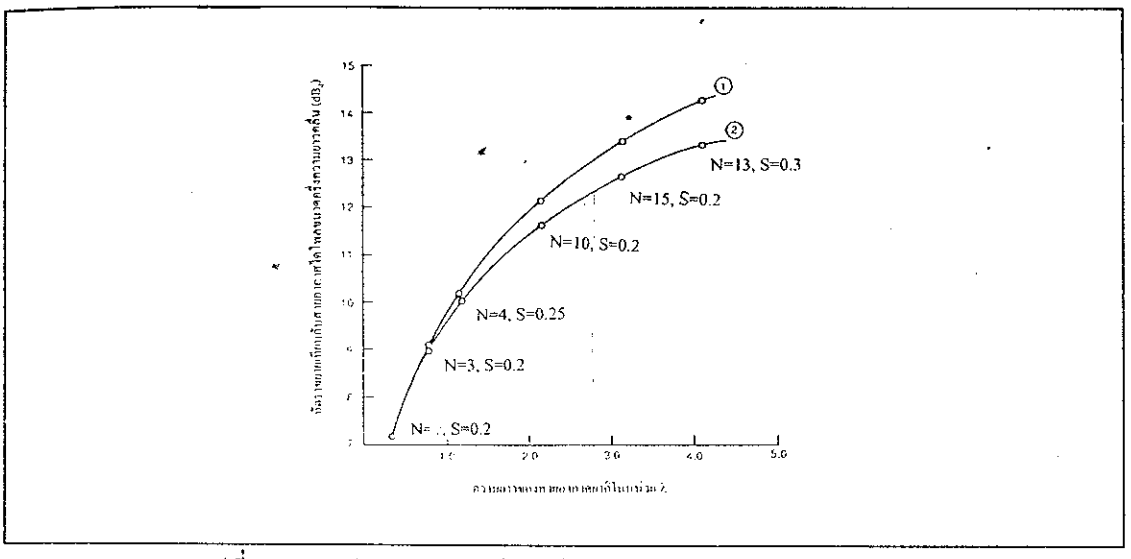
3.2.2 ตัวชี้นำคลื่น

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสายอากาศแบบยากิ ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางความยาวและระยะห่างของตัวชี้นำคลื่นจะมีผลกระทบต่อกัน และถ้ามีการใช้จำนวนตัวชี้นำคลื่นมากขึ้นจะทำให้การกำหนดขนาดและระยะห่าง ต้องมีความแม่นยำขึ้นไม่เช่นนั้นจะมีผลกระทบต่อการทำงาน ในตารางที่ 3.1 แสดงขนาดความยาวและระยะห่างระหว่างตัวชี้นำคลื่น โดยที่ตัวสะท้อนคลื่นนั้นอยู่ห่างจากตัวไดโพล 0.2λ และเส้นผ่าศูนย์กลางของทุกอีลีเมนต์เป็น 0.0085λ

ตารางที่ 3.1 แสดงความยาวที่เหมาะสมของแต่ละอีลีเมนต์ (ยกเว้นตัวไดโพล)

ความยาวของบูม	0.4	0.8	1.2	2.2	3.2	4.2
จำนวนอีลีเมนต์ทั้งหมด	3	5	6	12	17	15
ความยาวของตัวสะท้อนคลื่น	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.475
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 1	0.442	0.428	0.428	0.432	0.428	0.424
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 2	-	0.424	0.420	0.415	0.420	0.424
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 3	-	0.428	0.420	0.407	0.407	0.420
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 4	-	-	0.428	0.398	0.398	0.407
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 5	-	-	-	0.390	0.394	0.403
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 6	-	-	-	0.390	0.390	0.398
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 7	-	-	-	0.390	0.386	0.394
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 8	-	-	-	0.390	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 9	-	-	-	0.398	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 10	-	-	-	0.407	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 11	-	-	-	-	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 12	-	-	-	-	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 13	-	-	-	-	0.386	0.390
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 14	-	-	-	-	0.386	-
ความยาวของตัวชี้นำคลื่น ที่ 15	-	-	-	-	0.386	-
ระยะห่างระหว่างตัวชี้นำคลื่น	0.20λ	0.20λ	0.25λ	0.20λ	0.20λ	0.308λ
อัตราขยาย (dB_i) ที่ NBS ระนุ	7.10	9.20	10.20	12.25	13.40	14.20
กราฟที่ใช้ในการออกแบบ	A	C	C	B	C	D

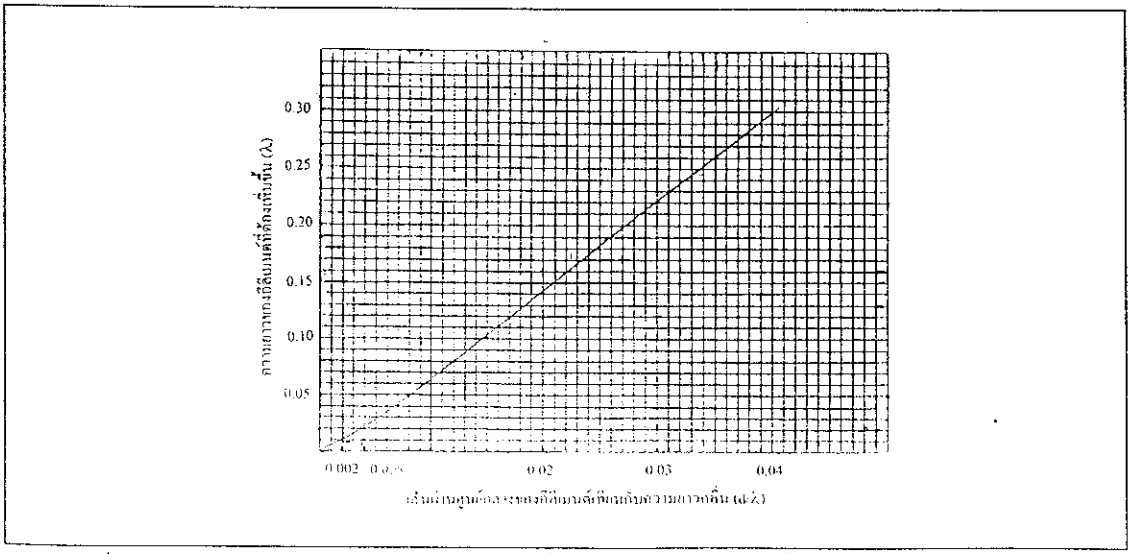
สำหรับกราฟในรูปที่ 3.2 เป็นการเปรียบเทียบอัตราขยายตามการทดสอบของ NBS ใน 2 กรณี คือ กรณีแรกทำการจัดความยาวของตัวชี้นำคลื่นให้เหมาะสมเพื่อให้ได้อัตราขยายสูงที่สุด และในกรณีที่สองคือให้มีจำนวนตัวชี้นำคลื่น เป็น N ตัวและกำหนดความยาวของตัวชี้นำคลื่นแต่ละตัวมีขนาดเท่ากันหมด โดยที่ S คือระยะห่างระหว่างตัวชี้นำคลื่น



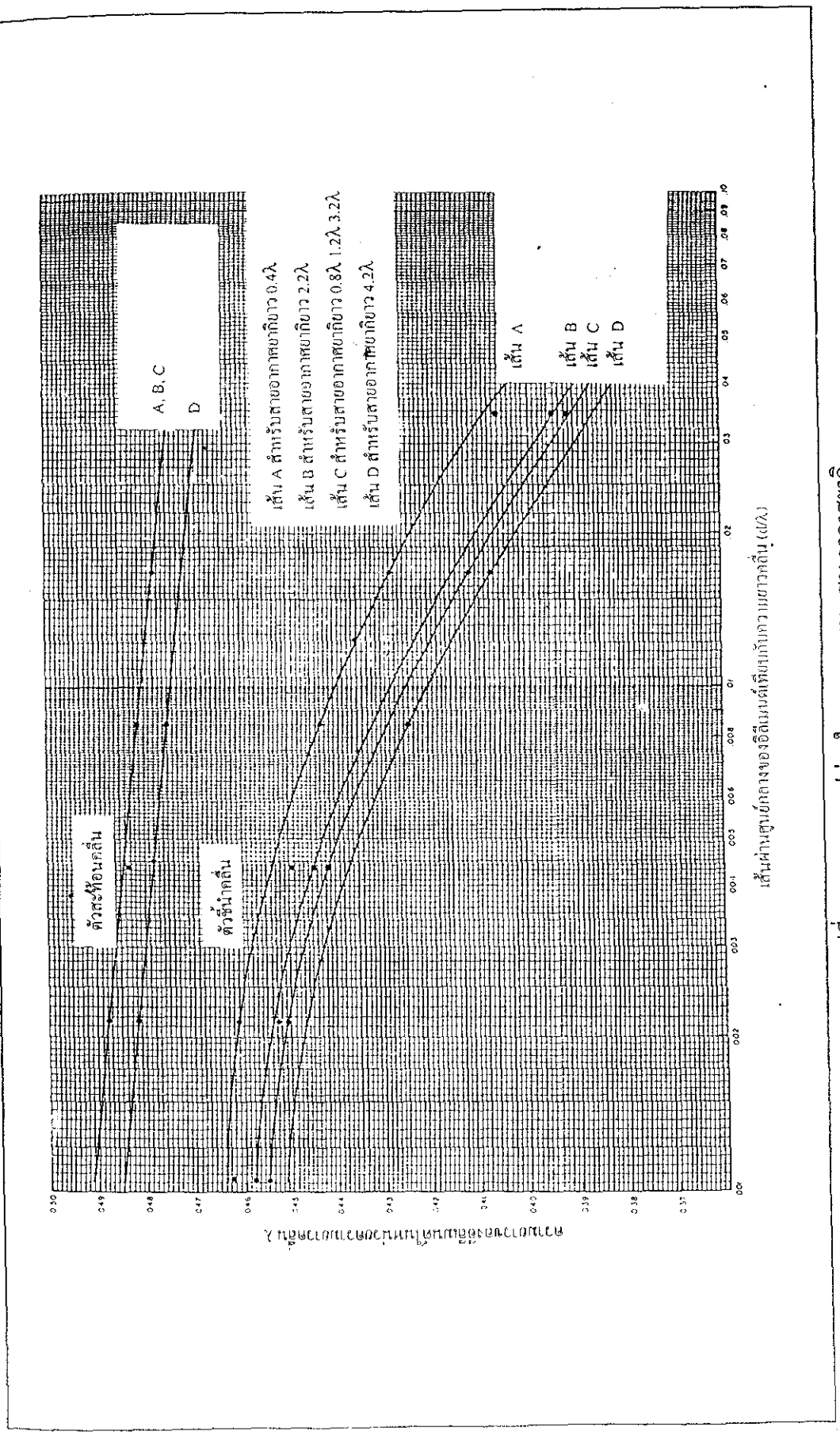
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราขยายของสายอากาศยากิ

3.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์

เส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์จะมีผลต่อความยาวเช่น เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้นจะต้องลดความยาวของตัวชี้นำคลื่นตัวนั้นลง



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความยาวของอีลีเมนต์ที่ต้องบวกเข้าไปอีก เมื่อยึดอีลีเมนต์ทะลุผ่านบูม



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟช่วยในการออกแบบสายอากาศยากิ

3.2.4 ผลของบูม

การเลือกใช้บูมที่ทำจากวัสดุต่างชนิดกันจะมีผลต่อการทำงานของสายอากาศ เช่นเมื่อใช้บูมที่ทำจากไม้ ผลการทำงานของสายอากาศจะไม่เหมือนเดิมทุกครั้งไป เนื่องจากผลของความชื้นของอากาศถึงแม้จะทำการทาน้ำยากันชื้น ถ้าเลือกใช้บูมที่ทำจากโลหะผลการทำงานของสายอากาศค่อนข้างคงตัวแต่ต้องเพิ่มความยาวของอีลีเมนต์เพื่อชดเชยผลของความชื้นที่มีต่อบูม นอกจากนั้นบูมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กจะมีผลต่อความยาวของอีลีเมนต์น้อยกว่าบูมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่กว่า (บูมยิ่งมีขนาดใหญ่ต้องมีระยะห่างระหว่างอีลีเมนต์มากขึ้น) โดยที่ไม่ว่าบูมจะมีรูปเป็นสี่เหลี่ยมหรือบูมกลมจะให้ผลที่เหมือนกัน

3.2.5 ตัวไดโพลและการแมทช์

ในการกำหนดขนาดความยาวของตัวไดโพลจะไม่มีผลต่อการทำงานของสายอากาศมาก ถ้ายังคงมีความยาวประมาณ $\lambda/2$ และสั้นกว่าตัวสะท้อนคลื่น ส่วนการแมทช์นั้นจะมีผลต่อแถบความถี่ที่ใช้งาน (Bandwidth) ของสายอากาศหรืออาจมีผลกระทบกับรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศ ซึ่งเป็นเพราะกระแสในแต่ละด้านของตัวไดโพลไม่เท่ากัน

3.2.6 ความแม่นยำในการสร้าง

ตามมาตรฐานของ NBS ระบุว่าความผิดพลาดของขนาดและระยะต่าง ๆ ไม่ควรมีความผิดพลาดมากกว่า 0.003λ

3.3 ขั้นตอนการออกแบบสายอากาศยากิตามวิธีของ NBS

1) เลือกอัตราการขยาย โดยดูได้จากตารางที่ 3.1 ซึ่งจะให้ขนาดความยาวบูมสำหรับความถี่ที่ต้องการใช้งาน

2) เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์ตั้งแต่ ค่า 0.001λ ถึง 0.04λ ซึ่งควรจะมีขนาดที่บูมสามารถรับได้ โดยที่อีลีเมนต์ยิ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้น แถบความถี่ที่ใช้งานก็จะยิ่งกว้าง

3) เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบูมโดยจะต้องสัมพันธ์กับความยาวของบูม รวมทั้งกำหนดวิธีการยึดอีลีเมนต์ว่าจะยึดลอยเหนือบูมโดยมีฉนวนคั่นหรือยึดโดยแทงทะลุเส้นผ่าศูนย์กลางของบูมซึ่งจะต้องมีการชดเชยความยาวของทุกอีลีเมนต์ โดยอาศัยกราฟในรูปที่ 3.3.

4) ใช้กราฟในรูปที่ 3.4 ในการหาขนาดความยาวจริงของตัวชี้นำคลื่นและตัวสะท้อนคลื่นโดยอาศัยค่า d/λ ซึ่งค่าที่อ่านได้จะเป็นขนาดของตัวสะท้อนคลื่นและตัวชี้นำคลื่นตัวที่ 1 และสำหรับตัวชี้นำคลื่นตัวอื่นจะใช้การเทียบระยะห่างบนกราฟที่ห่างจากตำแหน่งที่เส้น d/λ นั้นตัดกับ

เส้นกราฟให้ห่างเท่ากับที่ตำแหน่งที่เส้น 0.0085λ ตัดกับเส้นกราฟห่างจากแต่ละตัวชี้นำคลื่น (จากตารางที่ 3.1) บนเส้นกราฟจึงทำการเทียบว่าเท่ากับความยาวใด

5) ถ้าทำการยึดอีลีเมนต์โดยวิธีทะลุผ่านบูมโดยสัมผัสทางไฟฟ้าจะต้องทำการเพิ่มความยาวของทุกอีลีเมนต์โดยอาศัยกราฟในรูปที่ 3.3

6) เลือกวิธีการแมทช์และคำนวณความยาวของตัวไดโพล

หลังจากทำการสร้างเสร็จแล้วสามารถปรับแต่งความยาวของตัวไดโพลได้อีกเล็กน้อยเพื่อปรับค่า SWR ให้ดียิ่งขึ้น

3.4 ความผิดพลาดจากผลการทดลองของ NBS

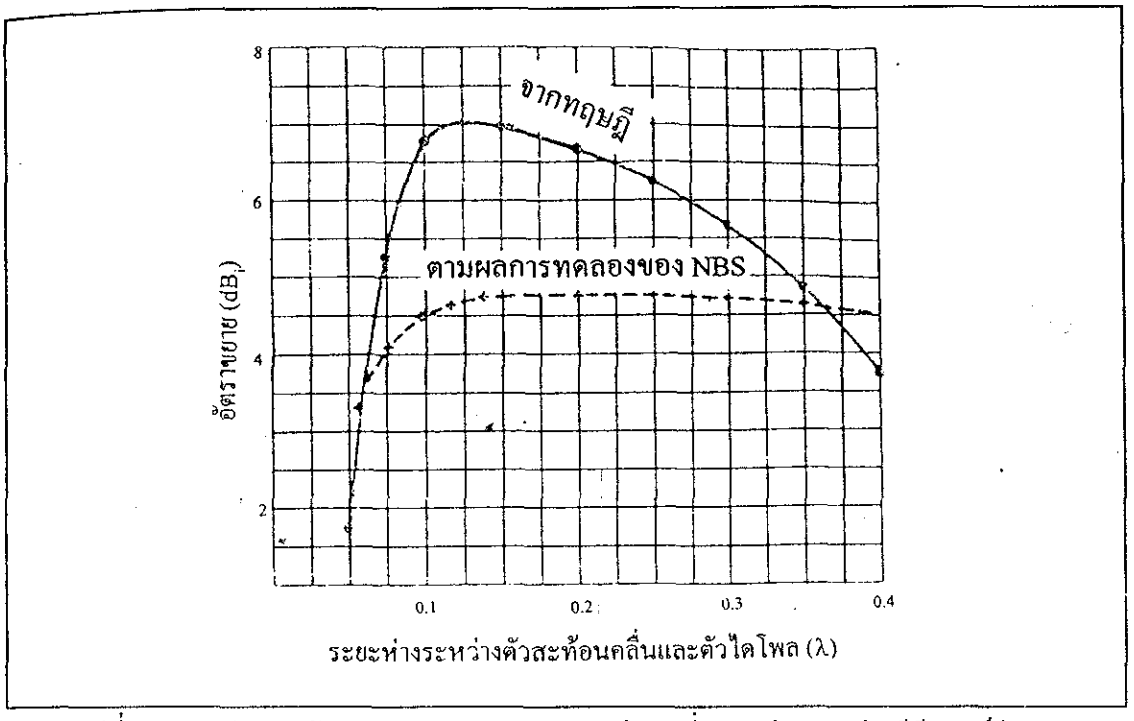
ผลการทดลองของ NBS ได้มีผู้สนใจทั้งในการสร้างเพื่อนำไปใช้งานและใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี และก็ได้มีผู้ค้นพบความผิดพลาดของ NBS ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ตามการทดลองของ NBS สายอากาศจะอยู่สูงจากพื้นดิน 3λ เพื่อให้ได้มุมสะท้อนซึ่งสัญญาณที่สายอากาศได้รับจะเป็นผลของการรวมระหว่างคลื่นตรงและคลื่นสะท้อนจากพื้นดิน สังเกตจากมุมสะท้อนได้ว่าคลื่นที่มีขั้วเป็นแนวนอน (Horizontal Polarization) จะมีการกลับเฟส 180 องศาเมื่อคลื่นสะท้อนออก ซึ่งคลื่นที่สะท้อนออกมาจะไปรบกวนและหักล้างกับคลื่นทางตรง รวมทั้งสภาพผิวที่สายอากาศทดสอบและสายอากาศเปรียบเทียบสามารถมองเห็นไม่เหมือนกัน สัญญาณที่สายอากาศทั้งสองที่ได้รับก็จะต่างกันด้วย ทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้

2) ในการทดลองหาระยะห่างระหว่างตัวสะท้อนคลื่นและตัวไดโพลทาง NBS ทำการทดลองจากสายอากาศยากิ 2E แต่กลับไม่ได้ระบุความยาวจริงของตัวสะท้อนคลื่น ซึ่งถ้าสมมติว่าเป็นค่า 0.482λ ตามที่ใช้กับการทดลองอื่น ๆ เมื่อคำนวณตามทฤษฎีจะให้ผลที่แตกต่างมากรวมทั้งใช้การวิเคราะห์จากความแรงของสัญญาณจากแต่ละทิศทางตามรูปแบบที่ทาง NBS กำหนด จะพบว่าค่าที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการคำนวณ และอีกประการหนึ่งเมื่อดูจากกราฟในรูปที่ 3.5 พบว่าระยะห่างที่มีอัตราขยายสูงสุดจะอยู่ที่ 0.12λ ไม่ใช่ 0.2λ ตามที่ NBS ระบุ

3) แม้ว่าผลการทดสอบของ NBS จะพบความผิดพลาดบ้าง โดยเฉพาะสายอากาศยากิแบบ 2 อีลีเมนต์ ที่มีข้อผิดพลาดมากแต่สำหรับสายอากาศยากิแบบอื่น ๆ จะมีความคลาดเคลื่อนไปไม่เกิน 0.5 dB ซึ่งเป็นไปตามที่ NBS สรุปไว้

4)ในการเพิ่มจำนวนตัวสะท้อนคลื่นเพื่อที่จะประกอบกันเป็นตัวสะท้อนคลื่นรูปสามเหลี่ยมทาง NBS ได้สรุปไว้ว่า จะเพิ่มอัตราขยายและให้อัตราส่วน F/B ดีขึ้น แต่เมื่อใช้โปรแกรมมินิเนค (Mininec) ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้คืออัตราขยายลดลง และค่า F/B มีค่าต่ำมาก



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงอัตราขยายของสายอากาศยากิ 2E ที่ระยะห่างระหว่างอีลีเมนต์ต่าง ๆ

3.5 วิธีการย่อส่วน (Scale Model)

การที่จะสร้างสายอากาศขึ้นมาเพื่อใช้งานนั้นจะต้องมีการทดสอบหาคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อดูว่าสายอากาศมีประสิทธิภาพในการรับและส่งดีเพียงไร ซึ่งถ้าเป็นสายอากาศที่ใช้ในช่วงความถี่สูงหรือไมโครเวฟจะไม่มีปัญหาในการทดสอบเพราะว่าในช่วงนั้นจะมีความยาวคลื่นสั้นเป็นผลให้ขนาดของสายอากาศมีขนาดเล็ก แต่สายอากาศที่ใช้ในช่วงความถี่ต่ำจะมีปัญหาเพราะความยาวคลื่นจะมากทำให้ขนาดสายอากาศมีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการยากที่จะทำการทดสอบ เนื่องด้วยในห้องทดลองจะมีขนาดจำกัด เพราะฉะนั้นการที่จะลดขนาดสายอากาศลงโดยที่ทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกับสายอากาศต้นแบบที่จะใช้งานจริงจะใช้วิธีการย่อส่วน นอกจากจะใช้ในการลดขนาดสายอากาศแล้วยังสามารถใช้ในการเพิ่มขนาดของสายอากาศให้มีขนาดมากขึ้นด้วยแต่จะไม่เป็นที่นิยม

วิธีการย่อส่วนสายอากาศนั้น ถ้าเป็นสายอากาศที่มีค่าความนำทางไฟฟ้าเป็นอนันต์($\sigma=\infty$) และมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ความถี่ f แล้ว เมื่อทำการย่อส่วนสายอากาศที่ความถี่ nf ออกมา สายอากาศตัวที่ทำการย่อส่วนแล้วก็จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ เหมือนกับตัวต้นแบบโดยที่ขนาดของสายอากาศจะต้องหารด้วย n ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของสายอากาศตัวที่ทำการย่อส่วนมีขนาดลงลด แต่ความเป็นจริงสายอากาศไม่ได้มีค่าความนำทางไฟฟ้าเป็นอนันต์ เพราะฉะนั้นคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายอากาศตัวที่ทำการย่อส่วนมีค่าผิดไปจากตัวต้นแบบแต่ก็ไม่มากนัก โดยทั่วไปสายอากาศที่เป็นสายอากาศ

ตัวที่ทำการย่อส่วนไม่เป็นที่ยอมรับในการใช้งานจริง แต่นิยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการโดยใช้สายอากาศตัวที่ทำการย่อส่วนในการวัดและวิเคราะห์เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของสายอากาศให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับวิธีการทำการย่อส่วนสายอากาศจะมีค่า อัตราขยาย (Gain) อิมพีแดนซ์ (Impedance) ความเร็ว (Velocity) สภาพยอมทางแม่เหล็ก (Permeability) และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity) จะไม่เปลี่ยนไปจากตัวต้นแบบ ส่วนการหาค่า n นั้นสามารถหาได้โดยนำความถี่ของสายอากาศตัวที่ทำการย่อส่วนหารด้วยความถี่ของสายอากาศต้นแบบ ($n=f' / f$) โดยถ้าค่า n มากกว่า 1 จะเป็นการลดขนาดสายอากาศแต่ถ้าค่า n น้อยกว่า 1 จะเป็นการเพิ่มขนาดของสายอากาศ

3.6 สรุป

ในการออกแบบสายอากาศยากิตามวิธีของ NBS นั้นจะพบว่ามีความยุ่งยากในการใช้งาน ซึ่งจะต้องใช้ทั้งกราฟและตาราง รวมทั้งต้องใช้วงเวียนในการหาค่าความยาวต่าง ๆ ดังนั้นถ้าหากมีโปรแกรมที่ใช้งานในการออกแบบจะทำให้การออกแบบสายอากาศยากิสะดวกขึ้น ซึ่งจะได้มีการนำเสนอในบทต่อไป

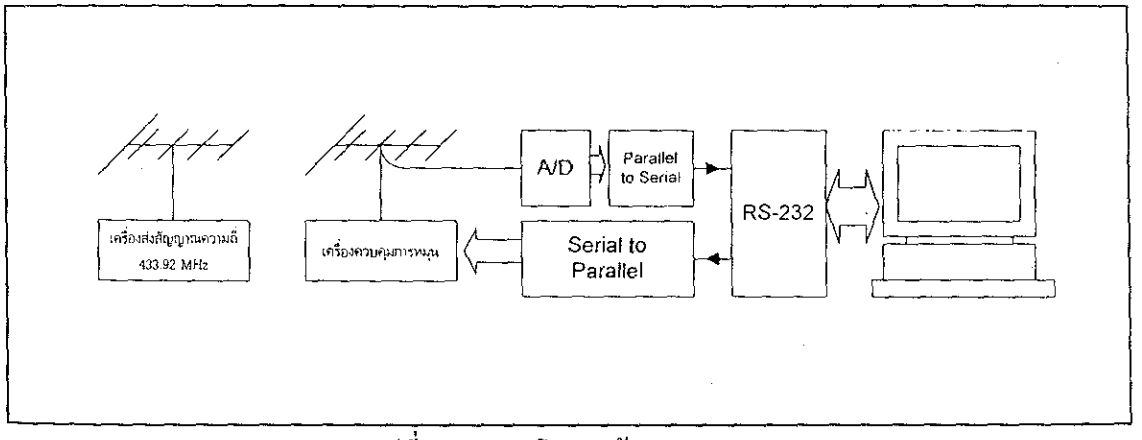
บทที่ 4
การออกแบบการเขียนโปรแกรมและเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่น

4.1 กล่าวนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการเขียนโปรแกรมและเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่น (Radiation Pattern) โดยในส่วนของโปรแกรมนั้นจะกล่าวถึงแนวคิดในการเขียนโปรแกรม และส่วนของเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่นประกอบด้วยภาคต่างๆ คือ ชุดเครื่องวัดระดับความเข้มของสัญญาณ (Field-Strength Meter) ชุดควบคุมการหมุนของสายอากาศ และชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งสามารถแสดงเป็นระบบโดยรวมได้ดังรูปที่ 4.1

ในการออกแบบจะแบ่งเป็นชุดต่างๆ ได้ดังนี้

1) ชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz (Field-Strength Meter)
2) ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่างๆ
3) ชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบ

4.2 การออกแบบการเขียนโปรแกรม

จากที่ทาง NBS ได้ทำการทดลองและสรุปผลเพื่อนำมาใช้งานจะเป็นในรูปของกราฟและตาราง แต่การนำมาใช้งานนั้นจะมีความยุ่งยากและต้องการความละเอียดอ่อนในการอ่านค่าจากกราฟซึ่งจะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นถ้าหากมีโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโดยยังคงรักษารูปแบบของการใช้งานของ NBS แบบเดิมไว้จะทำให้สะดวกยิ่งขึ้น แต่การที่จะนำข้อมูลมาใช้ในงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะอยู่ในรูปของตารางหรือสมการทางคณิตศาสตร์ จึงต้องมีการแปลงข้อมูลที่มีอยู่แล้วให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ

ทางเลือกที่หนึ่ง คือ การนำข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาแปลงให้อยู่ในรูปของตาราง แต่วิธีการนี้จะมีข้อเสียคือ ทำให้โปรแกรมมีขนาดใหญ่มาก และในการอ่านค่าจากกราฟเพื่อนำมาบันทึกเป็นตารางจะต้องมีการอ่านค่าที่ละเอียด จึงจะมีความผิดพลาดได้ในขอบเขตที่ยอมรับ แต่จากกราฟจะสามารถอ่านค่าได้ละเอียดเพียงบางช่วงเท่านั้น

ทางเลือกที่สอง คือ การนำข้อมูลที่มีอยู่แล้วมาทำให้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ตัวโปรแกรมมีขนาดไม่ใหญ่มากนักและให้ค่าความละเอียดสูง จึงเป็นวิธีที่เหมาะจะนำไปใช้

4.2.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

1) หาสมการจากกราฟที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมทั้งหมด

ก) ใช้โปรแกรมแมทแลบ (Matlab) ในการหาสมการตลอดทั้งเส้น

ข) อ่านค่าจากตารางและกราฟของ NBS เพื่อหาค่าความยาวระหว่างจุดโดยใช้สมการ

$$L^2 = (y_2-y_1)^2+[\log(x_2/x_1)]^2 \qquad (4.1)$$

โดยที่ y_2 และ y_1 คือค่าในแกนความยาวอีลีเมนต์ในหน่วยความยาวคลื่น

x_2 และ x_1 คือค่า d/λ

ค) นำค่า L^2 ไปคำนวณหาจุด x_2 และ y_2 ใหม่โดยกำหนดจุดเริ่มต้นคือค่า x_1 และ y_1 ค่า y_2 ที่ได้จะเป็นค่าความยาวอีลีเมนต์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบ

2) เขียนโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและกราฟฟิกแสดงการทำแมทช์ชิ่ง

3) เขียนโปรแกรมติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม

4) ทำแผ่นติดตั้งเพื่อนำไปใช้งานจริง

4.2.2 การหาสมการของเส้นกราฟโดยใช้โปรแกรมแมทแลบ

1) กำหนดค่า x ขึ้นมาหลาย ๆ จุดตามความเหมาะสมเพื่อให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด

2) สมการจะถูกตั้งเป็น $D = ax^n+ax^{n-1}+ax^{n-2} \ldots +a^0$

3) ป้อนค่าที่กำหนดเป็นเมตริกซ์

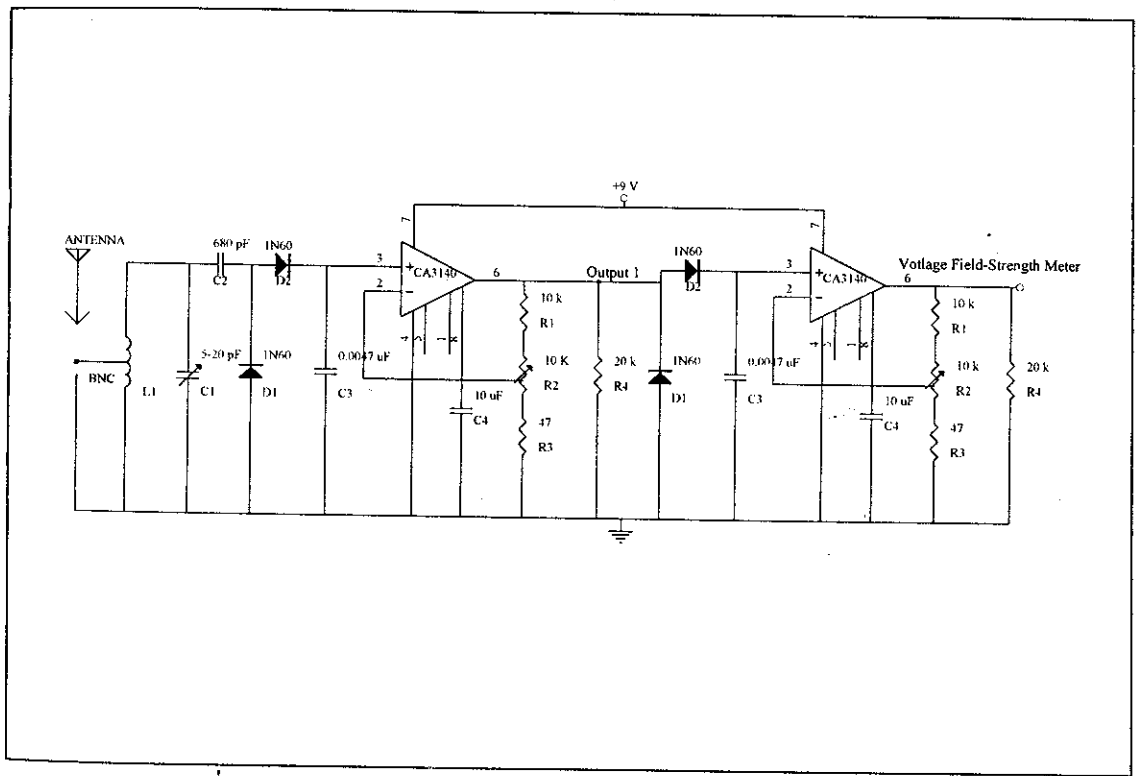
4) อ่านค่า y ตามค่า x ที่กำหนดแล้วตั้งเป็นเมตริกซ์

5) หาค่าดีเทอร์มิแนนท์ (Determinant) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปแทนค่ากลับลงในสมการจะได้สมการที่ต้องการ

4.3 ชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz (Field-Strength Meter)

เป็นอุปกรณ์สำหรับรับสายอากาศภาครับมาเปลี่ยนเป็นแรงดัน โดยวงจรนี้นำสัญญาณเข้าจากสายอากาศมาป้อนเข้าแท็ปกลางของขดลวด L1 เพื่อให้สายอากาศของเครื่องรับและส่งซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำไม่ไปโหลดวงจรจูนซึ่งประกอบด้วย L1 และ C1 มากนัก โดยค่าของ L1 และ C1

นี้ได้รับการออกแบบมาให้ปรับแต่งความถี่ในย่าน UHF ส่วน C2 C3 D1 และ D2 ประกอบกันเป็นวงจรดีเทคเตอร์แบบทวีแรงดัน เพื่อแปลงสัญญาณคลื่นวิทยุที่เป็นไฟกระแสสลับ ให้มาเป็นสัญญาณไฟตรงที่มีขนาดของคลื่นวิทยุ โดย D1 และ D2 ที่ใช้เป็นไดโอดชนิดเยอรมันเนียม ซึ่งมีค่าแรงดันตกคร่อมตัวมันประมาณ 2.5 โวลต์ จึงทำให้วงจรมีความไวเพิ่มขึ้น ส่วนไอซีเบอร์ CA3140 ถูกต่อเป็นวงจรขยายแบบนอนอินเวอร์ติ้ง (Non-Inverting) คือให้การเปลี่ยนแปลงสัญญาณเอาต์พุทมีขนาดและทิศทางที่สอดคล้องกันกับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุท โดยที่ R1 R2 และ R3 เป็นส่วนป้อนกลับแบบลบ ซึ่งจะนำสัญญาณเอาต์พุทส่วนหนึ่งป้อนกลับมาเข้าทางขาสอง ดังนั้นการเลื่อนแกนหมุนของ R2 จึงเป็นการปรับอัตราขยายของวงจร ซึ่งก็เป็นการปรับความไว (Sensitivity) ของเครื่องนั้นเอง จากนั้นจึงนำสัญญาณเอาต์พุท 1 ไปผ่านส่วนขยายสัญญาณอีกครั้งเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น ลักษณะการต่อวงจรเป็นไปตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรวัดระดับความเข้มของสัญญาณ (Field-Strength Meter)

4.4 ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่างๆ

ส่วนนี้ใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) แทนมอเตอร์กระแสตรงธรรมดา เนื่องจากสเตปปิ้งมอเตอร์นี้จะมีลักษณะของการเคลื่อนที่ในเชิงมุมเป็นขั้น (Step) โดยจะมีขนาดของสเตปตั้งแต่ 0.1 ถึง 30 องศา โดยที่สเตปปิ้งมอเตอร์จะมีข้อได้เปรียบมอเตอร์กระแสตรงธรรมดา นั่นคือ

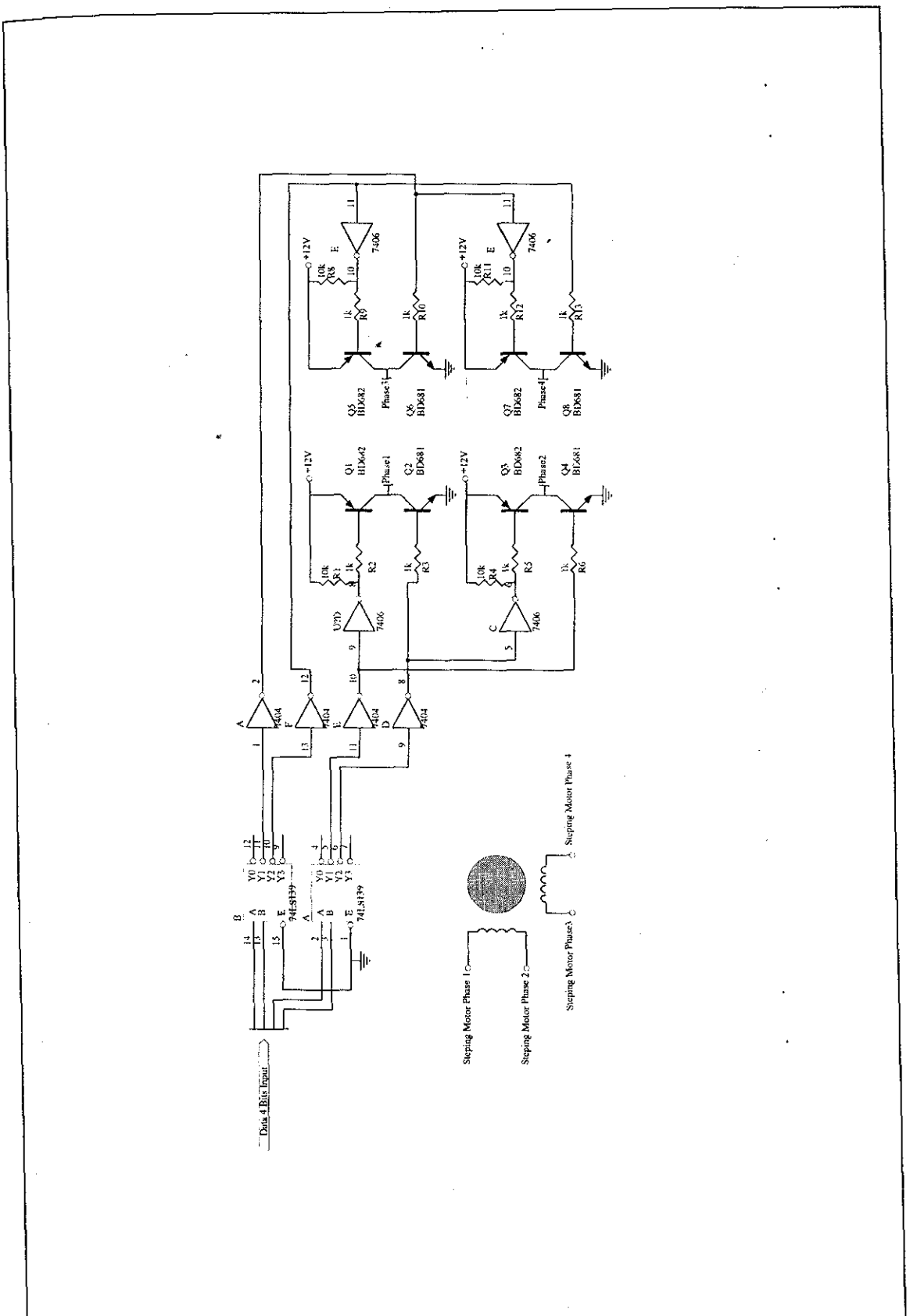
สเตปปิ้งมอเตอร์มีการควบคุมแบบลูปปิด ซึ่งสามารถควบคุมและรู้ตำแหน่งของการหมุนได้ตลอดเวลา โดยการควบคุมในส่วนนี้จะใช้กลุ่มเลขไบนารี (Binary) ขนาด 4 บิตคือ 0001 0010 0100 และ 1000 ซึ่งได้นำข้อมูลมาจากคอมพิวเตอร์ไปผ่านการขยายสัญญาณ ที่มีลักษณะของการทำงานเป็นวงจรขับแบบบริดจ์ (H Bridge) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ประกอบด้วย Q1 Q2 Q3 และ Q4 โดยที่ Q1 และ Q2 ต่อเป็นวงจรแบบคอมพลีเมนตารีสวิตช์ (Complementary Switches) เมื่อ Q1 ทำงาน (ON) Q2 จะหยุดทำงาน (OFF) เช่นเดียวกัน เมื่อ Q3 ทำงาน Q4 จะหยุดการทำงาน ดังนั้น Q1 ถึง Q4 จึงทำหน้าที่ในการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์หรือกำหนดขั้วไฟฟ้าที่ขดลวดของสเต็ปมอเตอร์ สถานะในการทำงานของ Q1 ถึง Q4 ถูกกำหนดโดยดีโค้ดเดอร์ (Decoder) ภายในไอซี 74139 ซึ่งตอบสนองการทำงานตามสัญญาณที่ขาอินพุทจากวงจรจะได้ว่าไอซี 7404 จะทำหน้าที่ควบคุมเฉพาะทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิด NPN ในวงจรบริดจ์ สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จะถูกขับโดยผ่านทางไอซี 7406 ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์แบบเอาต์พุทชนิดคอลเล็กเตอร์เปิด 6 ตัวในตัวเดียว มีหน้าที่ 2 ประการ คือ ประการแรกทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนระดับแรงดันสัญญาณควบคุมสัญญาณจากเอาต์พุทของไอซี 7404 จาก 5 โวลต์ (ระดับ TTL) ให้เป็น 12 โวลต์ ในวงจรบริดจ์ ประการที่สองคือ ทำหน้าที่เป็นตัวกลับสถานะของสัญญาณอีกครั้งหนึ่งเพื่อไบแอส (Bias) ให้กลับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ส่วนทรานซิสเตอร์ Q5 ถึง Q8 จะทำงานเหมือนกับการทำงานของ Q1ถึง Q4 ที่กล่าวไปแล้ว

4.5 ชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

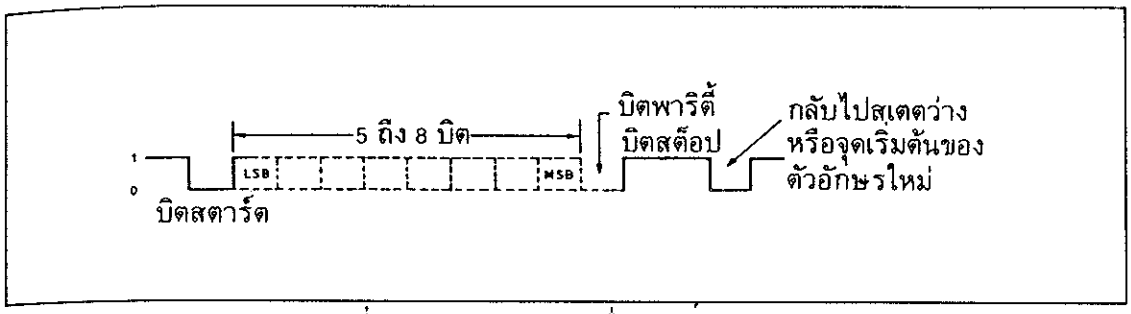
ส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ตอนุกรมในมาตรฐานของ RS-232 ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสื่อกลางในการรับส่งข้อมูล เพื่อให้คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกสามารถติดต่อถึงกันได้ ซึ่งในการเชื่อมต่อสามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ การเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตขนาน และการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัสตามมาตรฐานของ RS-232 ซึ่งเป็นวิธีที่นำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์

4.5.1 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารแบบนี้จะประกอบไปด้วย บิตเริ่มหรือบิตสตาร์ท (Start Bit) และบิตสิ้นสุดหรือบิตสต็อป (Stop Bit) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 4.4 รูปแบบของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

ขณะที่สถานะของการส่งเป็นแบบว่างหรือไอเดิล (Idle) คือ ยังไม่มีสัญญาณส่งออกมา จะมีสัญญาณหรือมีแรงดันตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังคงติดต่ออยู่กับฝ่ายส่ง ฝ่ายส่งจะเริ่มส่งข้อมูลบอกจุดเริ่มต้น สัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น " 0 " หนึ่งช่วงสัญญาณนาฬิกา บิตนี้เรียกว่า บิตสตาร์ท ข้อมูลหนึ่งตัวอักษรที่ตามหลังบิตสตาร์ทนั้นจะมีขนาดตั้งแต่ 5 บิต จนถึง 8 บิต โดยบิตที่มีค่าน้อยที่สุด (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนและไล่ไปจนถึงบิตที่มีค่ามากที่สุด (MSB) ซึ่งส่วนมากการเข้ารหัสอักขระนี้จะนิยมใช้รหัสแอสกี (ASCII Code)

4.5.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อ RS-232

ความจำเป็นที่ต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่นภายนอก และควรใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรม แต่เนื่องมาจากการออกแบบวงจรที่ถูกต้องมีหลายวิธี ทำให้เกิดวงจรเชื่อมต่อขึ้นมาได้หลายแบบ และความหลากหลายนี้ได้ทำให้เกิดปัญหากับวงจรเชื่อมต่อคือ ความสอดคล้อง (Compatible) กับอุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความจำเป็นที่ต้องมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูล ห้องวิจัย Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดตั้งมาตรฐาน EIA RS-232 ต่อมาได้มีการปรับปรุงให้เป็น RS-232-D การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เทอร์มินัลและอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนข้อมูลไบนารีแบบอนุกรม (Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communications Equipment Employing Serial Binary Data Interchange) การเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินัล (Data Communication Equipment หรือ DCE) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ได้แก่

1) คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ (Electrical Signal Characteristic)

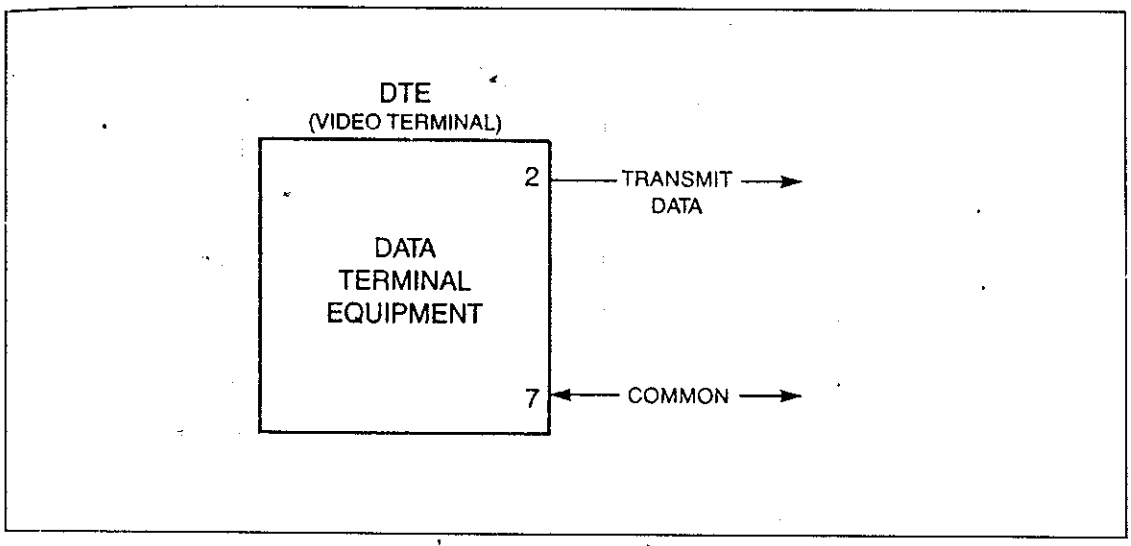
2) คุณสมบัติทางกลไกการเชื่อมต่อ (Interface Mechanism Characteristics)

3) หน้าที่การทำงานวงจรแลกเปลี่ยน (Functional Description of Mechanism Characteristics)

4) มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบการสื่อสารเฉพาะอย่าง (Standard Interface for Selected Communication System Configurations)

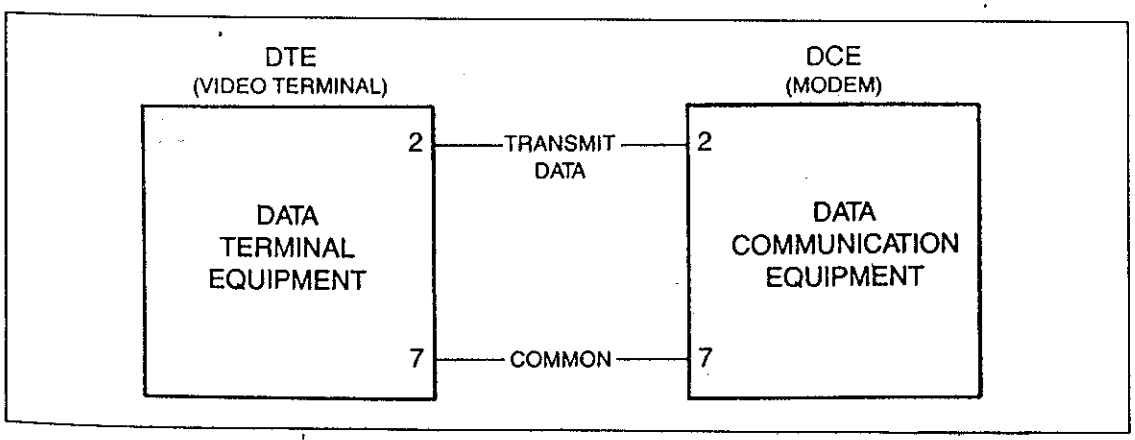
4. 5.3 พื้นฐานการเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อ RS-232 จะประกอบด้วยสายไฟเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งใช้สำหรับการส่งข้อมูล และอีกเส้นเป็นเส้นสำหรับอ้างอิงระดับแรงดันของวงจรเชื่อมต่อ ในของส่วนแรงดันอ้างอิงนี้มักมีผู้เข้าใจผิดว่าเป็นสิ่งเดียวกับกราวนด์ (Ground) แท้จริงแล้ววงจรเชื่อมต่อใช้สิ่งนี้เพื่ออ้างอิงระดับแรงดันของวงจร จำไว้ว่าขาอ้างอิงแรงดัน (ขา 7) ในวงจรเชื่อมต่อเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้



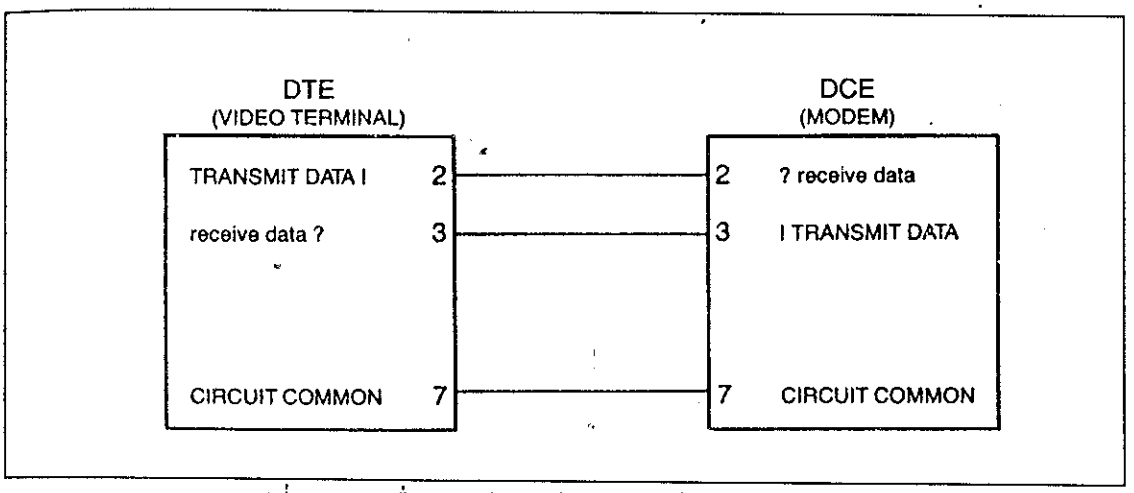
รูปที่ 4.5 แสดงอุปกรณ์ DTE

จากรูปที่ 4.5 เป็นตัวเลขที่แสดงอยู่ภายในอุปกรณ์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงหมายเลขขาของตัวคอนเน็กเตอร์ของอุปกรณ์ส่งข้อมูล หมายถึงการส่งข้อมูลออกจากตัวส่ง (Transmitter) ไปยังตัวรับ (Receiver) ในรูปที่ 4.6 สมมติให้ส่วนรับข้อมูลเป็นอุปกรณ์ DCE ซึ่งก็คือโมเด็ม (Modem)



รูปที่ 4.6 การรับส่งข้อมูลด้วยอุปกรณ์ DTE และ DCE

ในรูปที่ 4.7 แสดงถึงข้อมูลที่ส่งออกไปจากขา 2 ของอุปกรณ์ DTE ซึ่งเป็นข้อมูลตัวเดียวกับข้อมูลที่รับเข้ามาทางขา 2 ของอุปกรณ์ DCE โดยถือว่าสัญญาณนี้เป็นกิจกรรมทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขบวนการเชื่อมต่อ (" อินพุท " จะถูกแทนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับด้วยเครื่องหมาย (?) และ "เอาต์พุท" แทนด้วยอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับด้วยเครื่องหมาย (!))



รูปที่ 4.7 การเชื่อมต่อข้อมูลด้วยอุปกรณ์ DTE และ DCE

การเชื่อมต่อไม่ว่าจะง่ายหรือซับซ้อนเพียงใด จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบทิศทางของสัญญาณข้อมูลที่ขา 2 และขา 3 เป็นอันดับแรก

4.5.4 การแฮนด์เชค (Handshaking)

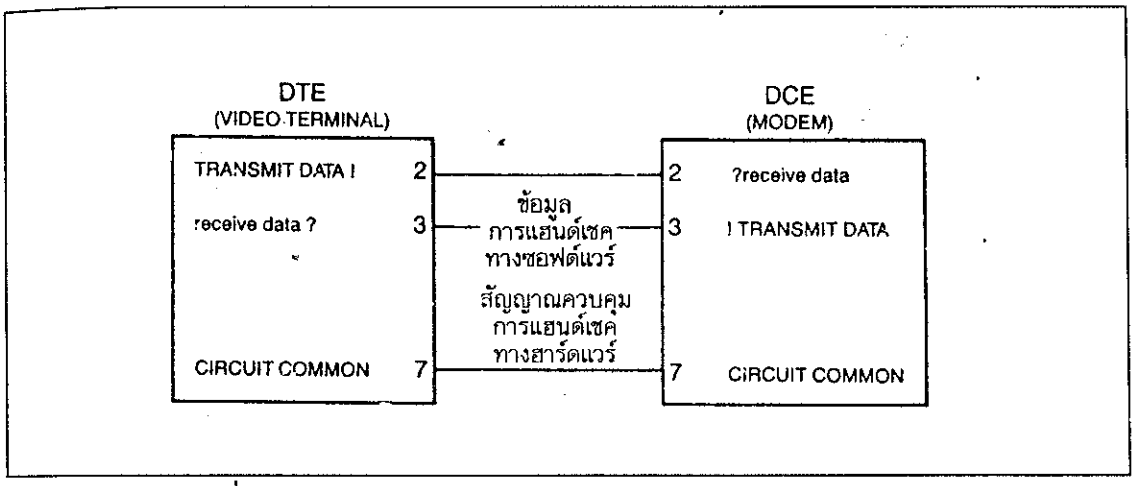
กระบวนการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สองตัวให้สัมพันธ์กัน ในการรับส่งข้อมูลในช่วงเวลาและใช้สัญญาณที่เหมาะสม ซึ่งก็คือกระบวนการแฮนด์เชค แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์ (Software Handshaking) เป็นวิธีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับข้อมูล โดยผ่านสัญญาณควบคุมไปพร้อมกับตัวข้อมูลที่ต้องการส่ง

2) การแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Handshaking) เป็นวิธีการควบคุมการทำงานโดยใช้การเปลี่ยนระดับแรงดันในสายสัญญาณควบคุม เป็นตัวระงับไม่ให้คอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูล เป็นการหลีกเลี่ยงการใช้รหัสหรือโปรแกรมการแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์มีข้อจำกัดคือ ต้องมีสายสัญญาณควบคุมต่างหาก

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงว่า สัญญาณการเชื่อมต่อได้ถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมสัญญาณข้อมูล โดยสัญญาณข้อมูลคือ สัญญาณที่เป็นอักษรข้อมูล หรือข้อความที่ต้องการรับส่งจริง ส่วนสัญญาณควบคุมจะหมายถึง สัญญาณอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด

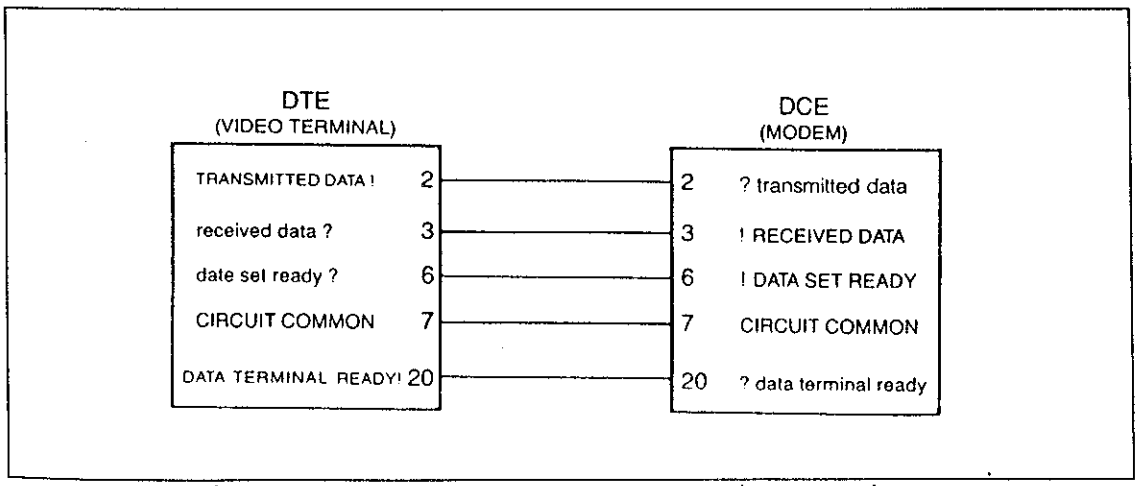
การแฮนด์เชคระหว่างโมเด็มและเทอร์มินัลโดยตรวจจับแรงดันไฟฟ้าของอีกอุปกรณ์เป็นเพียงวิธีการหนึ่งตามมาตรฐานการเชื่อมต่อของ RS-232 โดยที่สัญญาณข้อมูลและสัญญาณการแฮนด์เชคที่ปรากฏอยู่ก็ยังเป็นมาตรฐานสากล ซึ่ง " DATA SET " ที่ใช้กันทั่วไปก็เป็นเพียงอีกชื่อเรียกของโมเด็ม



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุม

จากรูปที่ 4.9 เป็นตัวอย่างการใช้ชื่อมาตรฐานในการเขียนวงจร แต่ละสัญญาณมีตัวย่อคือ

TRANSMITTED DATA	TD หรือ TxD
RECEIVED DATA	RD หรือ RxD
DATA TERMINAL READY	DTR
DATA SET READY	DSR



รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างของมาตรฐานของสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

4.5.5 ความสอดคล้องกับ RS-232

ในขณะที่สัญญาณที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน RS-232 ได้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในวงการคอมพิวเตอร์ แต่ก็มีสัญญาณบางส่วนถูกนำไปกระยุกต์ดัดแปลงในการใช้งานจนไม่สามารถสอดคล้องกับมาตรฐาน RS-232 คุณสมบัติทางไฟฟ้า (ระดับแรงดัน) การเชื่อมต่อได้รับการรับรองถ้าอุปกรณ์นั้นถูกอ้างว่าสอดคล้องกับ RS-232 โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ทั้งคู่ ซึ่งเงื่อนไขนี้ช่วยให้มั่นใจได้ว่าอุปกรณ์ทั้งคู่มีระบบไฟฟ้าที่ทำงานด้วยกันได้ โดยที่จะไม่ทำให้เกิดความบกพร่องในการรับส่งข้อมูล

คุณสมบัติเบื้องต้นของ RS-232

1) ข้อมูลจะมีรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทางคอนเน็กเตอร์ขา 2 และ 3

2) การแฮนด์เชคทางซอฟต์แวร์เป็นการผนวกอักษรควบคุมการรับส่งข้อมูลเข้ากับชุดของข้อมูลที่ต้องการส่ง

3) การแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์เป็นการผ่านสัญญาณควบคุมไปตามสายเคเบิล ที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองโดยจะต่อขาเอาต์พุท (!) เข้ากับขาอินพุท (?)

4) ถึงแม้ว่าชื่อสัญญาณและหมายเลขประจำขาของคอนเน็กเตอร์สำหรับการเชื่อมต่อของ DTE และ DCE จะเหมือนกันแต่ทำหน้าที่ตรงข้ามกัน

จากมาตรฐาน RS-232 ที่กล่าวมาข้างต้นในการออกแบบนี้จะใช้การติดต่อโดยผ่านทางขา Tx Rx และกราวนด์ ส่วนขาต่ออุปกรณ์อื่นๆ เช่น DATA TERMINAL READY หรือ DATA SET READY ยังไม่มีความจำเป็นที่ต้องนำมาประยุกต์ใช้

ในการออกแบบวงจรนี้สามารถแสดงเป็นวงจรรวมได้ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

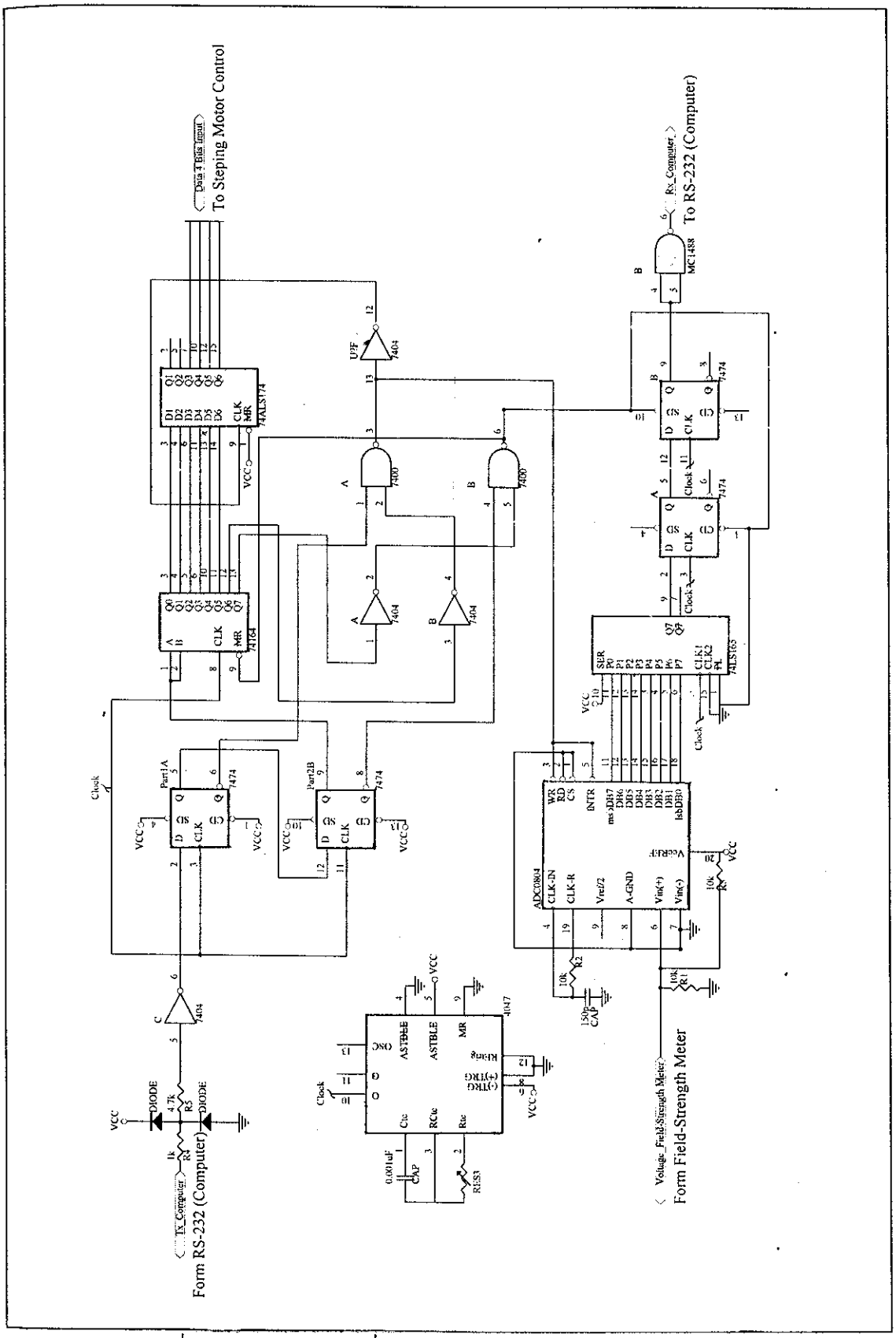
1) ชุดรับค่าจากคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

2) ชุดรับค่าจากภาควัดระดับความเข้มของสัญญาณ เพื่อส่งเข้าคอมพิวเตอร์

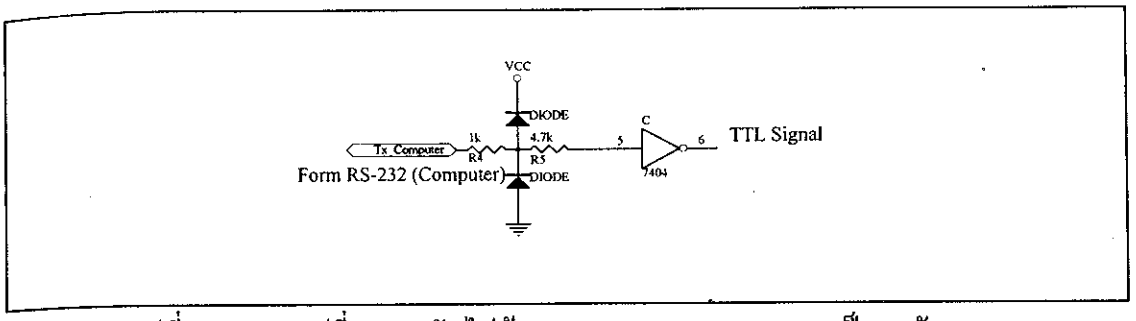
3) สัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงาน

4.5.6 ชุดรับค่าจากคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

ในส่วนที่จะทำการรับค่าจากคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรม โดยสัญญาณที่ได้จะมีระดับของแรงดันไฟฟ้า ± 12 V ตามมาตรฐานของ RS-232 นำไปผ่านวงจรรูป 4.11 จะได้เอาท์พุทเป็นแรงดันในระดับ TTL ซึ่งรูปแบบของข้อมูลที่ได้จะเป็นไปตามหลักการของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสที่ประกอบด้วย บิตเริ่มต้นข้อมูลขนาด 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส



รูปที่ 4.11 วงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐานของ RS-232 เป็นระดับ TTL

จากนั้นข้อมูลจะถูกนำมาผ่านขั้นตอนการแปลงสัญญาณให้ได้ข้อมูลแบบขนาน 4 บิต เพื่อใช้ในการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ ดังรูป 4.12

จากรูปที่ 4.12 ที่ขา 5 และ 9 จะเป็นการเลื่อนข้อมูลโดยผ่านดีฟลิปฟลอป (IC 7474) ส่วนขาที่ 3 4 5 6 10 11 12 และ 13 ของชิพรีจิสเตอร์ 74164 จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณแบบอนุกรมเป็นสัญญาณแบบขนาน

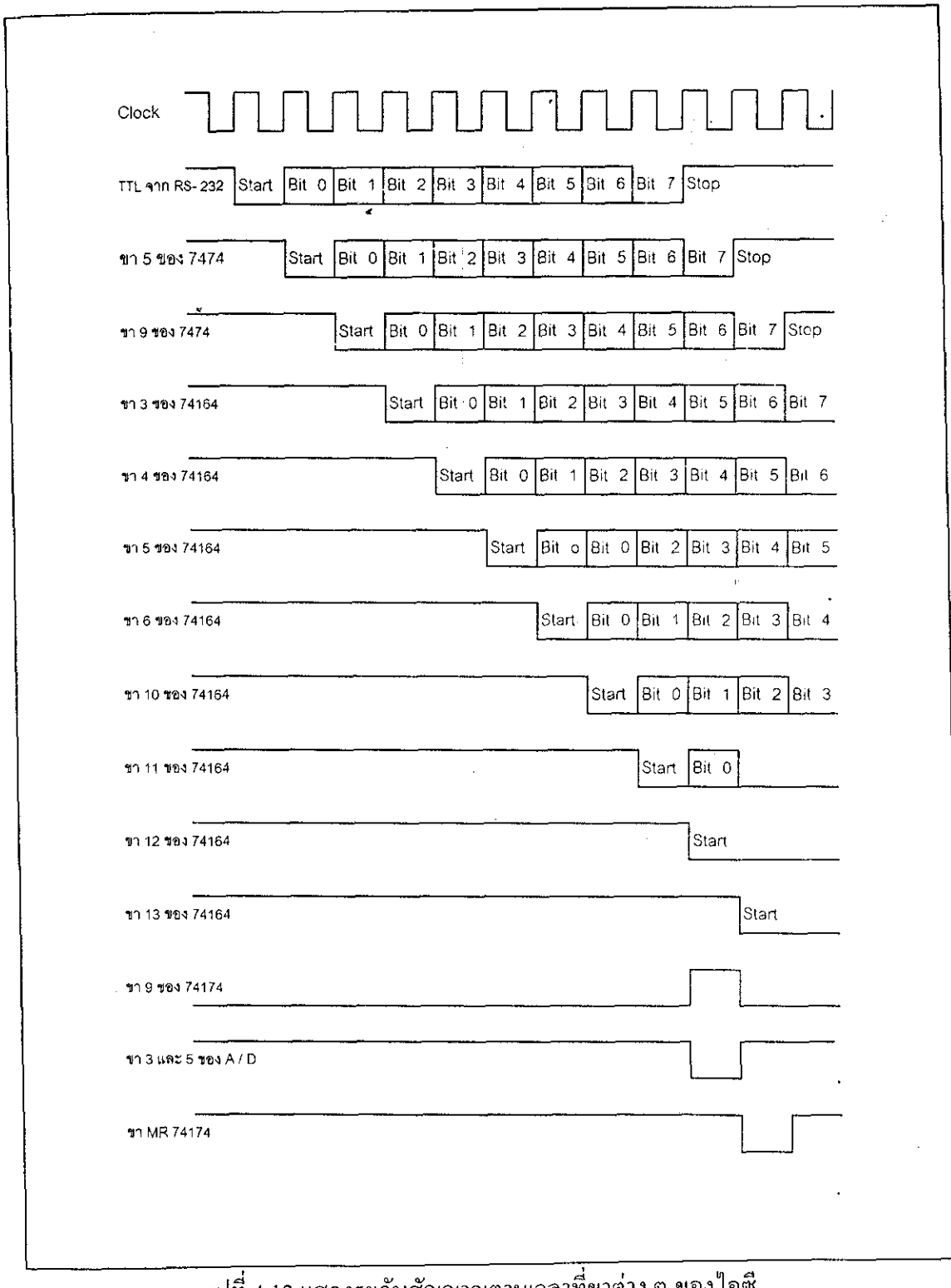
เมื่อบิตสตาร์ทเลื่อนมาถึง Q6 ข้อมูลบิตที่ 7 ซึ่งถูกกำหนดให้มีค่า " 0 " จากโปรแกรมจะถูกเลื่อนมาที่ดีฟลิปฟลอปตัวที่ 1 จากนั้นนำข้อมูลจาก Q6 และดีฟลิปฟลอปตัวที่ 1 มาจัดกลุ่มใหม่ ข้อมูลใหม่จะปรากฏที่ขา 9 (Clock) ของ IC 74174 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้โหลดข้อมูลจาก Q0 Q1 Q2 Q3 Q4 และ Q5 ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นแบบขนานออกไปยังชุดควบคุมการหมุนต่อไป ส่วนข้อมูลที่ออกจาก 7400 (ขา 3) จะไปกระตุ้นให้ A/D ในชุดแปลงสัญญาณทำงาน

หลังจากนั้น เมื่อบิตสตาร์ทเลื่อนมาถึง Q7 ข้อมูลบิตที่ 7 ซึ่งมีค่าเป็น " 0 " จะถูกเลื่อนมาที่ดีฟลิปฟลอปตัวที่ 2 จากนั้นนำสัญญาณที่ได้มาจัดกลุ่มอีกครั้ง ข้อมูลที่ได้จาก IC 7400 (ขา 6) ซึ่งมีค่า " 0 " จะนำไปกระตุ้นขา MR ของ 74164 ให้ทำการเคลียร์ข้อมูลที่อยู่ในชิฟรีจีสเตอร์ทั้งหมดให้เป็น " 0 " แล้วจึงทำการรอรับข้อมูลใหม่ในขั้นตอนที่ 1 และข้อมูล " 0 " ที่ได้จาก 7400 นี้ ยังไปกระตุ้นให้ชุดแปลงสัญญาณทำการโหลดข้อมูลไปยังพอร์ต RS-232

4.5.7 ชุดรับค่าจากภาควัดระดับความเข้มของสัญญาณ เพื่อส่งเข้าคอมพิวเตอร์

เป็นการรับสัญญาณจากภาควัดระดับความเข้มของสัญญาณ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกผ่านไอซี 0804 (A/D) เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล 8 บิต แล้วส่งสัญญาณให้กับไอซี 74165 ซึ่งเป็นชิฟต์รีจิสเตอร์เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลแบบขนาน 8 บิต ส่งออกเอาต์พุทเป็นแบบอนุกรมตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกา โดยส่งข้อมูลเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส จะต้องส่งบิตเริ่มต้นพร้อมบิตสุดท้ายออกไปพร้อมกับข้อมูลด้วย โดยบิตเริ่มต้นจะกำหนดจากไอซี 7474 (ส่วนที่ 1) ส่วนบิตปิดท้ายจะถูกกำหนดด้วยไอซี 7474 (ส่วนที่ 2) โดยขาสัญญาณขาเข้าแบบอนุกรม (Serial Input) ของไอซี 74165 จะถูกต่อไว้ให้เป็นลอจิก " 1 " ดังนั้นถ้า

ไม่มีการส่งข้อมูลจาก A/D แล้วข้อมูลจากสัญญาณขาเข้าแบบอนุกรม (Serial Input) จะถูกส่งไปยังเอาต์พุทเสมือนว่าเป็นการส่งบิตสุดท้ายออกไปนั่นเอง



รูปที่ 4.12 แสดงระดับสัญญาณตามเวลาที่ขาต่าง ๆ ของไอซี

เมื่อ A/D ได้แปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลเรียบร้อยแล้วจะส่งสัญญาณ INTR ออกไปให้กับขา WR A/D จะส่งสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิตไปยังไอซี 74165 โดยอัตโนมัติ และสัญญาณ INTR นี้จะถูกส่งไปยังขาโหลดของไอซี 74165 เพื่อให้ไอซี 74165 รับข้อมูลมาเก็บไว้ที่ชิฟต์รีจิสเตอร์และสัญญาณ INTR ก็ยังส่งไปเป็นสัญญาณ CLR และ SET ให้กับไอซี 7474 ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ตามลำดับ เพื่อกำหนดบิตเริ่มต้นและบิตสุดท้ายของการส่งข้อมูล หลังจากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปยกระดับแรงดันตามมาตรฐาน RS 232 โดยใช้ไอซี 1488 แล้วจึงส่งให้คอมพิวเตอร์

4.5.8 สัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงาน

ส่วนนี้ใช้สำหรับการกำหนดอัตราบอร์ดหรืออัตราการส่งข้อมูล เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้ไอซี 7404 ซึ่งทำงานในลักษณะของวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable-Multivibrator) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับชิฟต์รีจิสเตอร์ขนาด 10 ช่อง ตัวเก็บประจุขนาด 0.001 ไมโครฟารัดและตัวต้านทานปรับค่าได้ ทำหน้าที่ปรับความถี่ซึ่งสามารถปรับได้ตามความถี่ที่ต้องการ สำหรับวงจรนี้จะใช้ความถี่ 1200 เฮิรตซ์

4.6 สรุป

จากการออกแบบโปรแกรมและเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ พบว่าในส่วนของการออกแบบโปรแกรมนั้นมีหลายขั้นตอนก่อนที่จะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถนำไปใช้งานได้ ในส่วนของเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นมีอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ชุด โดยชุดแรกจะเป็นชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณ ในชุดนี้จะประกอบด้วยวงจรรีโซแนนซ์ เพื่อรับสัญญาณจากสายอากาศมาอยู่ในรูปไฟกระแสสลับ รวมทั้งวงจรเรียงกระแสและขยายสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณไฟกระแสตรง ส่วนชุดที่สองเป็นชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่างๆ ในชุดนี้จะเป็นวงจรขับแบบบริดจ์ทำหน้าที่เสมือนสวิตซ์เปิดปิด รวมทั้งเพิ่มระดับแรงดันเพื่อใช้ในการขับสเตปปิ้งมอเตอร์ และในส่วนที่สามจะเป็นชุดเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ในส่วนนี้จะทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล รวมทั้งการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก เพื่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น จากนั้นจะทำการสร้างวงจรส่วนต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เพื่อทดสอบการทำงานของวงจรนั้นว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ โดยจะสามารถศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรมและผลการทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นได้ในบทต่อไป

บทที่ 5
วิธีการใช้งานและผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

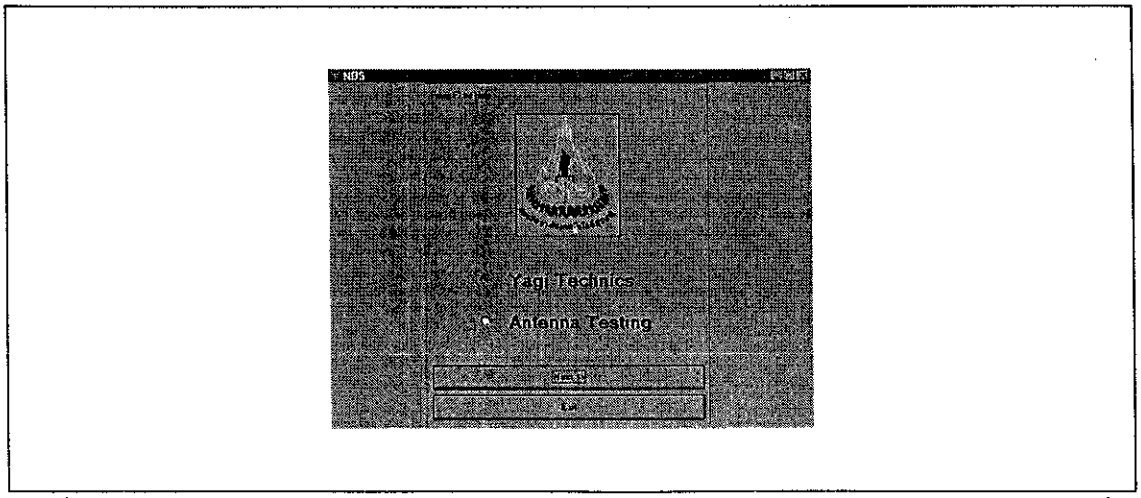
ในบทนี้ได้แบ่งการใช้งานเป็น 2 ส่วนคือในส่วนแรกได้กล่าวถึงการใช้งานโปรแกรมที่ใช้คำนวณขนาดสายอากาศยากิรวมทั้งการทำแมทช์ชิ่ง และได้นำผลการออกแบบสายอากาศยากิจากหนังสือของ ARRL (American Radio Relay League) มาเปรียบเทียบผล ในส่วนที่สองเป็นการใช้งานโปรแกรมร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งโดยทำการติดต่อกับเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศโดยได้นำเอาผลจากเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการสายอากาศของ Lucas-Nulle™ มาพิจารณาประกอบ

5.2 วิธีการใช้งานโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและการทำแมทช์ชิ่ง

เมื่อเริ่มต้นการใช้โปรแกรมจอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.1 และมีทางเลือก 2 ทางเลือก คือ ทางเลือกแรกจะเป็นการเข้าไปสู่โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิและวิธีการทำแมทช์ชิ่ง ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกเป็นสองส่วน คือส่วนโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ และส่วนของการทำแมทช์ชิ่งดังรูปที่ 5.2 ทางเลือกที่สองจะเป็นการเข้าสู่โปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

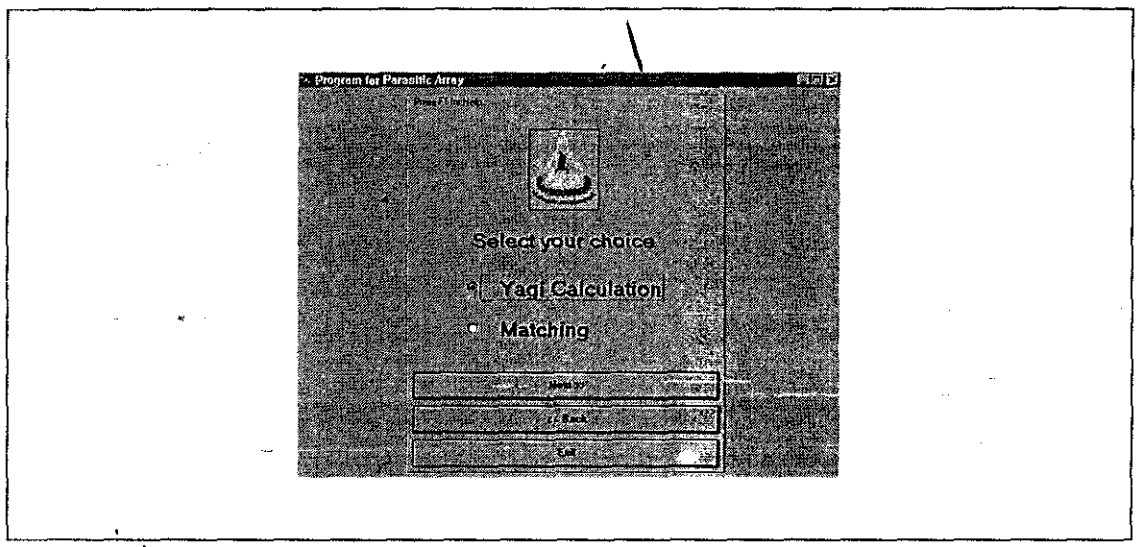
5.2.1 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ

การเข้าสู่โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิจะเริ่มจากรูปที่ 5.1 โดยเลือกทางเลือกแรก จากนั้นจอภาพจะแสดงได้ดังรูปที่ 5.2



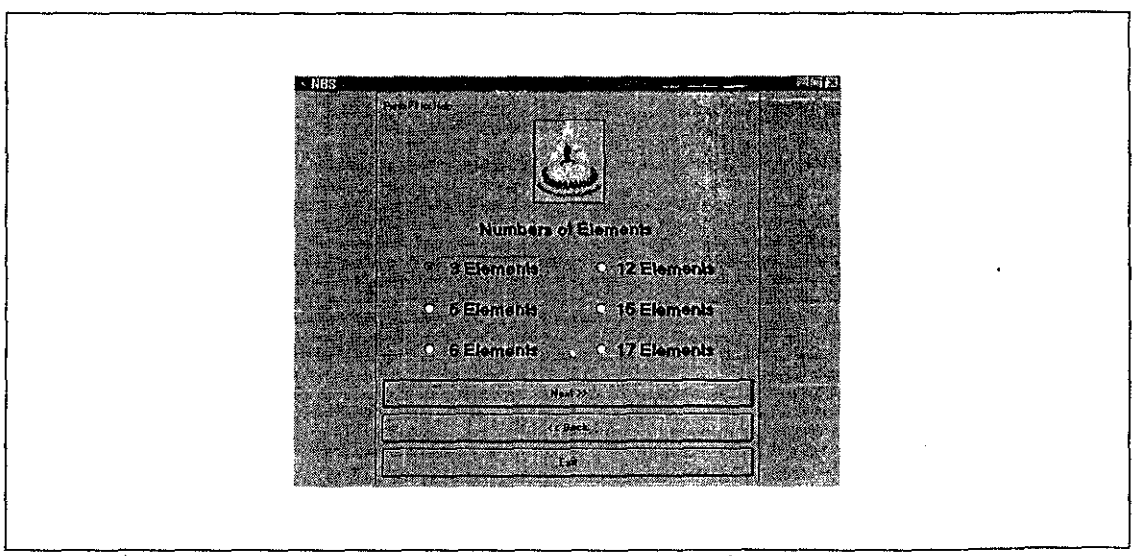
รูปที่ 5.1 จอภาพแสดงทางเลือกการเข้าสู่โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิและวิธีการแมทช์ชิ่งกับโปรแกรมติดต่ออุปกรณ์ภายนอกเพื่อวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ

เมื่อเลือกเข้าสู่โปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศและการวิธีการทำแมทช์ชิ่ง จอภาพแสดงดังรูปที่ 5.2 และมีทางเลือกย่อยที่จะเข้าสู่โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและโปรแกรมย่อยแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง ทำการเลือกทางเลือกแรก



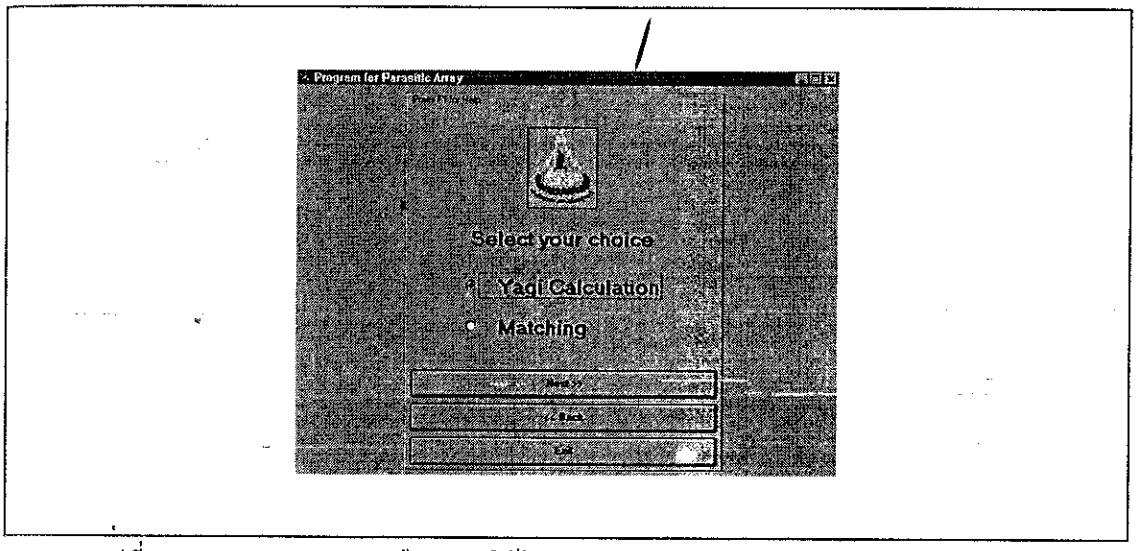
รูปที่ 5.2 จอภาพแสดงทางเลือกการใช้โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ และโปรแกรมแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิจอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.3 โดยจะต้องเลือกขนาดของสายอากาศยากิว่ามีจำนวนอีลีเมนต์เป็นจำนวนเท่าใด



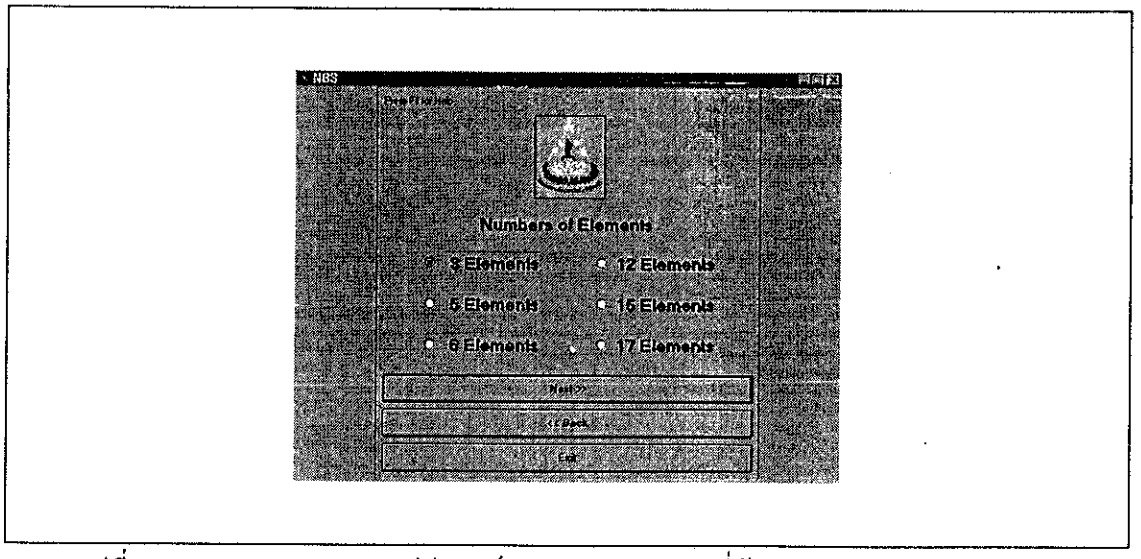
รูปที่ 5.3 จอภาพแสดงจำนวนอีลีเมนต์ของสายอากาศยากิที่ต้องการในโปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ

เมื่อเลือกเข้าสู่โปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศและการวิธีการทำแมทช์ชิ่ง จอภาพแสดงดังรูปที่ 5.2 และมีทางเลือกย่อยที่จะเข้าสู่โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและโปรแกรมย่อยแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง ทำการเลือกทางเลือกแรก



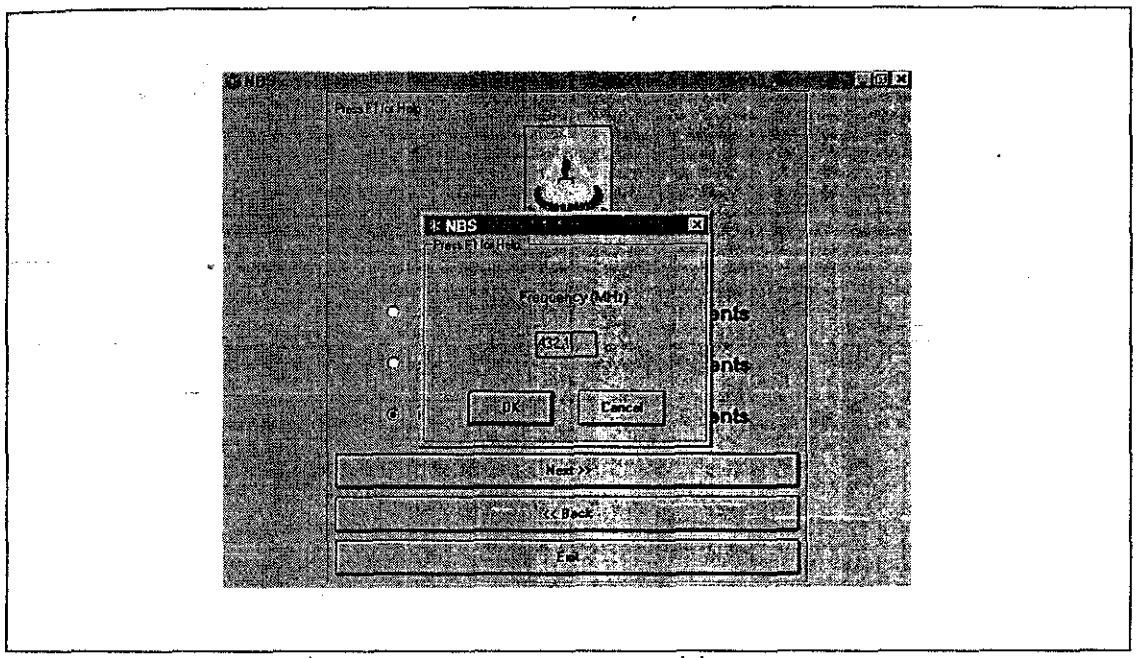
รูปที่ 5.2 จอภาพแสดงทางเลือกการใช้โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ และโปรแกรมแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง

เมื่อเข้าสู่โปรแกรมย่อยการคำนวณขนาดสายอากาศยากิจอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.3 โดยจะต้องเลือกขนาดของสายอากาศยากิว่ามีจำนวนอีลีเมนต์เป็นจำนวนเท่าใด

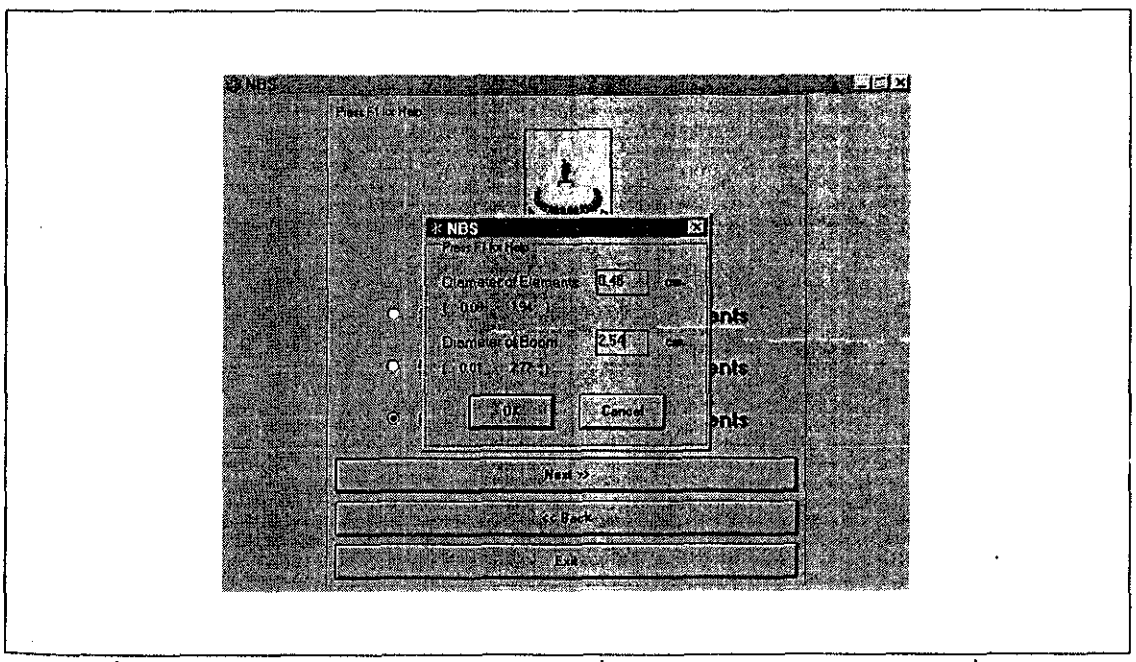


รูปที่ 5.3 จอภาพแสดงจำนวนอีลีเมนต์ของสายอากาศยากิที่ต้องการในโปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ

เมื่อเลือกจำนวนอีลีเมนต์แล้วจอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.4 ซึ่งต้องระบุความถี่ที่ต้องการใช้งาน จากนั้นจอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.5 เพื่อให้ระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบูมและอีลิเมนต์ โดยจะมีขอบเขตของกำหนดไว้ ในตัวอย่างนี้กำหนดเป็น 6 อีลีเมนต์ ความถี่ 432.1 MHz ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48 เซนติเมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54 เซนติเมตร

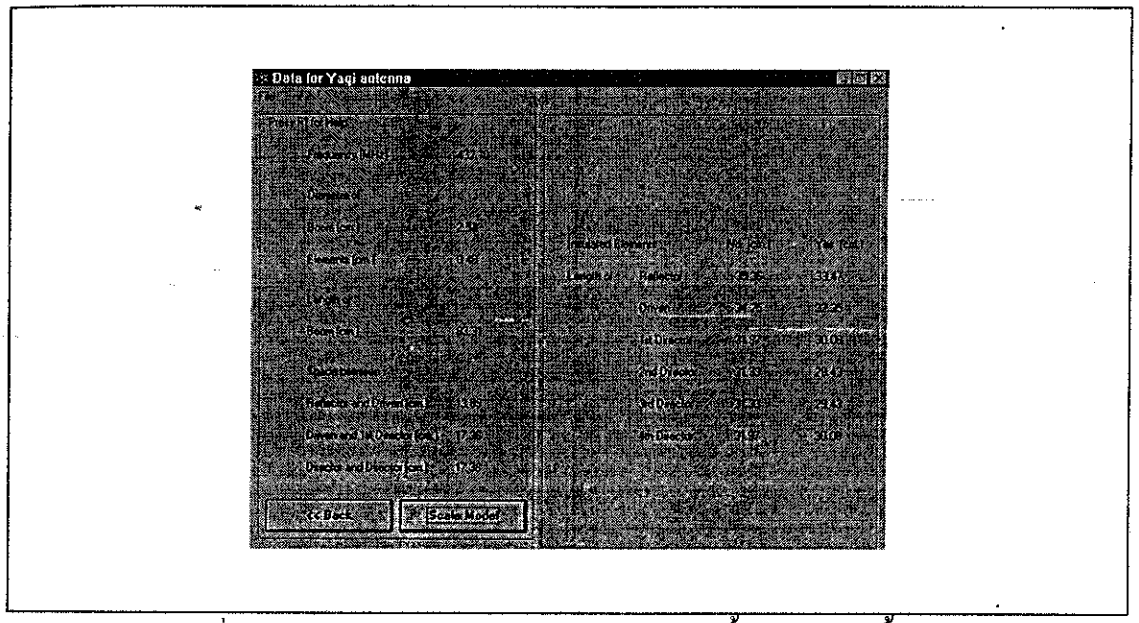


รูปที่ 5.4 จอภาพแสดงการระบุความถี่ที่ต้องการใช้งาน

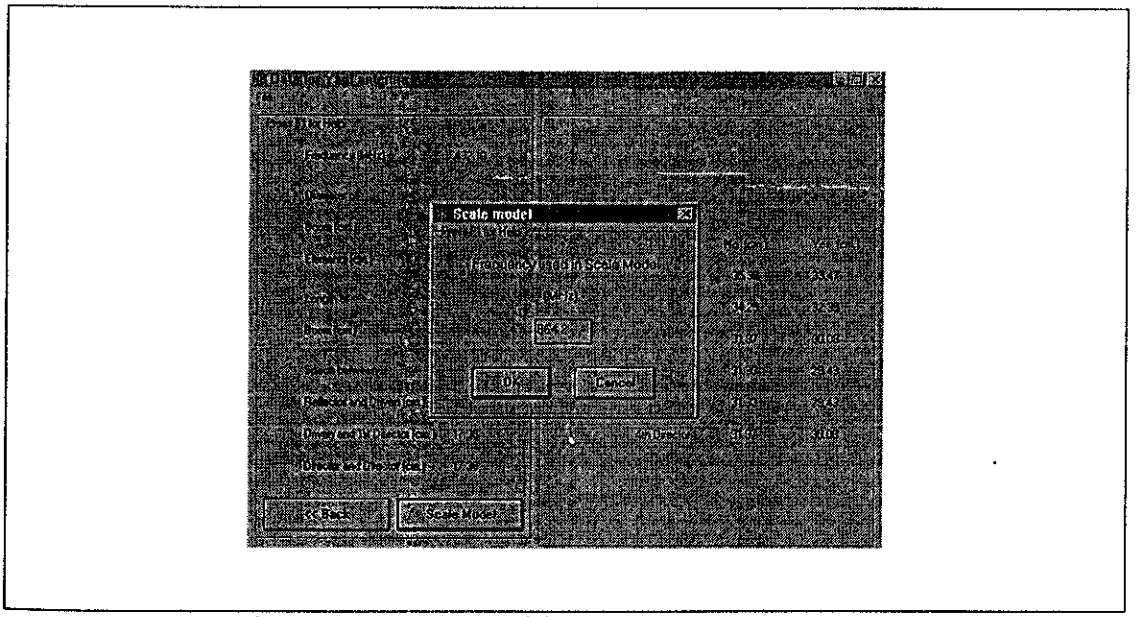


รูปที่ 5.5 จอภาพแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องระบุ แต่ต้องไม่เกินขอบเขตที่กำหนด

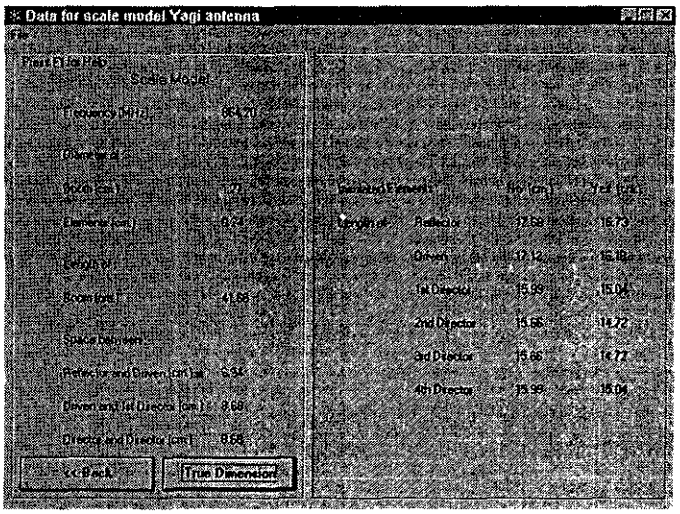
เมื่อทำการกำหนดค่าให้กับโปรแกรมแล้ว จอภาพจะแสดงขนาดของสายอากาศยากิและสรุปข้อมูลทั้งหมดไว้ดังรูปที่ 5.6 และถ้าต้องการทำการย่อส่วนสายอากาศสามารถทำได้โดยกดปุ่มการย่อส่วน (Scale Model) จอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.7 โดยต้องกำหนดค่าความถี่ที่ใช้ในสายอากาศที่ทำการย่อส่วน จอภาพจะแสดงผลขนาดของสายอากาศยากิที่ทำการย่อส่วนแล้วดังรูปที่ 5.8 ในตัวอย่างนี้จะใช้ความถี่ที่ใช้ในสายอากาศที่ทำการย่อส่วนเป็น 864.2 MHz



รูปที่ 5.6 จอภาพแสดงขนาดสายอากาศยากิพร้อมทั้งสรุปข้อมูลทั้งหมด



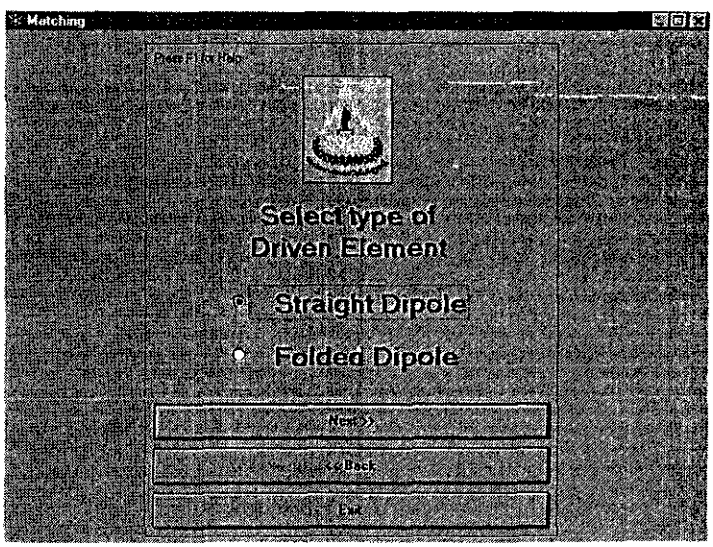
รูปที่ 5.7 จอภาพแสดงความถี่ที่ต้องกำหนดในการทำการย่อส่วน



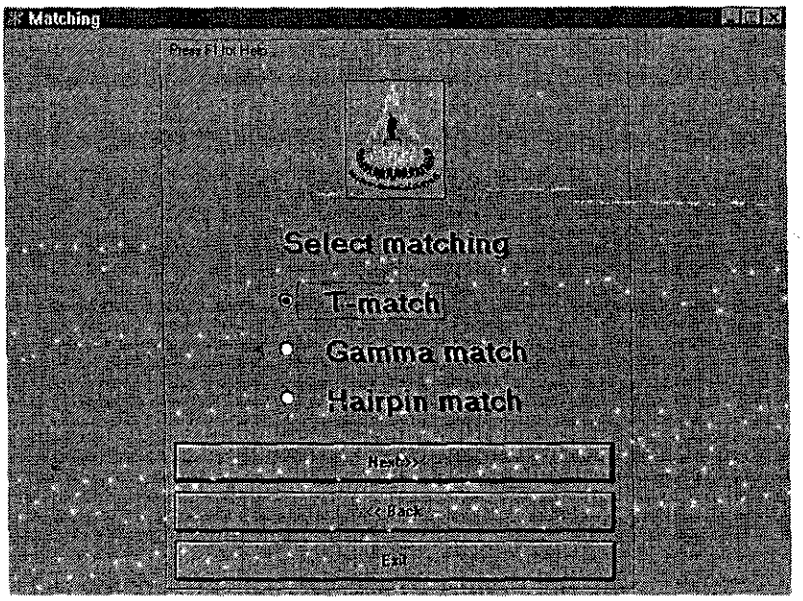
รูปที่ 5.8 จอภาพแสดงขนาดสายอากาศยากิที่ทำการย่อส่วนพร้อมทั้งสรุปข้อมูลทั้งหมด

5.2.2 การใช้โปรแกรมแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง

เริ่มจากรูปที่ 5.2 เมื่อทำการเลือกทางเลือกที่สอง จอภาพจะแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 โดยจะมีทางเลือกสำหรับชนิดของตัวไดโพล สำหรับตัวอย่างจะเลือกชนิดไดโพลเป็นชนิดแรกก่อน จอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.10

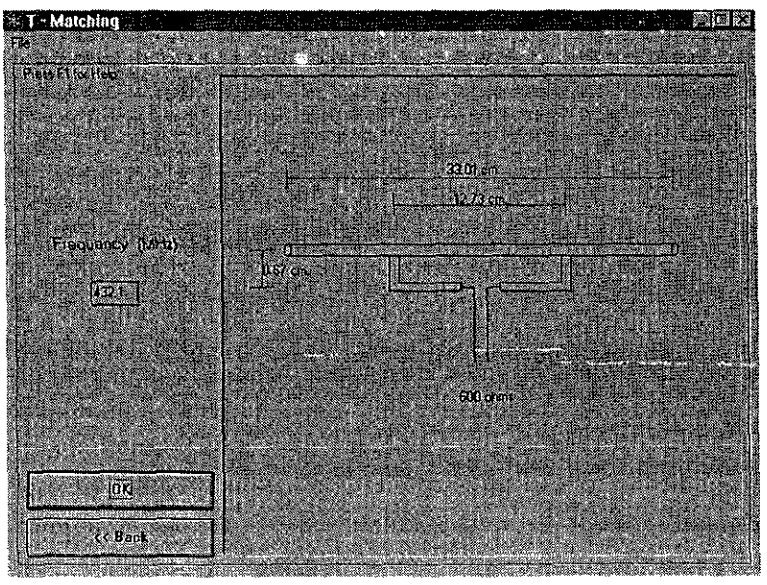


รูปที่ 5.9 จอภาพแสดงชนิดของตัวไดโพลที่ทำการแมทช์ชิ่งในโปรแกรมแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง



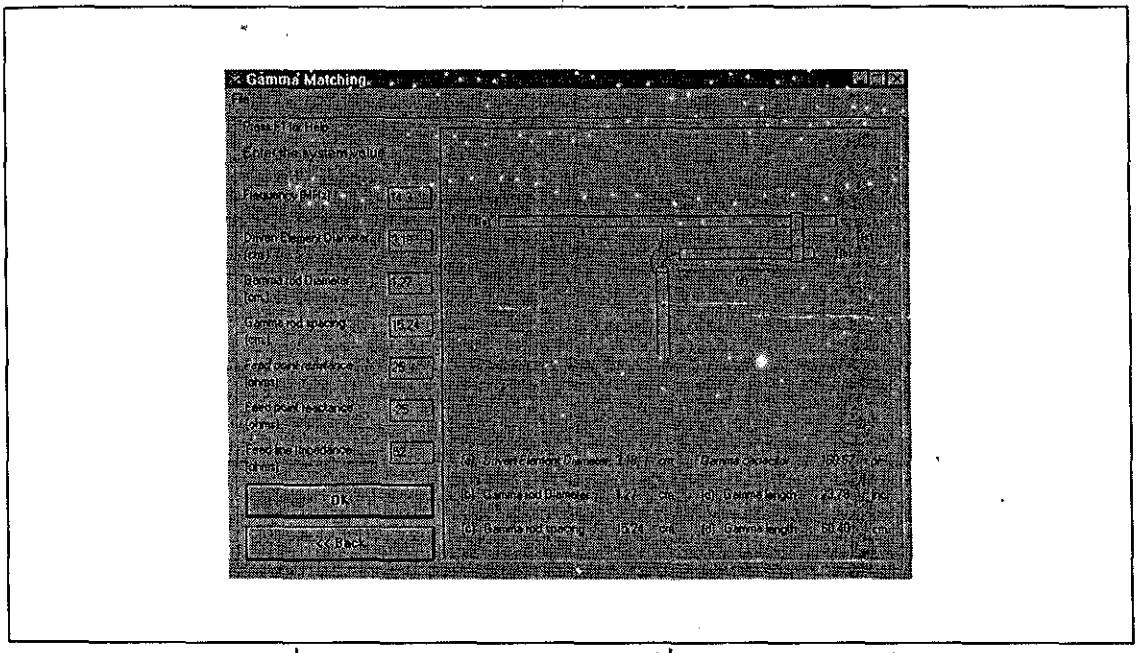
รูปที่ 5.10 จอภาพแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่งทั้ง 3 แบบ

ในรูปที่ 5.10 แสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่งทั้ง 3 วิธี เลือกการทำการแมทช์ชิ่งชนิดแรก จอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.11 ทั้งนี้ในตัวอย่างจะทำการแมทช์ที่ความถี่ 432.1 MHz



รูปที่ 5.11 จอภาพแสดงการทำการแมทช์ชิ่งแบบทีแมทช์

จากรูปที่ 5.10 เลือกวิธีการทำแมทช์ชิ่งแบบที่ 2 คือการทำแกมม่าแมทช์ จอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.12 โดยจะต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นดังนี้ ช่องแรกให้กำหนดความถี่ ในตัวอย่างกำหนดไว้ที่ 14.3 MHz ช่องที่สองกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์ ในตัวอย่างกำหนดเป็น 3.18 เซนติเมตร ช่องที่สามกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกมม่าร็อด ในตัวอย่างกำหนดเป็น 1.27 เซนติเมตร ช่องที่สี่กำหนดระยะห่างของแกมม่าร็อด ในตัวอย่างกำหนด 15.24 เซนติเมตร ช่องที่ห้ากำหนดค่าความต้านทานที่วัด ณ จุดนำสัญญาณ ในตัวอย่างกำหนดเป็น 25 โอห์ม ช่องที่หกกำหนดค่ารีแอคแตนซ์ที่วัด ณ จุดนำสัญญาณ ในตัวอย่างเป็น -25 โอห์ม ช่องที่เจ็ดกำหนดว่าจะทำการแมทช์กับสายนำสัญญาณชนิดกี่โอห์ม ในตัวอย่างเป็น 52 โอห์ม

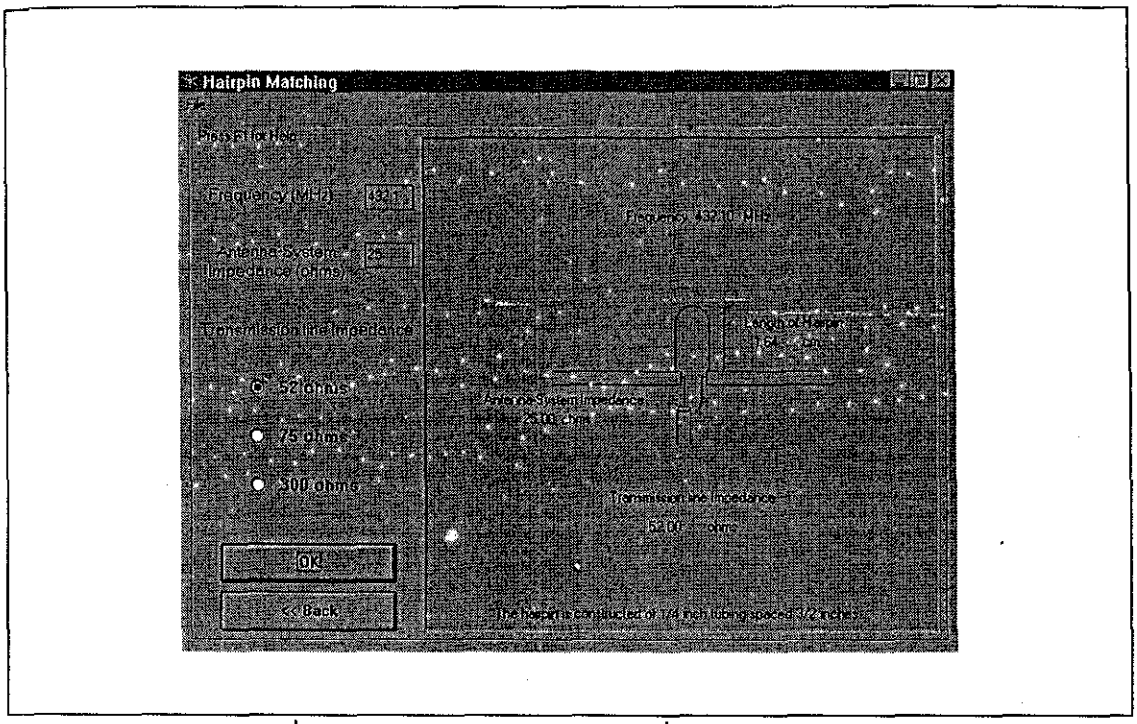


รูปที่ 5.12 จอภาพแสดงการทำแมทช์ชิ่งแบบแกมม่าแมทช์

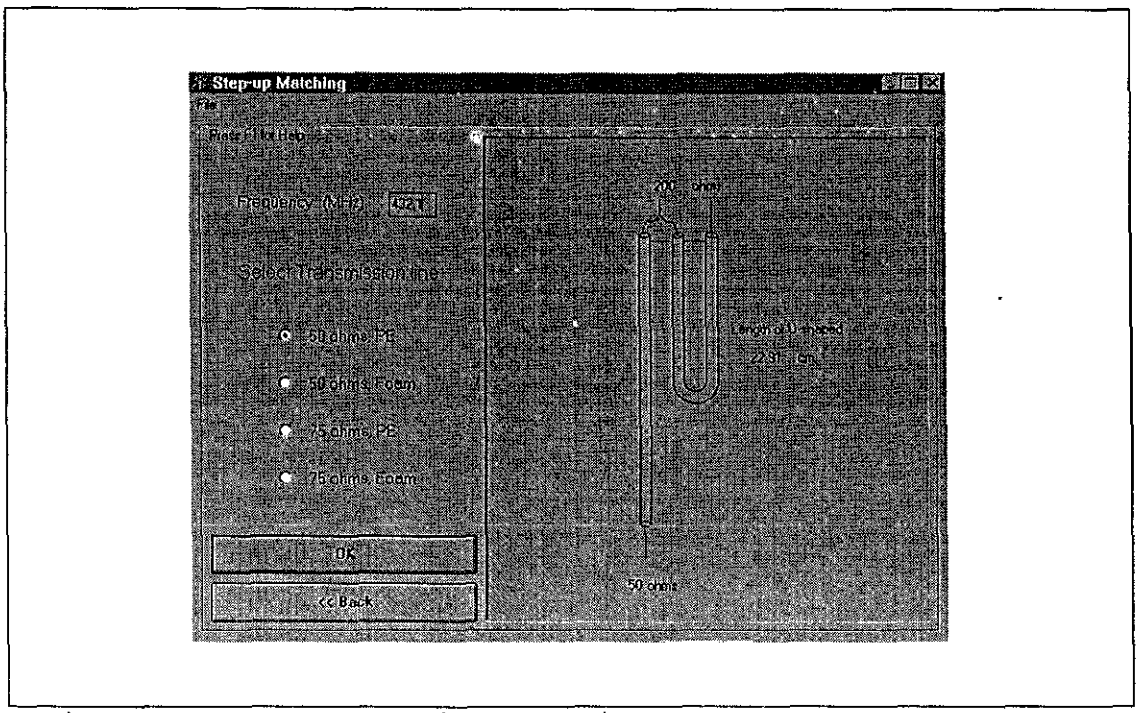
จากรูปที่ 5.10 เลือกการทำแมทช์ชิ่งวิธีที่ 3 คือการทำแมทช์ชิ่งแบบแฮร์พินแมทช์ จอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.13 ค่าที่ต้องกำหนดคือความถี่ที่ใช้งานและค่าอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ของสายอากาศ ในตัวอย่างจะกำหนดความถี่ที่ 432.1 MHz และค่าอิมพีแดนซ์ที่วัดได้เป็น 25 โอห์ม และทำการแมทช์กับสายนำสัญญาณ 52 โอห์ม

จากรูปที่ 5.9 เป็นการทำแมทช์ชิ่งวิธีสุดท้ายโดยใช้ตัวไดโพลเป็นชนิดที่สอง คือ เป็นชนิดไดโพลแบบห่วง การแมทช์โดยใช้ตัวไดโพลชนิดนี้ในโปรแกรมได้ใช้วิธีการแมทช์แบบบาลันยกค่าอิมพีแดนซ์ขึ้น 4 เท่า เมื่อทำการเลือกการแมทช์แบบนี้ จอภาพจะแสดงได้ดังรูปที่ 5.14 ค่าที่ต้อง

กำหนดจะมีค่าความถี่ที่ต้องการและเลือกชนิดของสายนำสัญญาณ ในตัวอย่างใช้ความถี่ 432.1 MHz สายนำสัญญาณชนิด 50 โอห์มหุ้มฉนวนชนิดโพลิเอธิลีน (Polyethelene)



รูปที่ 5.13 จอภาพแสดงการทำแมทช์ชิ่งแบบแฮร์พินแมทช์



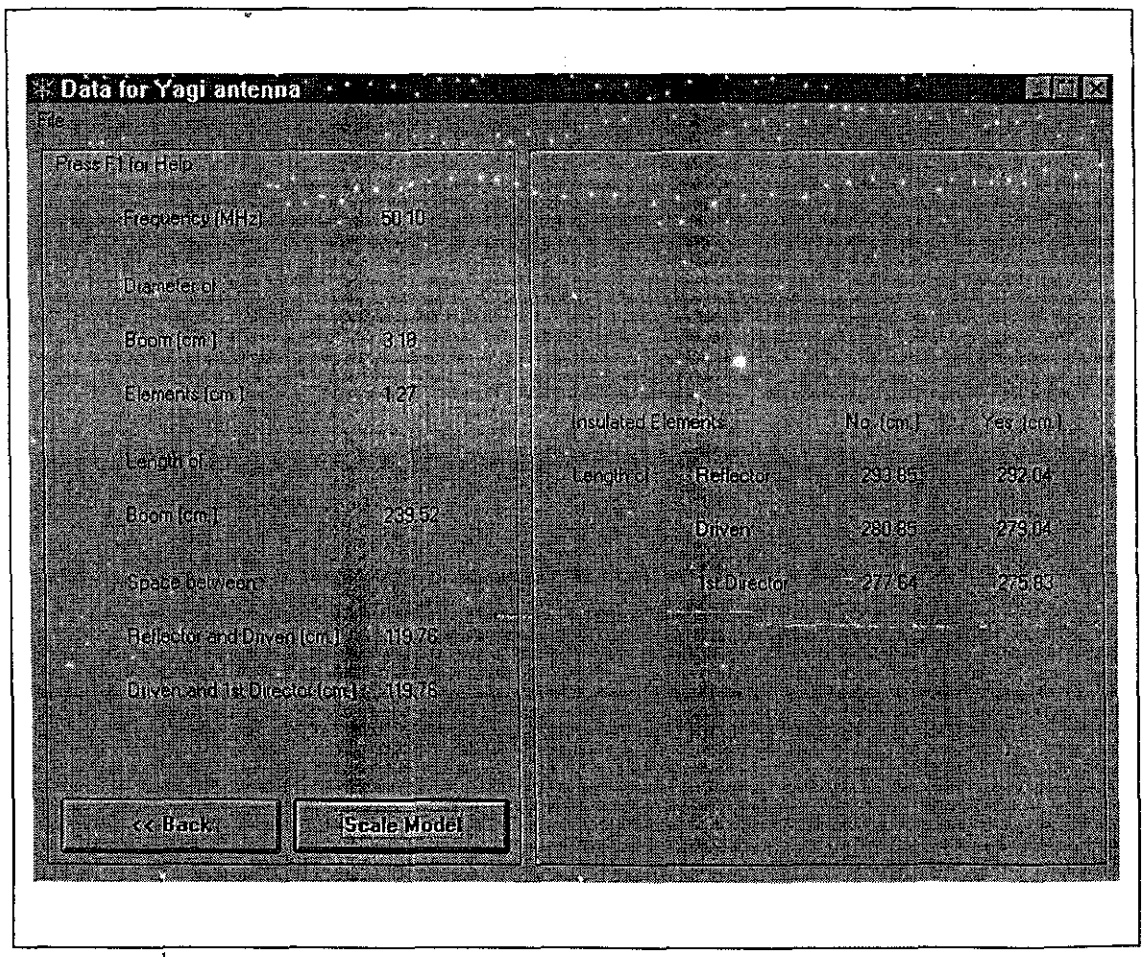
รูปที่ 5.14 จอภาพแสดงการทำแมทช์ชิ่งแบบบาลันเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ 4 เท่าสำหรับไดโพลแบบห่วง

5.3 ผลการทดลองการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ

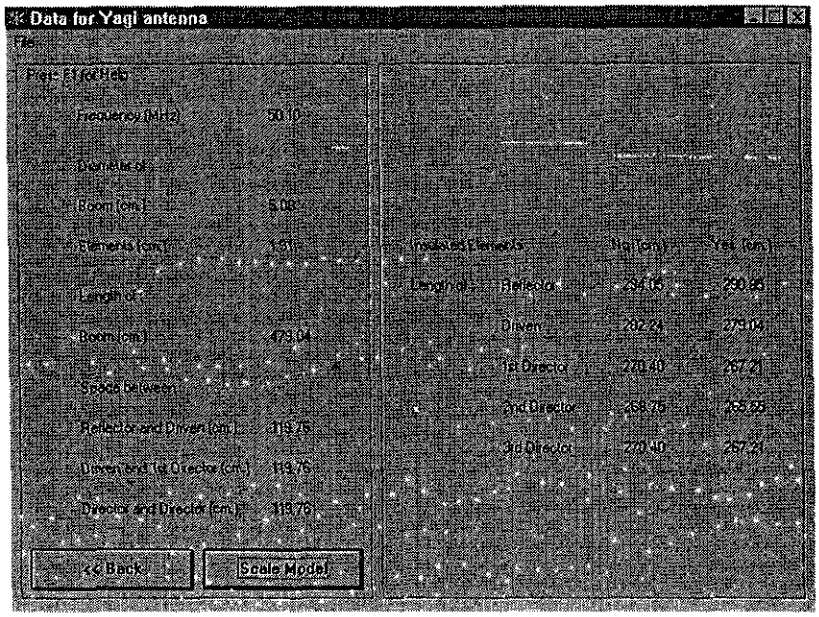
ในหัวข้อที่แล้วได้เสนอวิธีการใช้งานโปรแกรมการคำนวณขนาดของสายอากาศยากิแล้ว ในหัวข้อนี้ได้นำเอาผลของการใช้โปรแกรมที่ความถี่ต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับผลที่นำมาจากหนังสือของ ARRL ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นการใช้การออกแบบสายอากาศยากิตามวิธีของ NBS เช่นกัน และข้อมูลจากหนังสือ ARRL ยังเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปเพราะสามารถนำไปใช้งานจริงได้

5.3.1 ผลการทดลองโดยการใช้โปรแกรม

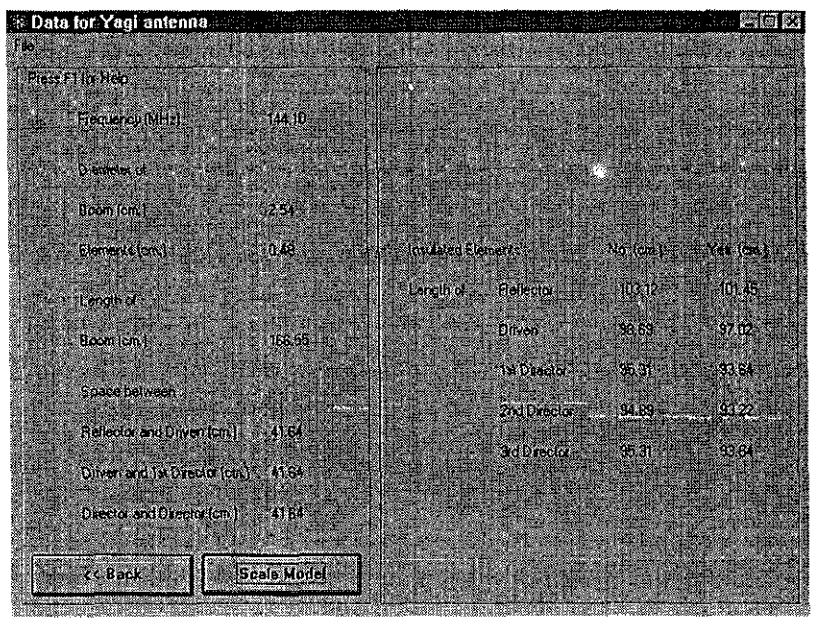
ข้อมูลที่แสดงนี้เป็นข้อมูลเมื่อทำการใช้โปรแกรม โดยที่การกำหนดค่าต่าง ๆ คือ ความถี่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอีลีเมนต์และบูมกำหนดให้มีขนาดเดียวกับที่มาจากหนังสือของ ARRL



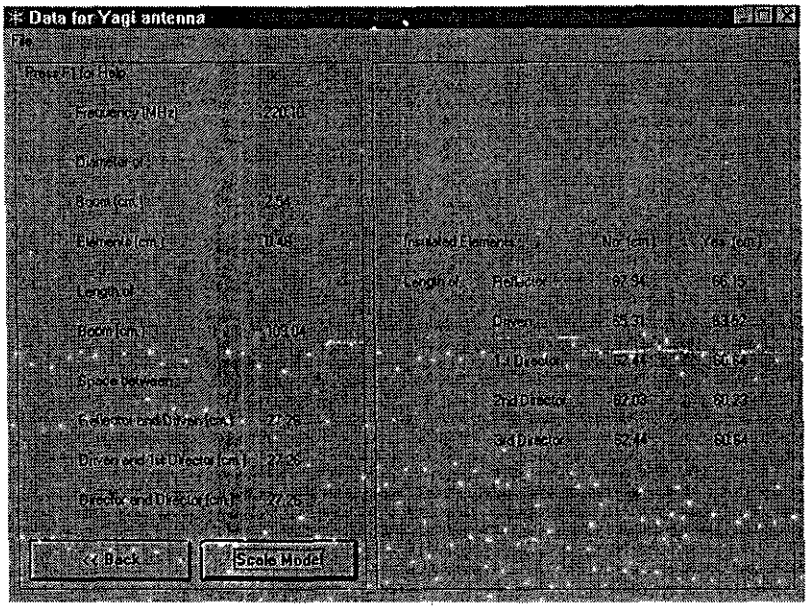
รูปที่ 5.15 จอภาพแสดงผลการใช้โปรแกรมคำนวณขนาดสายอากาศยากิ 3 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1MHz



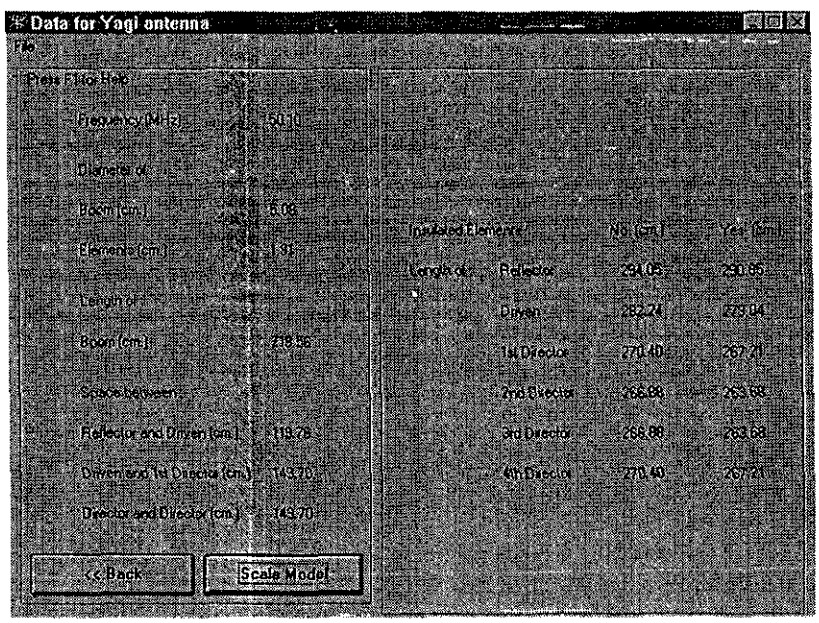
รูปที่ 5.16 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz



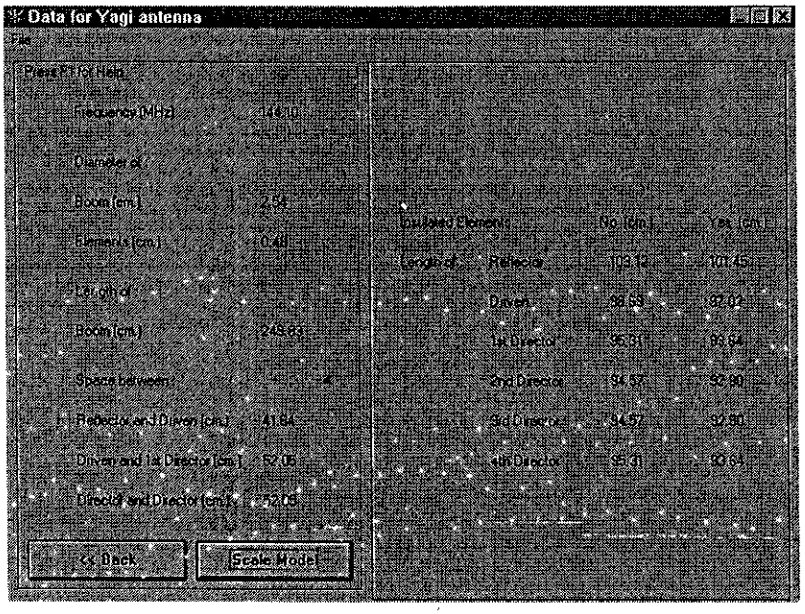
รูปที่ 5.17 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz



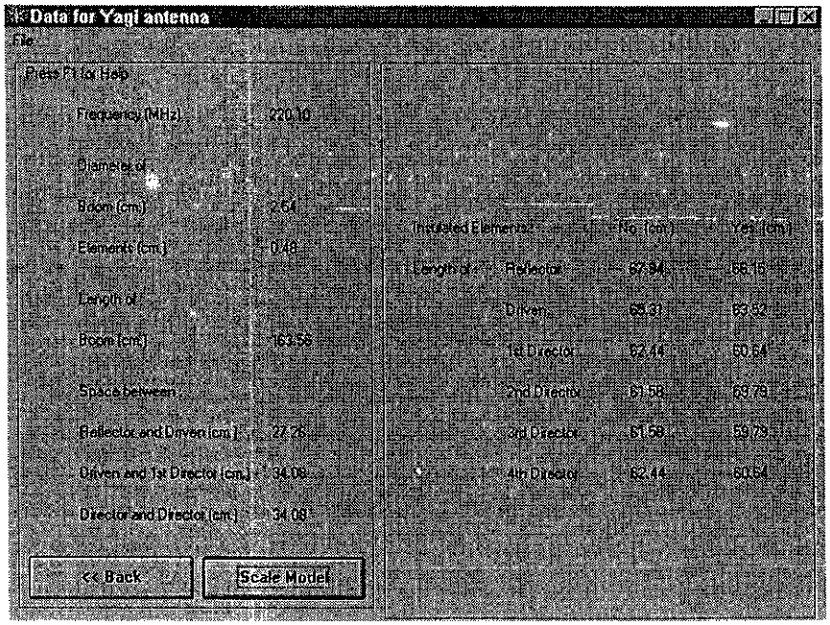
รูปที่ 5.18 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz



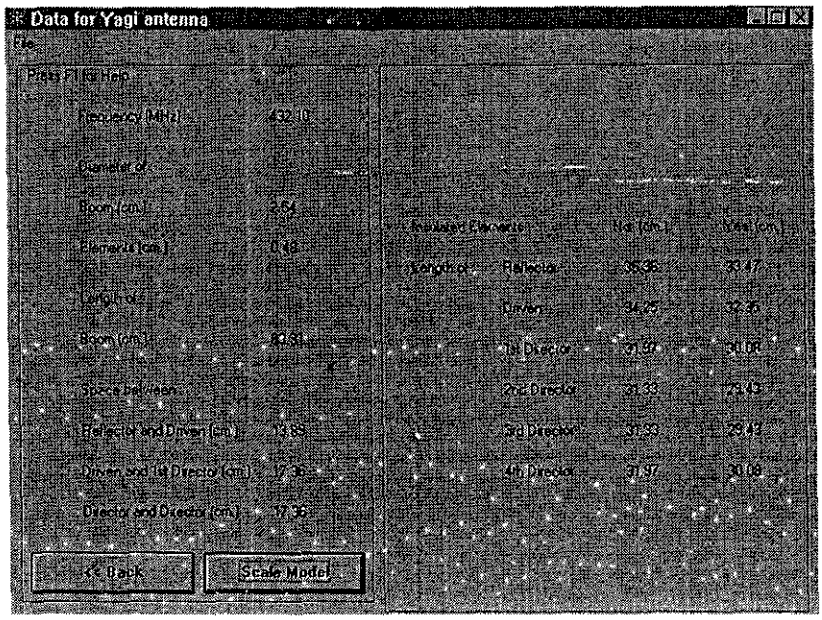
รูปที่ 5.19 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz



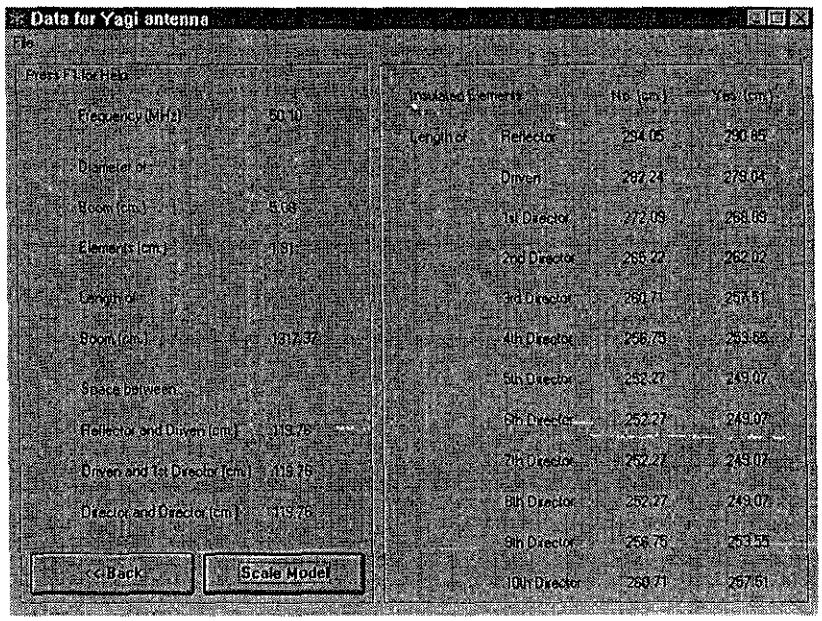
รูปที่ 5.20 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz



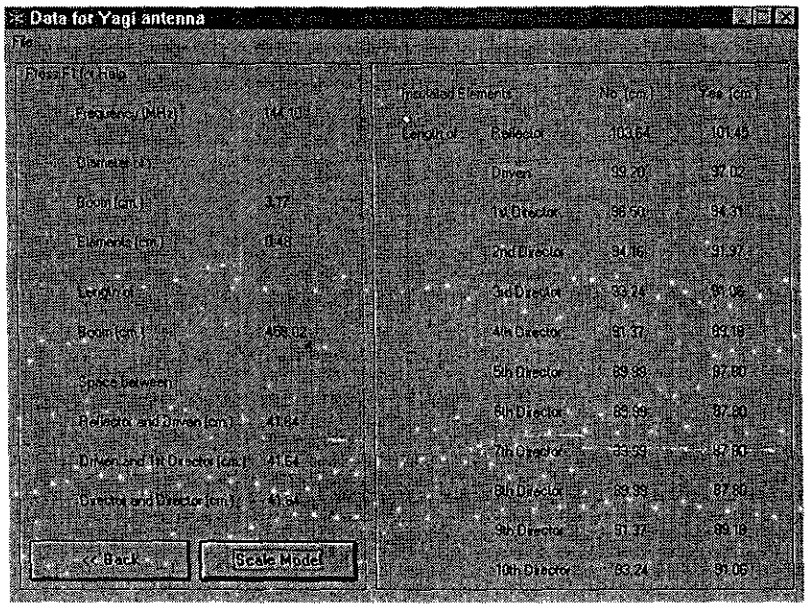
รูปที่ 5.21 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz



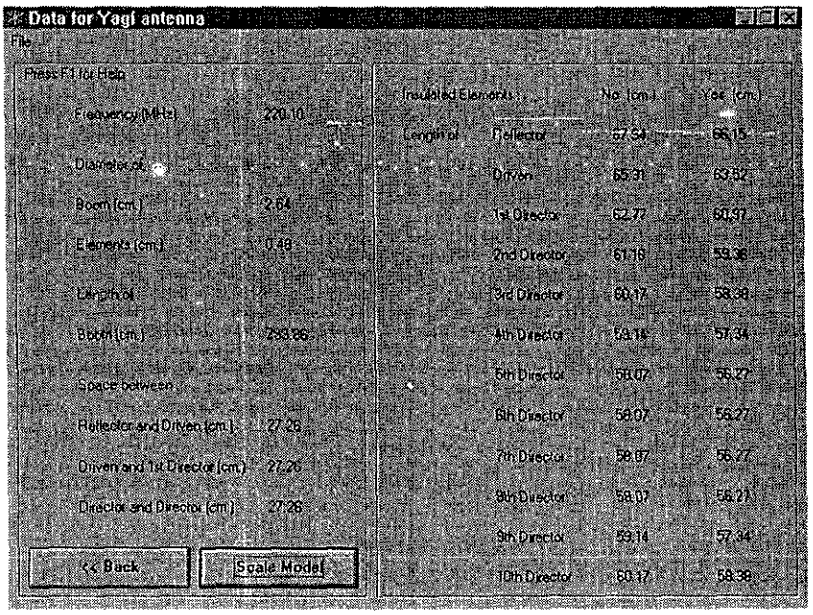
รูปที่ 5.22 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz



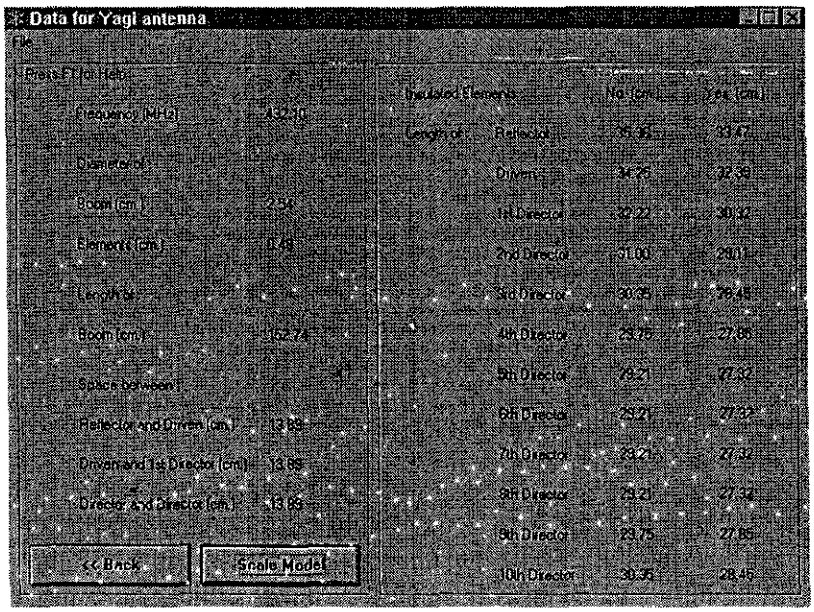
รูปที่ 5.23 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 50.1 MHz



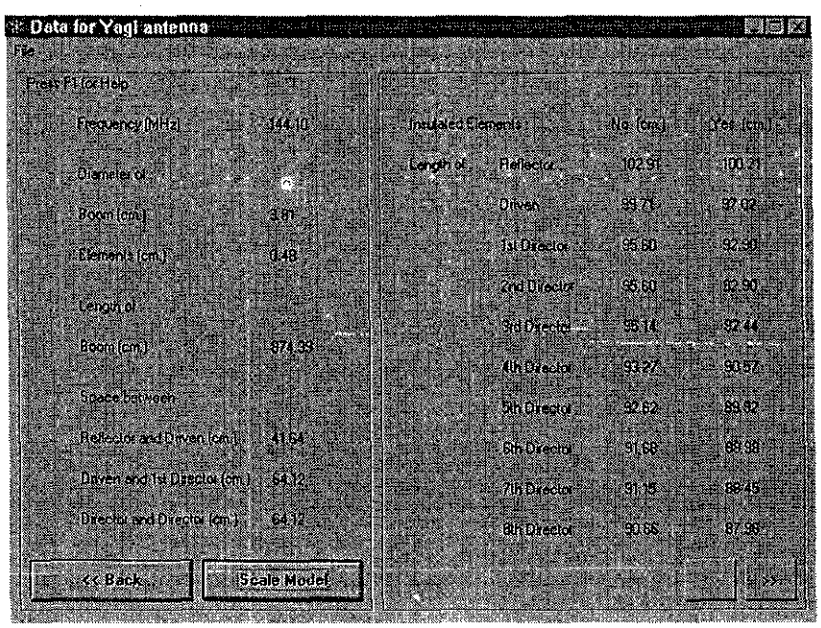
รูปที่ 5.24 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz



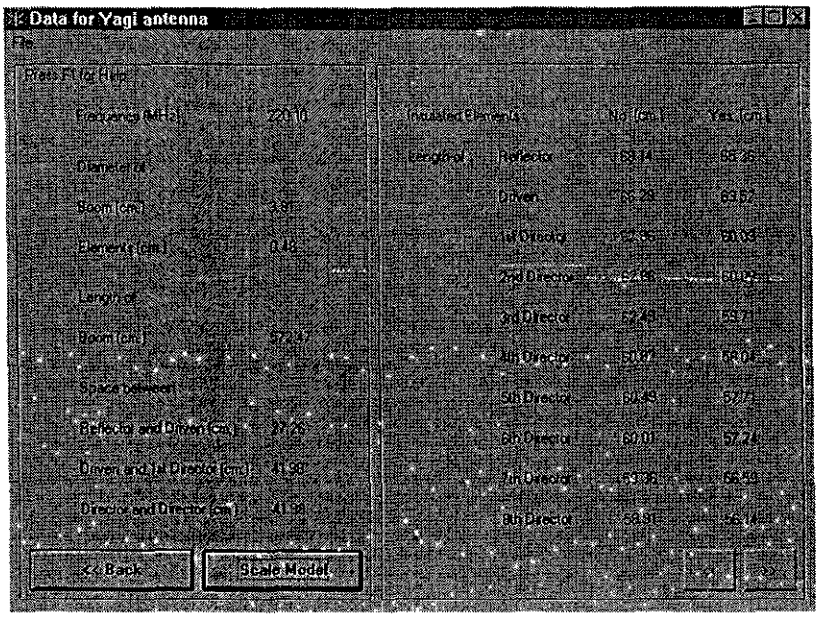
รูปที่ 5.25 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz



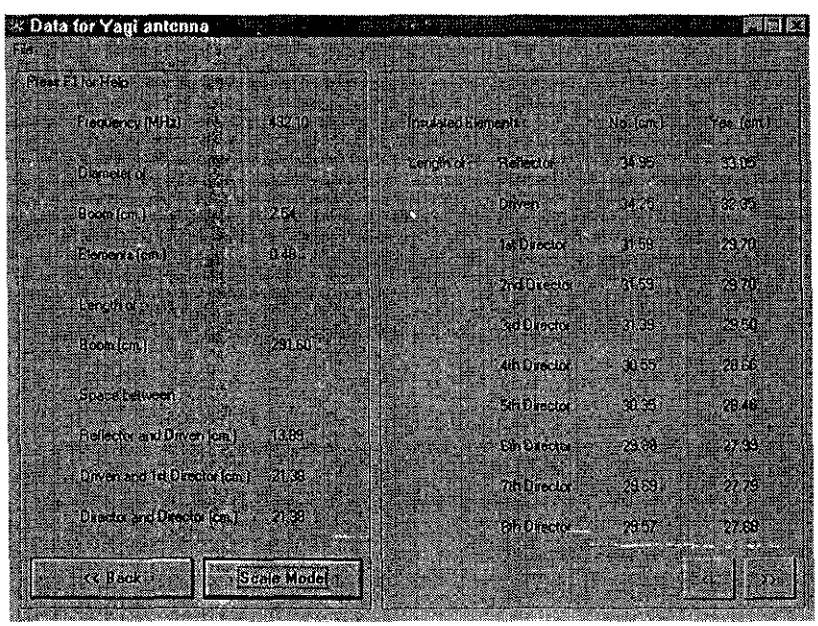
รูปที่ 5.26 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz



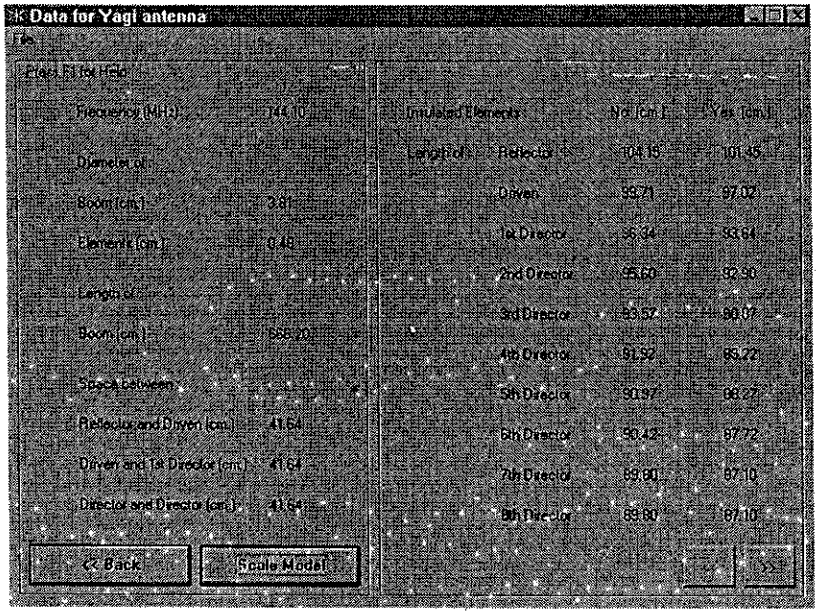
รูปที่ 5.27 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz



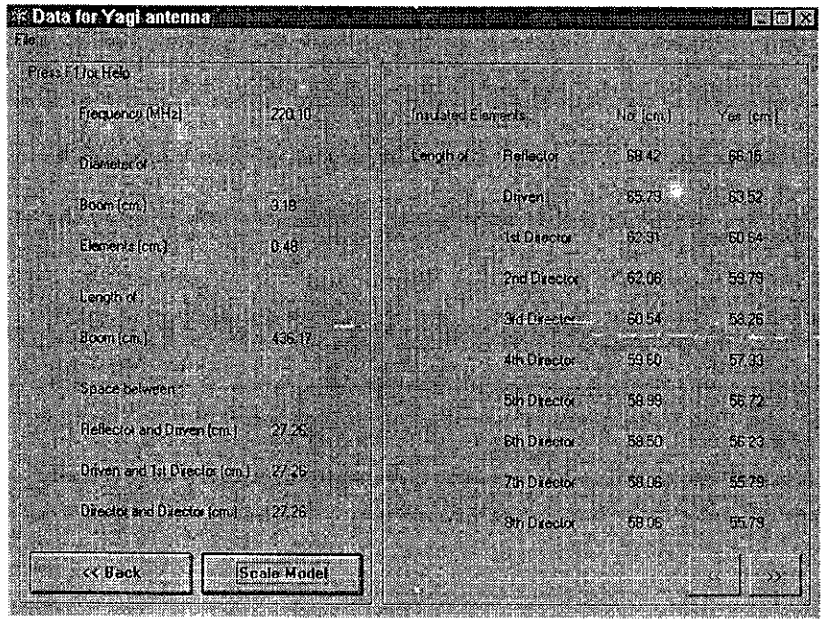
รูปที่ 5.28 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz



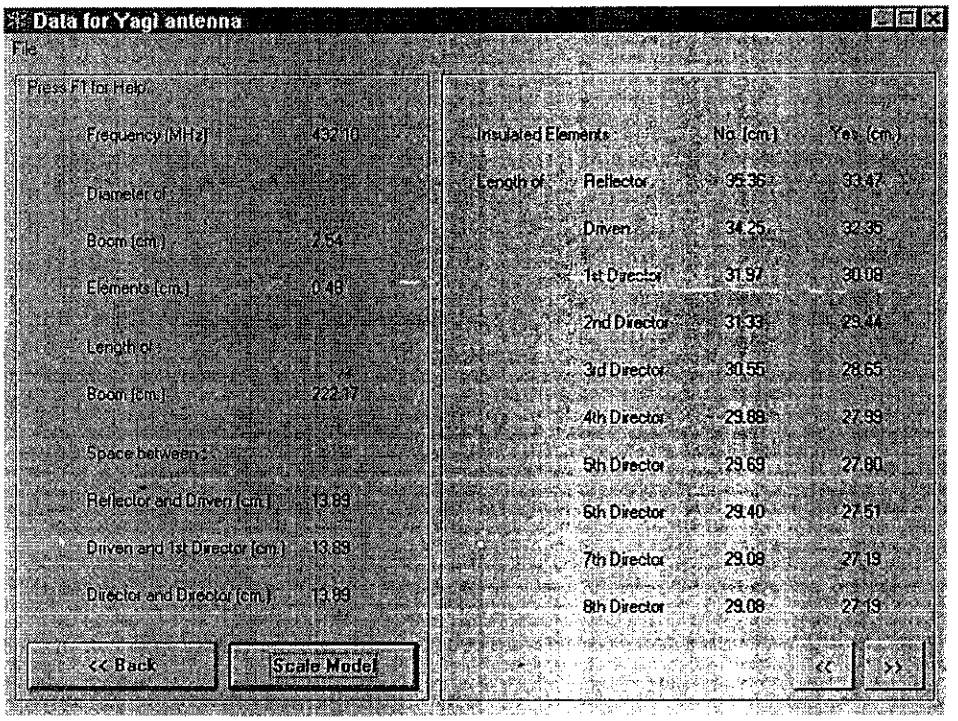
รูปที่ 5.29 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz



รูปที่ 5.30 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 144.1 MHz



รูปที่ 5.31 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 220.1 MHz



รูปที่ 5.32 จอภาพแสดงผลจากการใช้โปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ ที่ความถี่ 432.1 MHz

5.3.2 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมและผลจากหนังสือ ARRL

จากตารางผลการเปรียบเทียบที่จะนำเสนอต่อไปนี้ เป็นการนำเอาผลจากโปรแกรมและผลจากหนังสือ ARRL โดยที่ค่าขนาดต่าง ๆ อยู่ในหน่วยเซนติเมตร

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 3 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.15 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.18	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 1.27	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	292.10	294.00	292.04	293.85
ความยาวตัวไดโพล	278.76	-	279.04	280.85
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	275.90	277.81	275.83	277.64

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดย เปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.16 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 5.08	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 1.91	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	290.83	294.00	290.86	294.05
ความยาวตัวไดโพล	278.76	-	279.04	282.24
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่1	267.00	269.88	267.23	270.42
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	265.11	268.29	265.58	268.77
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	267.00	269.88	267.23	270.42

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดย เปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.17 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	101.60	103.19	101.46	103.13
ความยาวตัวไดโพล	97.00	-	97.02	98.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่1	93.66	95.25	93.66	95.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	93.20	94.93	93.24	94.91
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	93.66	95.25	93.66	95.33

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 5 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.18 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	66.46	67.95	66.15	67.95
ความยาวตัวไดโพล	63.50	-	63.52	65.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่1	60.48	62.23	60.66	62.45
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	60.17	61.91	60.25	62.05
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	60.48	62.23	60.66	62.45

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.19 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 5.08	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 1.91	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	290.83	294.00	290.86	294.05
ความยาวตัวไดโพล	278.76	-	279.04	282.24
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	267.00	269.88	267.23	270.42
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	263.53	266.38	263.71	266.91
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	263.53	266.38	263.71	266.91
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	267.00	269.88	267.23	270.42

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.20 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	101.60	103.19	101.46	103.13
ความยาวตัวไดโพล	97.00	-	97.02	98.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	93.66	95.25	93.66	95.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	92.55	94.30	92.92	94.59
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	92.55	94.30	92.92	94.59
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	93.66	95.25	93.66	95.33

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.21 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	66.46	67.95	66.15	67.95
ความยาวตัวไดโพล	63.50	-	63.52	65.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	60.48	62.23	60.66	62.45
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	59.45	61.60	59.81	61.60
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	59.45	61.60	59.81	61.60
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	60.48	62.23	60.66	62.45

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 6 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.22 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	33.50	35.40	33.47	35.36
ความยาวตัวไดโพล	32.31	-	32.35	34.25
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	30.00	31.83	30.09	31.99
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	29.53	31.35	29.44	31.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	29.53	31.35	29.44	31.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	30.00	31.83	30.09	31.99

ตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 50.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.23 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 5.08	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 1.91	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	290.83	294.00	290.86	294.05
ความยาวตัวไดโพล	278.76	-	279.04	282.24
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	268.92	271.78	268.92	272.11
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	261.62	264.48	262.05	265.24
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	257.50	260.35	257.54	260.74
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	252.73	255.59	253.59	256.79
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	248.29	251.46	249.12	252.32
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	248.29	251.46	249.12	252.32
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	248.29	251.46	249.12	252.32
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	248.29	251.46	249.12	252.32
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	252.73	255.56	253.59	256.73
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	257.50	260.35	257.54	260.74

ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.24 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.175	ดั่นฉนวน		ดั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	101.60	103.66	101.46	101.64
ความยาวตัวไดโพล	97.00	-	97.02	99.20
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	94.30	96.36	94.32	96.51
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	92.23	94.30	92.00	94.19
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	90.96	93.03	91.09	93.27
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	89.54	91.44	89.22	91.41
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	87.79	89.85	87.85	90.04
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	87.79	89.85	87.85	90.04
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	87.79	89.85	87.85	90.04
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	87.79	89.85	87.85	90.04
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	89.54	91.44	89.22	91.41
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	90.96	93.03	91.09	93.27

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.25 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	66.46	67.95	66.15	67.95
ความยาวตัวไดโพล	63.50	-	63.52	65.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	61.12	62.87	60.99	62.79
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	58.73	61.12	59.39	61.19
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	58.26	60.00	58.40	60.20
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	57.15	59.06	57.38	59.17
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	56.20	58.10	56.31	58.10
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	56.20	58.10	56.31	58.10
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	56.20	58.10	56.31	58.10
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	56.20	58.10	56.31	58.10
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	57.15	59.06	57.38	59.17
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	58.26	60.00	58.40	60.20

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 12 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.26 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	ตั้นฉนวน		ตั้นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	33.50	35.40	33.47	35.36
ความยาวตัวไดโพล	32.31	-	32.35	34.25
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	30.24	32.15	30.34	32.23
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	29.05	30.96	29.13	31.02
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	28.58	30.48	28.47	30.37
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	27.94	29.85	27.87	29.76
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	27.46	29.30	27.34	29.23
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	27.46	29.30	27.34	29.23
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	27.46	29.30	27.34	29.23
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	27.46	29.30	27.34	29.23
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	27.94	29.85	27.87	29.76
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	28.58	30.48	28.47	30.37

ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.27 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.81	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	100.01	102.87	100.22	102.92
ความยาวตัวไดโพล	97.00	-	97.02	99.71
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	92.87	95.57	92.92	95.62
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	92.87	95.57	92.92	95.62
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	92.39	94.42	92.47	95.16
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	90.49	93.17	90.60	93.30
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	90.17	92.87	89.96	92.66
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	89.22	91.92	89.02	91.72
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	88.42	91.12	88.48	91.17
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	87.79	90.49	88.00	90.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	87.79	90.49	88.00	90.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	87.79	90.49	88.00	90.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	87.79	90.49	88.00	90.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	87.79	90.49	88.00	90.69
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	87.79	90.49	88.00	90.69

ตารางที่ 5.14 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.28 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.81	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	65.25	67.95	65.37	67.63
ความยาวตัวไดโพล	63.50	-	63.52	65.78
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	60.00	62.70	60.10	62.37
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	60.00	62.70	60.10	62.37
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	59.53	62.23	59.73	62.00
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	58.10	60.96	58.06	60.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	57.79	60.48	57.73	60.00
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	57.15	59.85	57.28	59.54
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	56.67	59.37	56.61	58.88
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	56.20	58.90	56.13	58.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	56.20	58.90	56.13	58.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	56.20	58.90	56.13	58.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	56.20	58.90	56.13	58.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	56.20	58.90	56.13	58.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	56.20	58.90	56.13	58.40

ตารางที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 15 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.29 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	33.02	34.93	33.06	34.95
ความยาวตัวไดโพล	32.31	-	32.35	34.25
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	29.69	31.59	29.71	31.61
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	29.69	31.59	29.71	31.61
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	29.45	31.35	29.51	31.40
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	28.58	30.48	28.68	30.58
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	28.34	30.16	28.46	30.35
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	27.94	29.85	28.08	29.97
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	27.70	29.53	27.85	29.74
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	27.46	29.29	27.58	29.47
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	27.46	29.29	27.58	29.47
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	27.46	29.29	27.58	29.47
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	27.46	29.29	27.58	29.47
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	27.46	29.29	27.58	29.47
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	27.46	29.29	27.58	29.47

ตารางที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 144.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.30 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.81	ดั่นฉนวน		ดั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	101.60	104.30	101.45	104.15
ความยาวตัวไดโพล	97.00	-	97.02	99.71
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	93.66	96.36	93.64	96.34
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	92.87	94.93	92.90	95.60
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	90.81	93.50	90.87	93.57
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	89.22	91.91	89.22	91.92
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	88.58	91.44	88.27	90.97
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	87.79	90.49	87.72	90.42
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 14	87.15	89.85	87.10	89.80
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 15	87.15	89.85	87.10	89.80

ตารางที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 220.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.31 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 3.18	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	66.46	68.58	66.15	68.41
ความยาวตัวไดโพล	63.50	-	63.52	65.78
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	60.48	62.87	60.66	62.92
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	59.85	62.07	59.81	62.07
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	58.26	60.64	58.30	60.56
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	57.15	59.53	57.36	59.62
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	56.67	59.06	56.75	59.01
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	56.20	58.42	56.25	58.51
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 14	55.56	57.94	55.82	58.08
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 15	55.56	57.94	55.82	58.08

ตารางที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของสายอากาศยากิ 17 อีลีเมนต์ที่ความถี่ 432.1 MHz โดยเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากโปรแกรมอ้างจากรูปที่ 5.32 กับผลจากหนังสือ ARRL

	ผลจาก ARRL		ผลจากโปรแกรม	
เส้นผ่านศูนย์กลางบูม 2.54	คั่นฉนวน		คั่นฉนวน	
เส้นผ่านศูนย์กลางอีลีเมนต์ 0.48	ใช่	ไม่	ใช่	ไม่
ความยาวตัวสะท้อนคลื่น	33.50	35.40	33.47	35.36
ความยาวตัวไดโพล	32.31	-	32.35	34.25
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 1	30.08	31.91	30.09	31.99
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 2	29.53	31.35	29.44	31.33
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 3	28.58	30.48	28.67	30.56
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 4	27.94	29.85	28.01	29.90
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 5	27.70	29.53	27.76	29.65
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 6	27.46	29.29	27.52	29.41
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 7	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 8	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 9	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 10	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 11	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 12	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 13	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 14	27.15	28.97	27.42	29.31
ความยาวตัวชี้นำคลื่นที่ 15	27.15	28.97	27.42	29.31

5.4 การทดลองวัดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่น

เมื่อทำการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ จากบทที่ 4 แล้ว ก่อนนำไปใช้งานจริง จะต้องมีการทดสอบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยสามารถแบ่งชุดทดสอบกระสวนการแผ่คลื่นออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz (Field-Strength Meter) ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่างๆ ชุดเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

5.4.1 ชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz

จากการการทดสอบวงจรรูปที่ 4.2 สรุปได้ว่าวงจรนี้สามารถวัดความเข้มของสัญญาณที่ความถี่ 433.92 MHz จากสายอากาศภาครับ มาเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับความไวของการรับได้ โดยการปรับอัตราการขยายของวงจรแบบนอนอินเวอร์ติ้งได้ตั้งแต่ 2 ถึง 427 เท่า

5.4.2 ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางต่าง ๆ

จากการทดสอบวงจรตามรูปที่ 4.3 เมื่อวงจรนี้ได้รับข้อมูลขนาด 4 บิต จากวงจรเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัสในรูปที่ 4.6 จะไปบังคับสเต็ปมอเตอร์ให้ทำการหมุนทีละสเต็ปตามลักษณะการหมุนและลำดับข้อมูลดังนี้

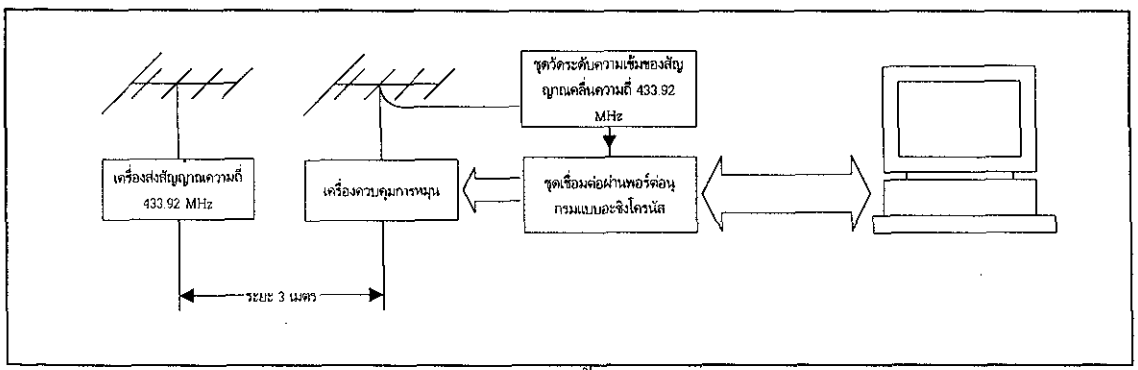
หมุนตามเข็มนาฬิกา	0001	0010	0100	1000
หมุนทวนเข็มนาฬิกา	1000	0100	0010	0001

5.4.3 ชุดทำการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

จากการทดสอบวงจรตามรูปที่ 4.6 สามารถสรุปได้ว่า วงจรนี้เมื่อได้รับการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ จะทำการหมุนสเต็ปมอเตอร์ตามชุดข้อมูลที่ได้รับมาพร้อมกันนั้นก็รับค่าระดับแรงดันจากชุดวัดระดับความเข้มของสัญญาณคลื่นมาแปลงเป็นสัญญาณจิตอลและทำการเพิ่มบิตเริ่มต้นและบิตปิดท้าย เพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ได้

5.5 การติดตั้งและการปรับแต่งอุปกรณ์เพื่อการทดสอบ

ก่อนเริ่มการทดสอบจะต้องมีการปรับแต่งอุปกรณ์โดยมีรายละเอียดดังนี้ เครื่องส่งสัญญาณคลื่นความถี่ 433.92 MHz กำลังส่งประมาณ 0.1วัตต์ ใช้สายอากาศไดโพลแบบห่วงเป็นสายอากาศส่ง สำหรับเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น ใช้สายอากาศรับสามชนิด คือ สายอากาศชนิดสองอีลีเมนต์ (2-Elements) สายอากาศไดโพลแบบห่วง (Folded Dipole) และสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น (Fullwave Dipole) ลักษณะการวางตำแหน่งเป็นดังรูปที่ 5.33

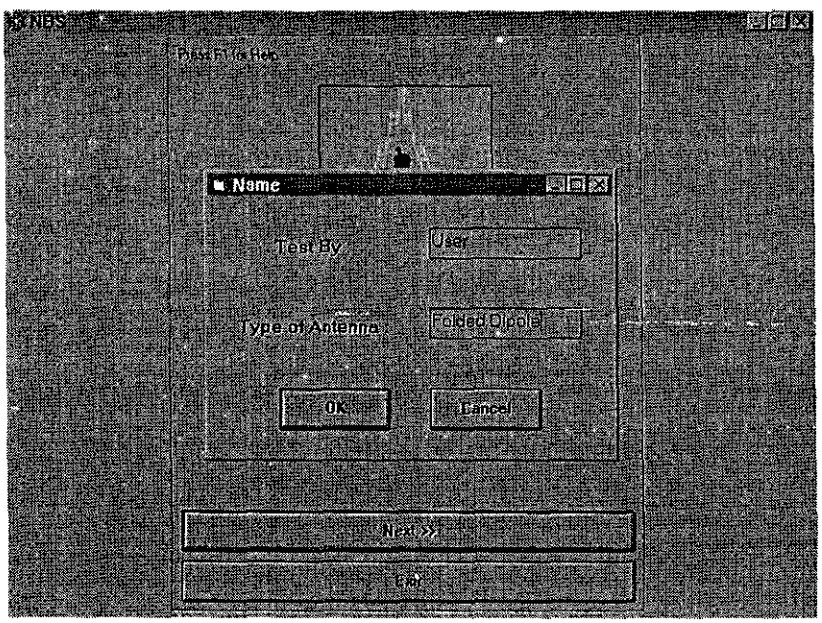


รูปที่ 5.33 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนทำการทดสอบ

5.6 วิธีใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก (เครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่น) จะทำการติดต่อกันโดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ดังนั้นโปรแกรมจะต้องทำการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมและพอร์ตเพื่อทำการควบคุมการหมุนของสายอากาศและรับค่าจากเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติการแผ่กระจายคลื่นในรูปของกระสวนการแผ่คลื่น สำหรับวิธีการใช้งานโปรแกรมอธิบายได้ดังนี้

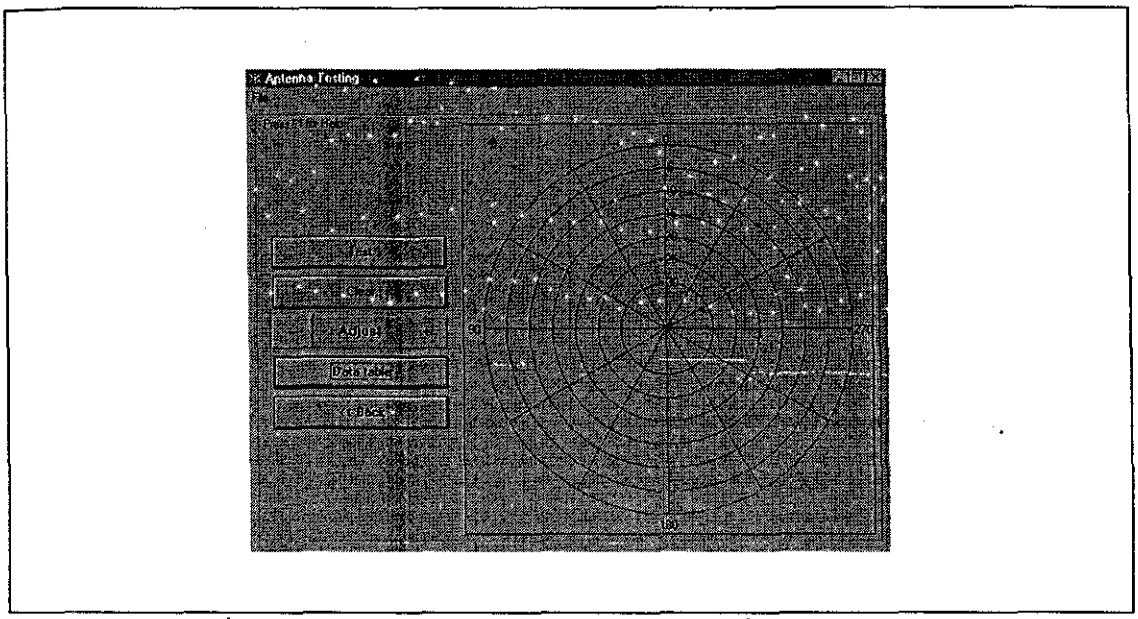
เริ่มต้นเมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะมีทางเลือกให้เลือกสองทางดังรูปที่ 5.1 ในการที่จะเข้าสู่โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องเลือกทางเลือกที่สองจากรูปที่ 5.1 จากนั้นจอภาพจะแสดงได้ดังรูปที่ 5.34 โดยจะให้มีการใส่ชื่อผู้ทำการทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นและชนิดของสายอากาศที่ทำการทดสอบซึ่งข้อมูล ณ จุดนี้ไม่จำเป็นต้องกำหนด



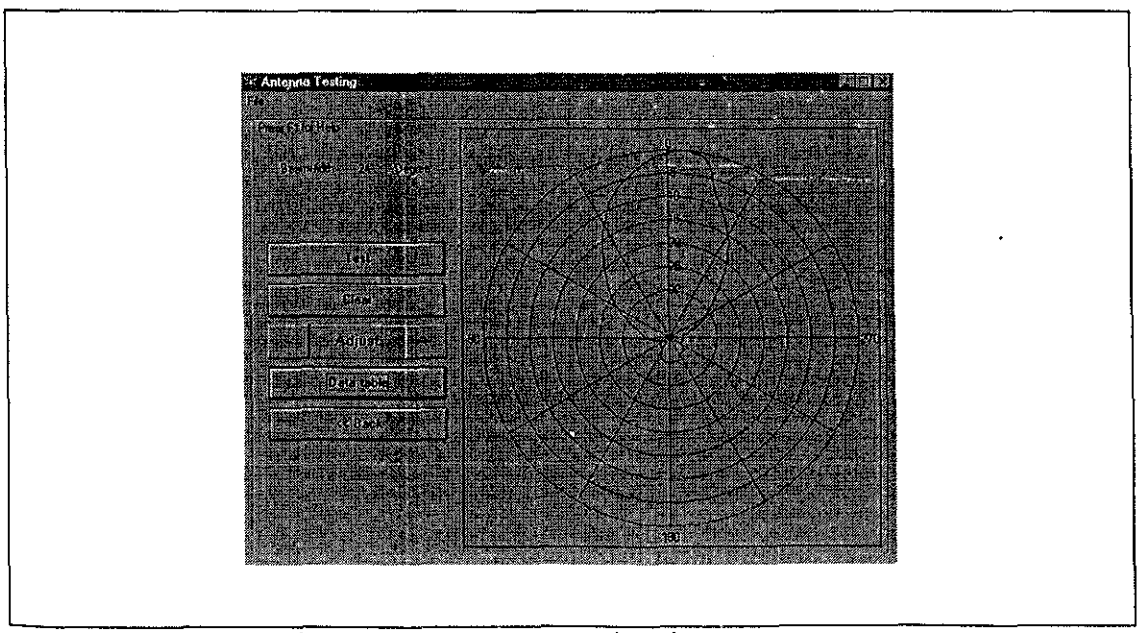
รูปที่ 5.34 จอภาพแสดงการใส่ชื่อผู้ทำการทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นและชนิดของสายอากาศที่ทำการทดสอบ

จากนั้นจอภาพจะแสดงดังรูปที่ 5.35 ซึ่งจะมีปุ่มทั้งหมด 5 ปุ่มและมีหน้าที่ต่าง ๆ กัน คือ ปุ่มแรก (Test) คือปุ่มสำหรับควบคุมการหมุนของสายอากาศและจะทำการรับข้อมูลจากเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นเข้าสู่โปรแกรมโดยอัตโนมัติ จากนั้นจะทำการวาดรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นและคำนวนความกว้างของลำคลื่น ณ จุดที่กำลังงานลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง (Half Power Beamwidth)

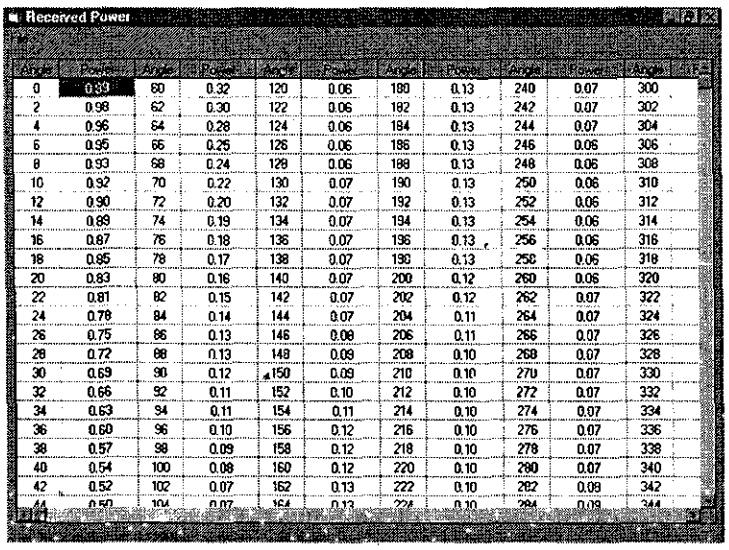
ในตัวอย่างที่แสดงให้เห็นดูได้จากรูปที่ 5.36 สำหรับปุ่มที่สองคือปุ่มสำหรับลบรูปที่ได้ทำการทดสอบแล้ว ปุ่มที่สามจะเป็นปุ่มที่ใช้สำหรับปรับสายอากาศให้อยู่ในทิศทางเริ่มต้นตามต้องการซึ่งจะมีทั้งการปรับทางซ้ายและขวา และปุ่มที่สี่จะเป็นการเข้าไปดูข้อมูลกำลังงานที่สายอากาศรับเข้ามาในรูปของตารางดังแสดงได้ตามรูปที่ 5.37



รูปที่ 5.35 จอภาพแสดงการรูปแบบของโปรแกรมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องวัดกระแสการแผ่คลื่น

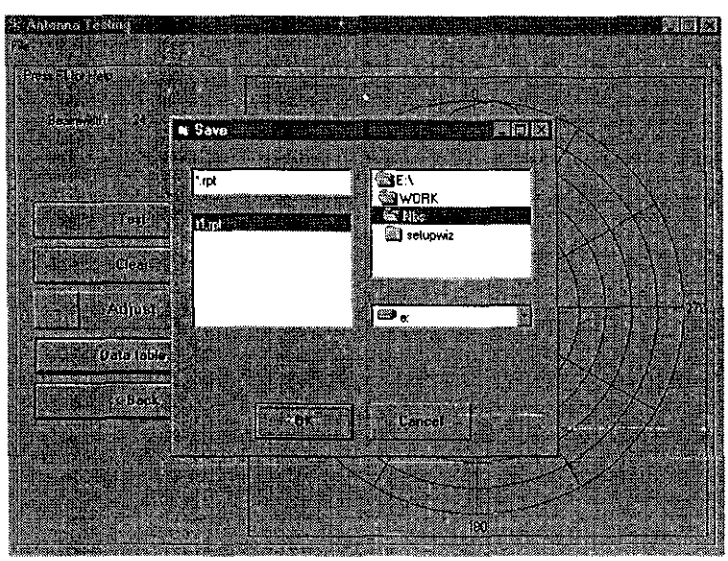


รูปที่ 5.36 จอภาพแสดงตัวอย่างที่ได้เมื่อกดปุ่มแรก (Test)

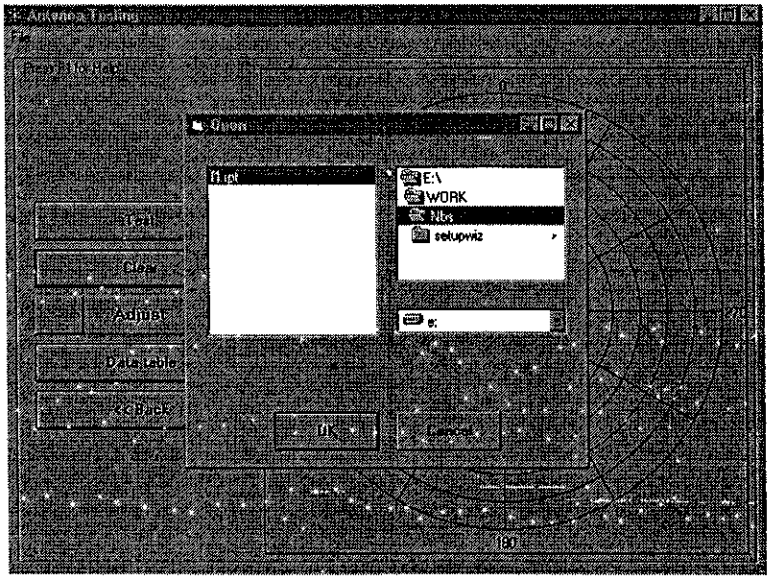


<u>รูปที่</u> 5.37 จอภาพแสดงตารางของกำลังงานที่สายอากาศรับได้ในแต่ละสเต็ป

นอกจากนั้นในโปรแกรมนี้ยังมีการบันทึกข้อมูลและเปิดข้อมูลที่ทำการบันทึกไว้มาดูได้ด้วย โดยสามารถเรียกได้ที่เมนูไฟล์ (File Menu) เมื่อเลือกการบันทึกจอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.38 และการเปิดข้อมูลจอภาพจะปรากฏดังรูปที่ 5.39



<u>รูปที่</u> 5.38 จอภาพแสดงการบันทึกข้อมูลรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นเป็นแฟ้มข้อมูล



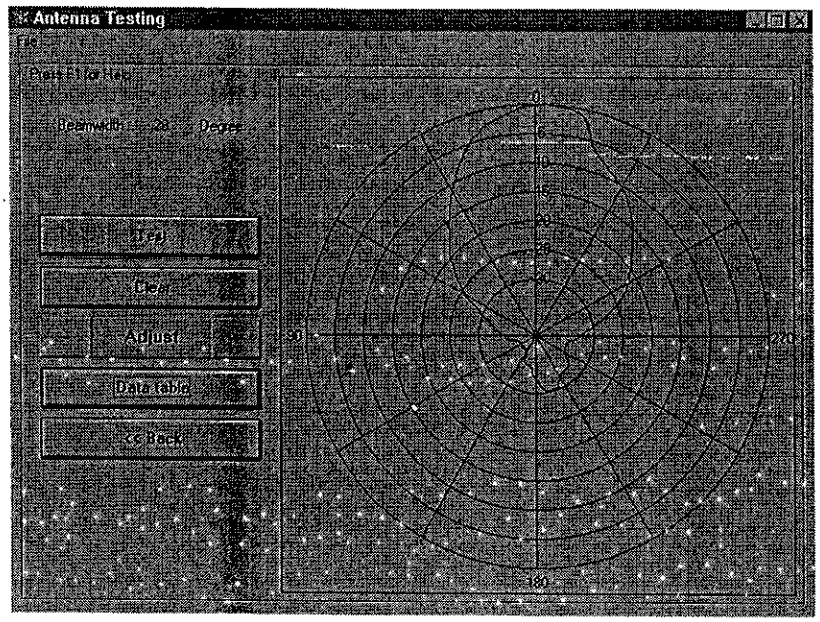
รูปที่ 5.39 จอภาพแสดงการเปิดข้อมูลจากแฟ้มบันทึกข้อมูล

5.7 ผลการทดลองการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ

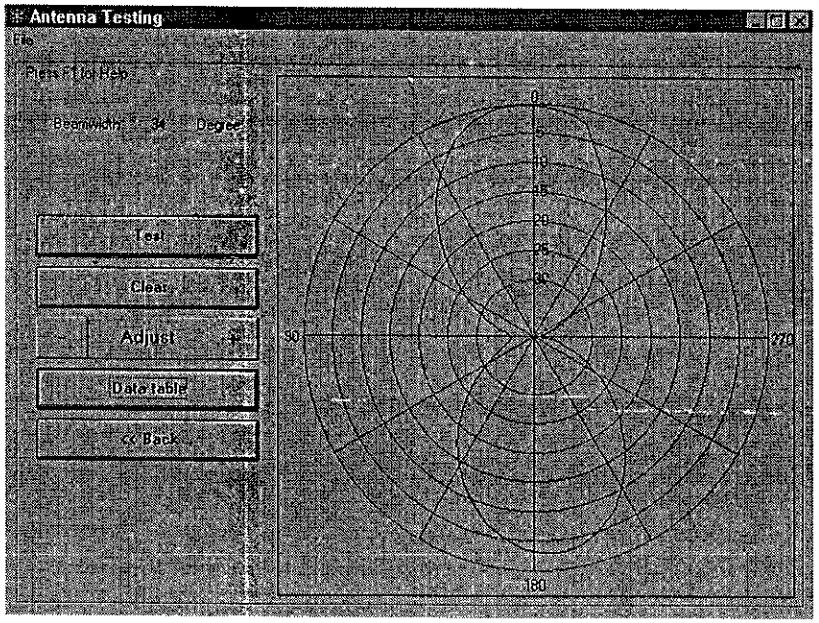
ในการทดลองการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศได้ใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยทำการทดสอบสายอากาศชนิดสองอีลีเมนต์ สายอากาศไดโพลแบบห่วง และสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น โดยนำผลเทียบกับเอกสารการทำปฏิบัติสายอากาศของบริษัท Lucas-Nulle™ ซึ่งเป็นเอกสารที่ใช้ประกอบกับชุดเครื่องมือวัดกระสวนการแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศชนิดต่าง ๆ จากประเทศเยอรมันที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำมาอ้างอิงได้

5.7.1 ผลจากการใช้โปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

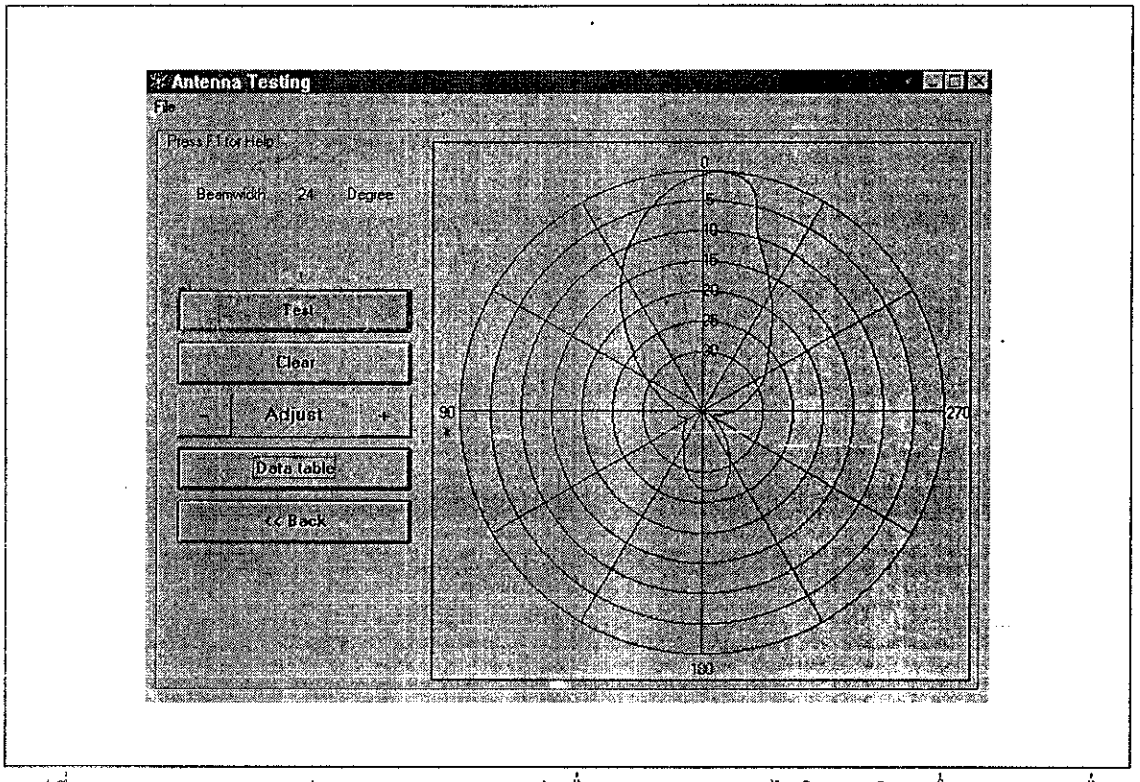
จากหัวข้อที่ 5.6 ได้นำเสนอวิธีการใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 และในหัวข้อนี้จะได้ใช้โปรแกรมทำการทดสอบการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศกับเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศที่ได้ทำการออกแบบไว้ซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 4 เพื่อทำการวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศทั้ง 3 ชนิด คือ สายอากาศชนิดสองอีลีเมนต์ สายอากาศไดโพลแบบห่วง และสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น



รูปที่ 5.40 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศสองอีลีเมนต์
โดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ



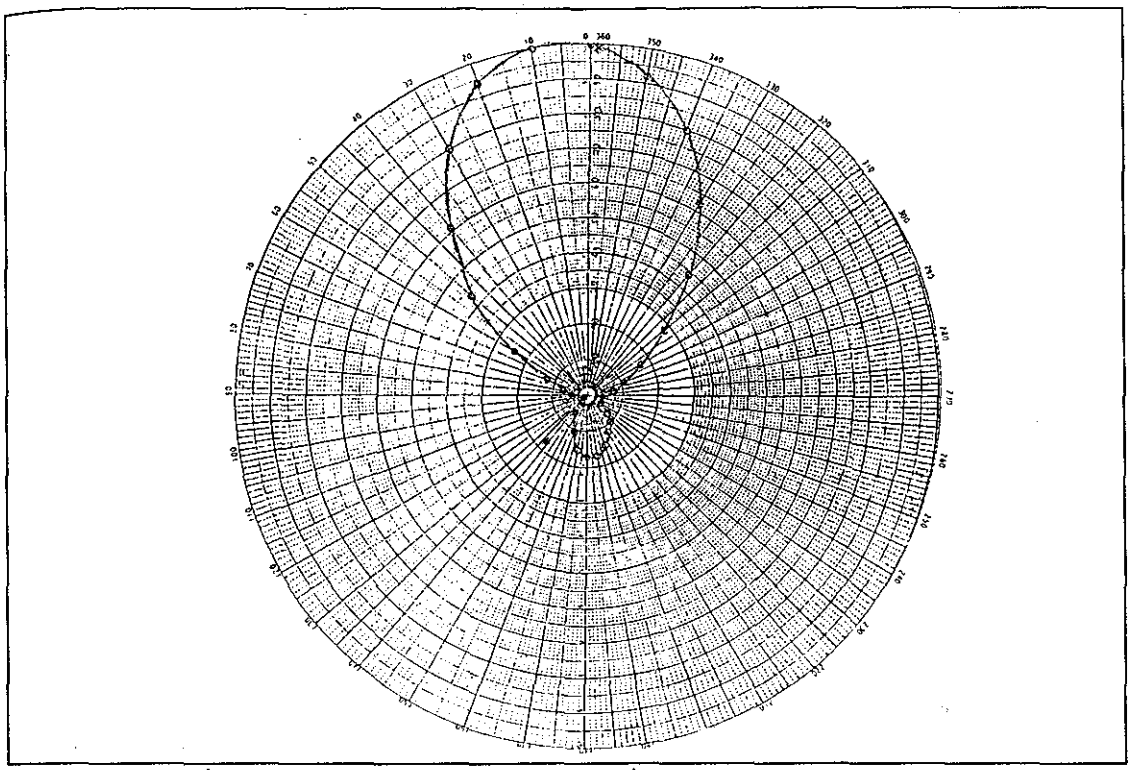
รูปที่ 5.41 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลแบบห่วง
โดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ



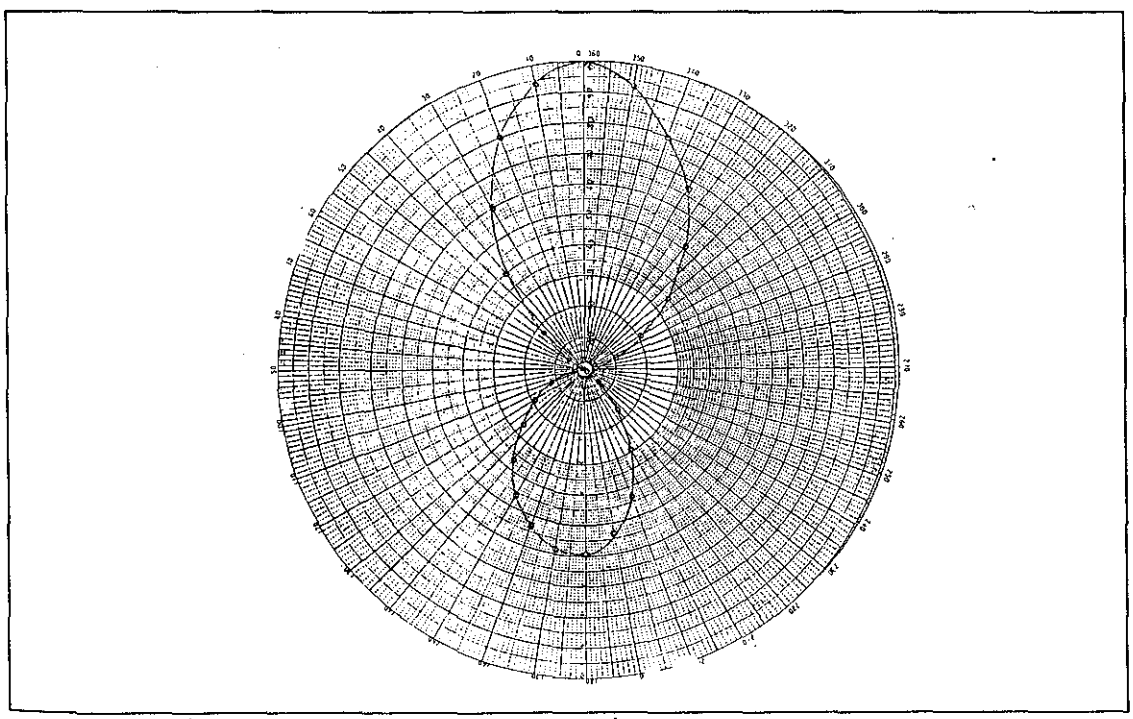
รูปที่ 5.42 จอภาพแสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น โดยใช้โปรแกรมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทำการทดสอบ

5.7.2 ผลการทดสอบจากเอกสารของบริษัท Lucas-Nulle™

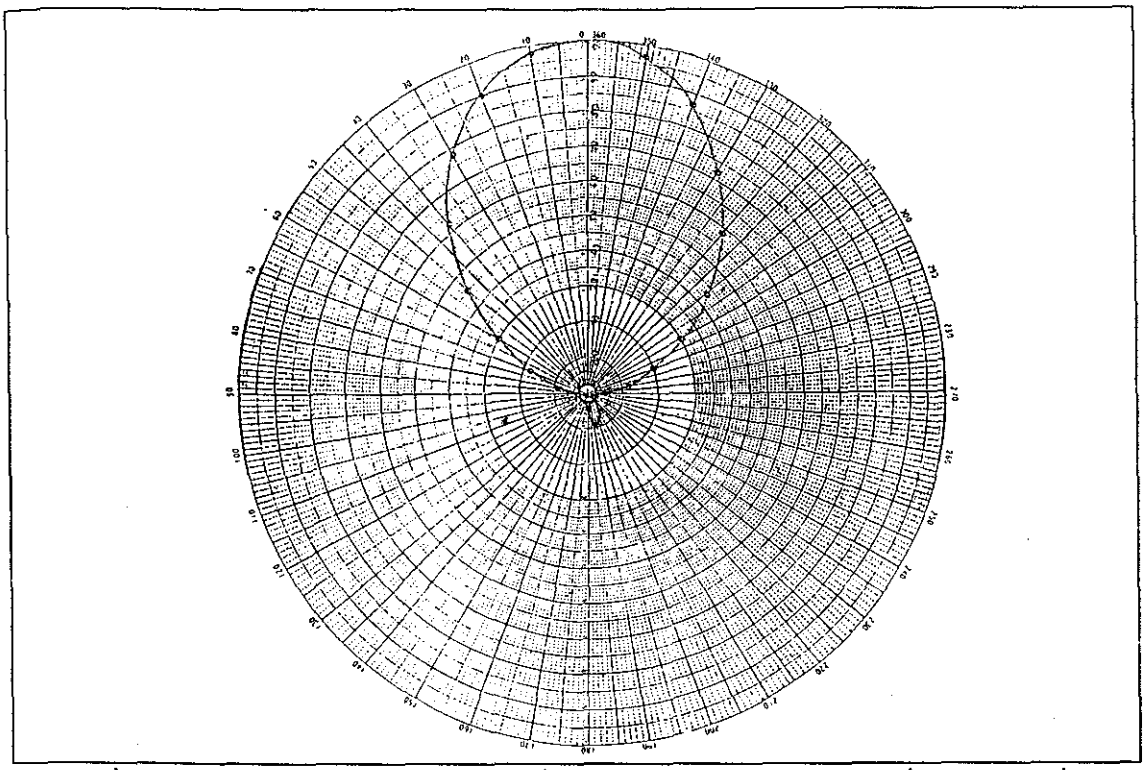
ผลที่นำเสนอในหัวข้อนี้นำมาจากเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการสายอากาศของบริษัท Lucas-Nulle™ ซึ่งมีผลการทดสอบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศชนิดสองอีลีเมนต์สายอากาศไดโพลแบบห่วง และสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น



รูปที่ 5.43 แสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศสองอีลีเมนต์
จากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการของบริษัท Lucas-Nulls™



รูปที่ 5.44 แสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลแบบห่วง·
จากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการของบริษัท Lucas-Nulls™



รูปที่ 5.45 แสดงรูปแบบกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศไดโพลชนิดหนึ่งความยาวคลื่น จากผลในเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการของบริษัท Lucas-Nulls™

5.8 สรุป

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ผ่านมาในบทนี้ สามารถสรุปการใช้งานโปรแกรมได้สองส่วนคือในส่วนของการใช้โปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ จะพบว่ามีค่าความผิดพลาดจากการคำนวณอยู่บ้างเล็กน้อย คือขนาดที่ผิดพลาดมากที่สุดประมาณ 1 เซนติเมตรซึ่งเป็นเพราะการแปลงกราฟที่ต้องใช้ในการออกแบบให้อยู่ในรูปสมการมีบางช่วงที่มีความละเอียดไม่เพียงพอเมื่อนำมาทำการใช้ในการเขียนโปรแกรมคำนวณค่าที่คำนวณได้จึงเกิดความผิดพลาด แต่ในทางปฏิบัติค่าผิดพลาดขนาดนี้ถือว่าน้อยมากเพราะในทางปฏิบัติจริงยังต้องมีการปรับแต่งขนาดเพื่อปรับค่าประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น และในส่วนของการวัดกระสวนการแผ่คลื่น จะมีความผิดพลาดบ้างเพราะในสภาพแวดล้อมที่ทำการทดสอบมีการสะท้อนของคลื่นเข้ามาเสริมในบางมุมที่สายอากาศสามารถรับได้ และผลการทดลองที่ได้นับว่าใกล้เคียงกับผลจากเอกสารประกอบการทำปฏิบัติการสายอากาศของบริษัท Lucas-Nulls™

บทที่ 6
สรุปผลโครงงาน

จากโครงงานนี้สามารถสรุปผลได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลของการใช้งานโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิและการทำแมทช์ชิ่ง ส่วนที่สองเป็นผลของการใช้งานโปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232

ในส่วนของการใช้งานโปรแกรมคำนวณสายอากาศยากิจะพบว่าผลของการคำนวณมีค่าความผิดพลาดน้อยมากเมื่อเทียบกับเอกสารอ้างอิง คือค่าผิดพลาดมากที่สุดประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งในทางปฏิบัติงานจริงการสร้างสายอากาศยากิจะไม่สามารถสร้างแล้วใช้งานได้ทันที แต่ต้องมีการปรับแต่งขนาดและระยะของสายอากาศอีกครั้งเพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ดังนั้นค่าความผิดพลาดดังกล่าวนับได้ว่าน้อยมากและไม่มีผลในทางปฏิบัติงานจริง

ในการทดสอบการใช้งานโปรแกรมติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ร่วมกับเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศที่ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเพื่อทำการทดสอบนั้นผลที่ได้จะพบว่ามีรูปแบบการแผ่คลื่นของสายอากาศใกล้เคียงกับเอกสารที่นำมาอ้างอิง ในส่วนที่ผิดพลาดนั้น สรุปได้ว่าเกิดจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดสอบเพราะเมื่อใช้เครื่องตรวจจับแถบความถี่ของคลื่น (Spectrum Analyzer) ได้ตรวจพบคลื่น ณ ความถี่ที่ใช้งานสะท้อนมารบกวนการทดสอบทำให้ค่ากำลังงานที่รับได้ ณ จุดประมาณ 180 องศามีค่ามากกว่าปกติ

ดังนั้นหากต้องการปรับปรุงโครงงานนี้สามารถแก้ไขได้ 2 ส่วน คือ ในส่วนของโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ ต้องหาสมการของเส้นกราฟที่จะใช้ให้มีความละเอียดมากกว่าที่ได้ทำไว้ในโครงงานนี้ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข และในส่วนของการทดสอบวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ ทำการแก้ไขได้โดยหาสภาพแวดล้อมที่มีคลื่นรบกวนน้อยที่สุด

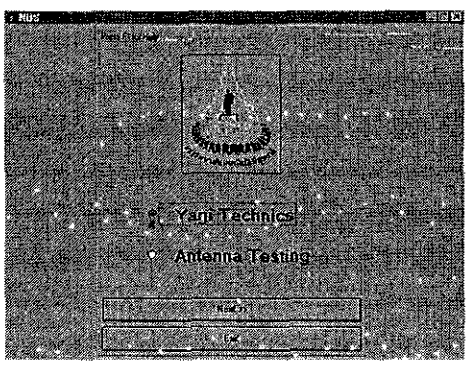
จากโครงงานนี้ทำให้ผู้จัดทำได้รู้วิธีการหาสมการจากกราฟ การเขียนโปรแกรมการคำนวณขนาดสายอากาศยากิ การทำการย่อส่วนสายอากาศยากิ การเขียนโปรแกรมการวาดรูปแสดงวิธีการทำแมทช์ชิ่ง โปรแกรมติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 รวมทั้งวิธีการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องวัดกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ

บรรณานุกรม

1. ทนง โชติสรยุทธ์, รวมบทความและโครงงานวิทยุสมัครเล่น เล่มที่ 1, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น
2. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, วิศวกรรมสายอากาศ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2537
3. วิสันต์ อาชาเดโชพล และคณะ, สายอากาศและเทคนิคการติดตั้ง, ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ
4. สุชาติ กังวารจิตต์, หลักการทำงานเครื่องรับวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 2532
5. Dr. J.M. Kloza, Dipl. Ing. K. breidenbach, Antenna Technology, Original Antennas and Scaled Antenna Models, Leyblod Didactic GmbH, 1993
6. "Exercises Telecommunications Antenna Techniques", 2nd Version, Lucas-Nulle™
7. Eugene F. Knott, Scale-Model Testing, Radar Cross Section Measurement, Van Nostrand Reinbold, New York, 1993
8. R. Dean Straw, The ARRL Antenna Book, The American Radio Relay League, Newington, 1994

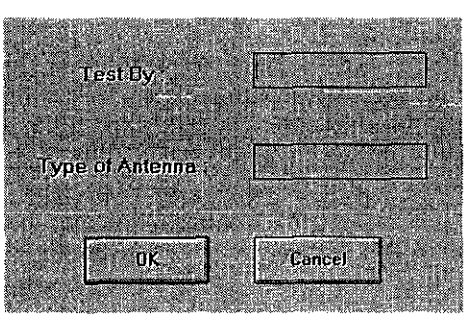
ภาคผนวก ก

รหัสของโปรแกรม



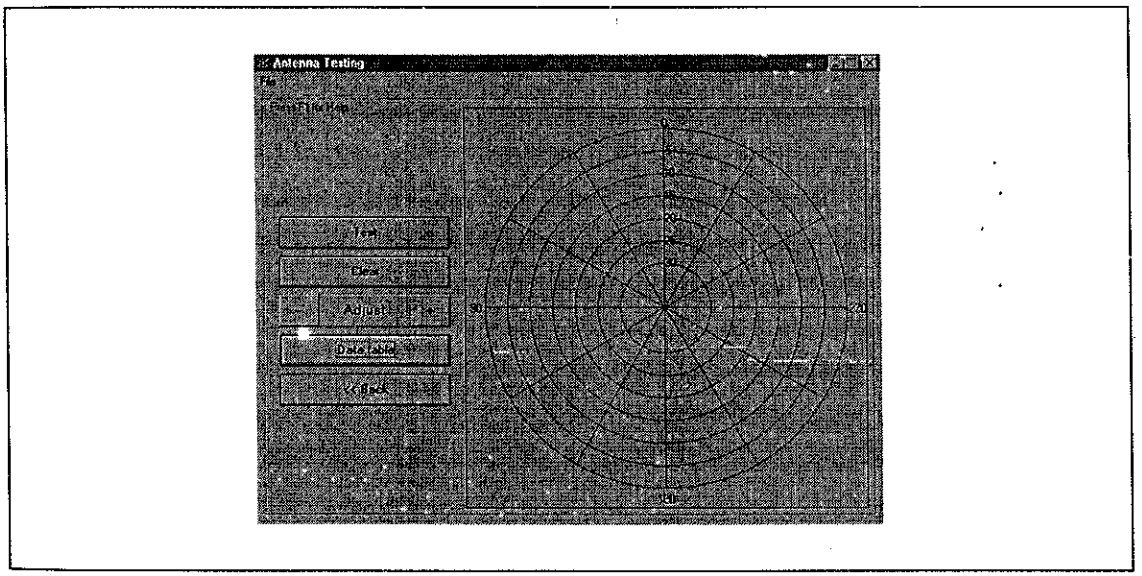
รูปที่ ก.1 แสดงจอภาพ FormMain

```
Private Sub Form_Load()
   SSOption1.Value = True
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
   If SSOption1.Value = True Then
   Load FormCal
   FormCal.Show
   FormMain.Hide
   Else
   If SSOption1.Value = True Then
   Load FormName
   FormName.Show
   Else
   MsgBox "Please select one"
   End If
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()
   End
End Sub
```



รูปที่ ก.2 แสดงจอภาพ FormName

```
Private Sub Form_Activate()
   Text1.Text = ""
   text2.Text = ""
End Sub

Private Sub Form_Resize()
   If WindowsState = 0 Then
    Move (Screen.Width - FormName.Width) / 2,
    (Screen.Height - FormName.Height) / 2
   End If
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
   Load FormCom
   FormCom.Show
   Unload FormMain
   FormName.Hide
   nam = Text1.Text
   typ = text2.Text
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()
Screen.MousePointer = 11
   FormName.Hide
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```



รูปที่ ก.3 แสดงจอภาพ FormCom

```
Private Sub Form_Load()
Screen.MousePointer = 11
   Picture1.Picture = LoadPicture("")
   Picture1.Cls
   Picture1.AutoRedraw = 1:   Picture1.ScaleLeft = -50:
   Picture1.ScaleTop = 50:   Picture1.ScaleWidth = 100:
   Picture1.ScaleHeight = -100:   Picture1.DrawWidth = 1
   SSPanel2.Visible = False:   Label2.Visible = False:
   SSPanel3.Visible = False
   Picture1.Circle (0, 0), 45, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.75, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.5, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.375, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.25, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.125), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.375), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(-45, 0), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(0, 45), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(45, 0), RGB(255, 0, 0)
```

```
Picture1.Line (0, 0)-(0, -45), RGB(255, 0, 0)
Picture1.CurrentX = -1:   Picture1.CurrentY = 41.5:
Picture1.Print "- 5"
Picture1.CurrentX = -1.5:   Picture1.CurrentY = 35.75:
Picture1.Print "- 10"
Picture1.CurrentX = -1.5:   Picture1.CurrentY = 30:
Picture1.Print "- 15"
Picture1.CurrentX = -1.5:   Picture1.CurrentY = 24.5:
Picture1.Print "- 20"
Picture1.CurrentX = -1.5:   Picture1.CurrentY = 18.75:
Picture1.Print "- 25"
Picture1.CurrentX = -1.5:   Picture1.CurrentY = 13.25:
Picture1.Print "- 30"
Picture1.CurrentX = -49:   Picture1.CurrentY = 1.5:
Picture1.Print "90"
Picture1.CurrentX = -0.5:   Picture1.CurrentY = 48.25:
Picture1.Print "0"
Picture1.CurrentX = 45.5:   Picture1.CurrentY = 1.5:
Picture1.Print "270"
Picture1.CurrentX = -2:   Picture1.CurrentY = -46:
Picture1.Print "180"
Picture1.Line (0, 0)-((45 * 1 / (2)), (45 * Sqr(3) / 2)),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * Sqr(3) / 2), (45 * 1 / (2))),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), (45 * Sqr(3) / 2)),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), (45 * 1 / (2))),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (1 / (2))), (45 * (-Sqr(3) / 2))),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), 45 * (-Sqr(3) / 2)),
        RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
        RGB(255, 0, 0)
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub Form_Resize()
  If WindowState = 0 Then
  Move (Screen.Width - FormCom.Width) / 2,
       (Screen.Height - FormCom.Height) / 2
  End If
End Sub

Private Sub Command1(+)_Click()
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim temp As Variant
  MSComm1.PortOpen = True
For i = 0 To 8 Step 8
  MSComm1.Output = Hex(8)
  j = 8
start11:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData11
  Else
    GoTo start11
  End If
SaveData11:
  MSComm1.Output = Hex(4)
start22:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData22
  Else
    GoTo start22
  End If
SaveData22:
  MSComm1.Output = Hex(2)
start33:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
```

```
    Loop
    GoTo SaveData33
  Else
    GoTo start33
  End If
SaveData33:
  MSComm1.Output = Hex(1)
start44:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData44
  Else
    GoTo start44
  End If
SaveData44:
Next i
  MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub Command2(-)_Click()
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim temp As Variant
  MSComm1.PortOpen = True
For i = 0 To 8 Step 8
  MSComm1.Output = Hex(1)
  j = 1
start11:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData11
  Else
    GoTo start11
  End If
SaveData11:
  MSComm1.Output = Hex(2)
start22:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData22
  Else
    GoTo start22
  End If
SaveData22:
  MSComm1.Output = Hex(4)
start33:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData33
  Else
    GoTo start33
  End If
SaveData33:
  MSComm1.Output = Hex(8)
start44:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp = temp + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData44
  Else
    GoTo start44
  End If
SaveData44:
Next i
  MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Test
Screen.MousePointer = 11
Dim zmin As Variant
Dim zmax As Variant
```

```
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim d As Integer
Dim p As Integer
Dim a As Integer
Dim e As Integer
Dim temp(360) As Variant
Dim max As Variant
Dim X(360) As Variant
Dim Y(360) As Variant
Dim k As Variant
Dim l As Variant
Dim m As Variant
Dim n As Variant
Dim pmax As Variant
Const pi = 3.14159265
'========== Initial value ==========='
  MSComm1.PortOpen = True
For d = 0 To 352 Step (8)
  MSComm1.Output = Hex(Val(1))
  p = d
start1:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData1
  Else
    GoTo start1
  End If
SaveData1:
  z(p) = Asc(temp(p))
  MSComm1.Output = Hex(Val(2))
  p = d + 2
start2:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData2
  Else
    GoTo start2
  End If
SaveData2:
  z(p) = Asc(temp(p))
  MSComm1.Output = Hex(Val(4))
  p = d + 4
start3:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData3
  Else
    GoTo start3
  End If
SaveData3:
  z(p) = Asc(temp(p))
  MSComm1.Output = Hex(Val(8))
  p = d + 6
start4:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData4
  Else
    GoTo start4
  End If
SaveData4:
  z(p) = Asc(temp(p))
Next d
  MSComm1.PortOpen = False
'=================================================='
For i = 0 To 720 Step (2)
If i < 360 Then
  k = i + 2
  If i = 358 Then
    z(0) = ((z(i) + z(0)) / 2)
  Else
```

```
    z(k) = ((z(i) + z(k)) / 2)
  End If
Else
  If i = 360 Then
    e = 0
    k = e + 2
  z(k) = ((z(e) + z(k)) / 2)
  Else
  e = i - 360
  k = e + 2
  z(k) = ((z(e) + z(k)) / 2)
  End If
End If
Next i
'=============================================='
For i = 0 To 358 Step (2)
  c = 360 - i
  If c = 360 Then
    c = 0
    k = 358
  z(k) = ((z(c) + z(k)) / 2)
  Else
    k = c - 2
  z(k) = ((z(c) + z(k)) / 2)
  End If
Next i
'=============================================='
zmin = z(0)
For p = 0 To 360 Step (2)
  If z(p) < zmin Then
  zmin = z(p)
  Else
  End If
Next p
For p = 0 To 360 Step (2)
    z(p) = Abs(z(p) - zmin + zmin / 10)
Next p

'================ Normalize ================='
    max = z(0)
For p = 0 To 358 Step (2)
  If z(p) > max Then
    max = z(p)
    pmax = p
  Else
  End If
Next p
For p = 0 To 358 Step (2)
  z(p) = (z(p) / max)
Next p
'================ Plotting ================='
  For i = 0 To 180 Step (2)
  m = i + 90
  k = i + 2
  If k < 182 Then
plot1:  n = m + 2
  X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
  Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
  X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
  Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
  Picture1.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))
  - ((X(k) * 45), ((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
  Else
    GoTo plot
  End If
  Next i
plot:  For i = 180 To 358 Step (2)
  m = i + 90
  k = i + 2
  If k < 360 Then
  n = m + 2
plot2:  X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
  Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
  X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
  Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
  Picture1.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))
  -((X(k) * 45), ((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
  Else
  X(358) = z(358) * Cos(448 * pi / 180)
  Y(358) = z(358) * Sin(448 * pi / 180)
```

```
    X(0) = z(0) * Cos(90 * pi / 180)
    Y(0) = z(0) * Sin(90 * pi / 180)
    Picture1.Line (((X(358) * 45)), ((Y(358)) * 45))-
((X(0) * 45), ((Y(0)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    End If
    Next i
'=============================================================
delcc = 0.1
For p = 2 To 90 Step (2)
  i = pmax + p
  If i < 360 Then
    del = Abs(0.925 - z(i))
    If del < delcc Then
      delcc = del
      cc = i
      ccw = p
    Else
    End If
  Else
    i = i - 360
    del = Abs(0.925 - z(i))
    If del < delcc Then
      delcc = del
      cc = i
      ccw = p
    Else
    End If
  End If
Next p
delc = 0.1
For p = 2 To 90 Step (2)
  i = pmax - p
  If i > 0 Or i = 0 Then
    del = Abs(0.925 - z(i))
    If del < delc Then
      delc = del
      c = i
      cw = p
    Else
    End If
  Else
    i = i + 360
    del = Abs(0.925 - z(i))
    If del < delc Then
      delc = del
      c = i
      cw = p
    Else
    End If
  End If
Next p

  m = c + 90
  w2 = m
  BWx1 = 45 * z(c) * Cos(m * pi / 180)
  BWy1 = 45 * z(c) * Sin(m * pi / 180)
  Picture1.Line (0, 0)-(BWx1, BWy1), RGB(0, 255, 255)
Picture1.Line (BWx1, BWy1)-(45 * 1.1 * Cos(m * pi /
180), 45 * 1.1 * Sin(m * pi / 180)), RGB(0, 255, 255)
  n = cc + 90
  w1 = n
  BWx2 = 45 * z(cc) * Cos(n * pi / 180)
  BWy2 = 45 * z(cc) * Sin(n * pi / 180)
  Picture1.Line (0, 0)-(BWx2, BWy2), RGB(0, 255, 255)
  Picture1.Line (BWx2, BWy2)-(45 * 1.1 * Cos(n * pi /
180), 45 * 1.1 * Sin(n * pi / 180)), RGB(0, 255, 255)
  bw = (cw + ccw)
'=============================================================
  MSComm1.PortOpen = True
For d = 0 To 352 Step (8)
  MSComm1.Output = Hex(8)
start11:
  If MSComm1.InBufferCount Then
    Do Until MSComm1.InBufferCount = False
    temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
    Loop
    GoTo SaveData11
  Else
    GoTo start11
  End If
```

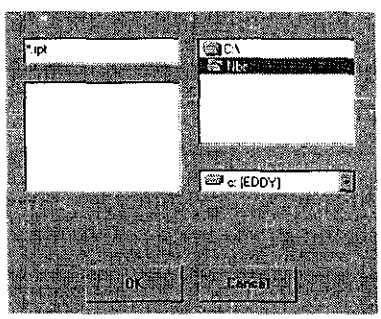
```
SaveData11:
   MSComm1.Output = Hex(4)
start22:
   If MSComm1.InBufferCount Then
      Do Until MSComm1.InBufferCount = False
      temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
      Loop
      GoTo SaveData22
   Else
      GoTo start22
   End If
SaveData22:
   MSComm1.Output = Hex(2)
start33:
   If MSComm1.InBufferCount Then
      Do Until MSComm1.InBufferCount = False
      temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
      Loop
      GoTo SaveData33
   Else
      GoTo start33
   End If
SaveData33:
   MSComm1.Output = Hex(1)
start44:
   If MSComm1.InBufferCount Then
      Do Until MSComm1.InBufferCount = False
      temp(p) = temp(p) + MSComm1.Input
      Loop
      GoTo SaveData44
   Else
      GoTo start44
   End If
SaveData44:
Next d
   MSComm1.PortOpen = False
   Label2.Caption = bw
SSPanel2.Visible = True:  Label2.Visible = True:
SSPanel3.Visible = True
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Clear
Screen.MousePointer = 11
Picture1.Picture = LoadPicture("")
SSPanel2.Visible = False:       Label2.Visible = False:
          SSPanel3.Visible = False
Picture1.Cls
Picture1.AutoRedraw = 1
Picture1.ScaleLeft = -50:  Picture1.ScaleTop = 50:
Picture1.ScaleWidth = 100:
Picture1.ScaleHeight = -100:  Picture1.DrawWidth = 1
   Picture1.Circle (0, 0), 45, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.75, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.5, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.375, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.25, RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.125), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.375), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(-45, 0), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(0, 45), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(45, 0), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.Line (0, 0)-(0, -45), RGB(255, 0, 0)
   Picture1.CurrentX = -1:  Picture1.CurrentY = 41.5:
Picture1.Print "- 5"
   Picture1.CurrentX = -1.5:  Picture1.CurrentY = 35.75:
Picture1.Print "- 10"
   Picture1.CurrentX = -1.5:  Picture1.CurrentY = 30:
Picture1.Print "- 15"
   Picture1.CurrentX = -1.5:  Picture1.CurrentY = 24.5:
Picture1.Print "- 20"
   Picture1.CurrentX = -1.5:  Picture1.CurrentY = 18.75:
Picture1.Print "- 25"
   Picture1.CurrentX = -1.5:  Picture1.CurrentY = 13.25:
Picture1.Print "- 30"
   Picture1.CurrentX = -49:  Picture1.CurrentY = 1.5:
Picture1.Print "90"
   Picture1.CurrentX = -0.5:  Picture1.CurrentY = 48.25:
Picture1.Print "0"
```

```
  Picture1.CurrentX = 45.5:   Picture1.CurrentY = 1.5:
Picture1.Print "270"
  Picture1.CurrentX = -2:   Picture1.CurrentY = -46:
Picture1.Print "180"
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * 1 / (2)), (45 * Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * Sqr(3) / 2), (45 * 1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), (45 * Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), (45 * 1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (1 / (2))), (45 * (-Sqr(3) / 2))),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), 45 * (-Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand3_Click()          ' Data Table
Dim i As Integer
Dim k As Integer
Dim j As Integer
Screen.MousePointer = 11
  Load FormPower
  FormPower.Show
For i = 0 To 11
  FormPower.Grid1.ColAlignment(i) = 2
Next i
For i = 1 To 11 Step 2
FormPower.Grid1.ColWidth(i) = 1000
Next i
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 0:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 1:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 2:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 3:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 4:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 5:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 6:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 7:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 8:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 9:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 10:
FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
  FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 11:
FormPower.Grid1.Text = "     Power"

For i = 1 To 30
  k = i - 1
  j = k * 2
  p = j + 314
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 0:
FormPower.Grid1.Text = j
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 1:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 14), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 2:
FormPower.Grid1.Text = j + 60
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 3:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 74), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 4:
FormPower.Grid1.Text = j + 120
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 5:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 134), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 6:
FormPower.Grid1.Text = j + 180
```

```
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 7:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 194), "0.00")
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 8:
FormPower.Grid1.Text = j + 240
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 9:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 254), "0.00")
    If p < 360 Then
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 10:
FormPower.Grid1.Text = j + 300
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 11:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(p), "0.00")
    Else
    p = p - 360
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 10:
FormPower.Grid1.Text = j + 300
    FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 11:
FormPower.Grid1.Text = Format$(z(p), "0.00")
    End If
Next i
    FormCom.Hide
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand4_Click()
Screen.MousePointer = 11
    Load FormMain
    FormMain.Visible = True
    Unload FormCom
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuSave_Click()
Screen.MousePointer = 11
    FormSdata.Show
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuOpen_Click()
Screen.MousePointer = 11
    FormOpen.Show
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Dim zmin As Variant
Dim zmax As Variant
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim d As Integer
Dim p As Integer
Dim a As Integer
Dim e As Integer
Dim temp(360) As Variant
Dim max As Variant
Dim s(360) As Variant
Dim X(360) As Variant
Dim Y(360) As Variant
Dim k As Variant
Dim l As Variant
Dim m As Variant
Dim n As Variant
Const pi = 3.14159265
'================ Set Scale ================'
    Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:    Printer.ScaleWidth = 50
    Printer.Print:    Printer.Print:    Printer.Print:
Printer.Print
    Printer.FontSize = 24
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(35); "Radiation Pattern"
    Printer.FontSize = 16
    Printer.FontBold = 0
'==========================================='
    Printer.ScaleLeft = -60:    Printer.ScaleTop = 86.5:
Printer.ScaleWidth = 120:    Printer.ScaleHeight = -173
'==========================================='
    Printer.Circle (0, 0), 45, RGB(255, 0, 0)
    Printer.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.125), RGB(255, 0, 0)
    Printer.Circle (0, 0), 45 * 0.75, RGB(255, 0, 0)
```

```
  Printer.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.375), RGB(255, 0, 0)
  Printer.Circle (0, 0), 45 * 0.5, RGB(255, 0, 0)
  Printer.Circle (0, 0), 45 * 0.375, RGB(255, 0, 0)
  Printer.Circle (0, 0), 45 * 0.25, RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-(-45, 0), RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-(0, 45), RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-(45, 0), RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-(0, -45), RGB(255, 0, 0)
'=============================================='
  Printer.CurrentX = -1:   Printer.CurrentY = 42:
Printer.Print "- 5"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = 36.25:
Printer.Print "- 10"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = 30.625:
Printer.Print "- 15"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = 25:
Printer.Print "- 20"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = 19.25:
Printer.Print "- 25"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = 13.75:
Printer.Print "- 30"
  Printer.CurrentX = -49:   Printer.CurrentY = 2.5:
Printer.Print "90"
  Printer.CurrentX = -0.75:   Printer.CurrentY = 50:
Printer.Print "0"
  Printer.CurrentX = 45.5:   Printer.CurrentY = 2.5:
Printer.Print "270"
  Printer.CurrentX = -1.5:   Printer.CurrentY = -46:
Printer.Print "180"
'==============================================
  Printer.Line (0, 0)-((45 * 1 / (2)), (45 * Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * Sqr(3) / 2), (45 * 1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), (45 * Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), (45 * 1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (1 / (2))), (45 * (-Sqr(3) / 2))),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))), 45 * (-Sqr(3) / 2)),
RGB(255, 0, 0)
  Printer.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)), 45 * (-1 / (2))),
RGB(255, 0, 0)
'==============================================
    For i = 0 To 180 Step (2)
    m = i + 90
    k = i + 2
    If k < 182 Then
plot1:  n = m + 2
    X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
    Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
    X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
    Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
    Printer.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))-((X(k) * 45),
((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    Else
      GoTo plot
    End If
skip:     Next i
plot:  For i = 180 To 358 Step (2)
    m = i + 90
    k = i + 2
    If k < 360 Then
    n = m + 2
plot2:  X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
    Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
    X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
    Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
    Printer.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))-((X(k) * 45),
((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    Else
    X(358) = z(358) * Cos(448 * pi / 180)
    Y(358) = z(358) * Sin(448 * pi / 180)
    X(0) = z(0) * Cos(90 * pi / 180)
    Y(0) = z(0) * Sin(90 * pi / 180)
    Printer.Line (((X(358) * 45)), ((Y(358)) * 45))
     -((X(0) * 45), ((Y(0)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
```

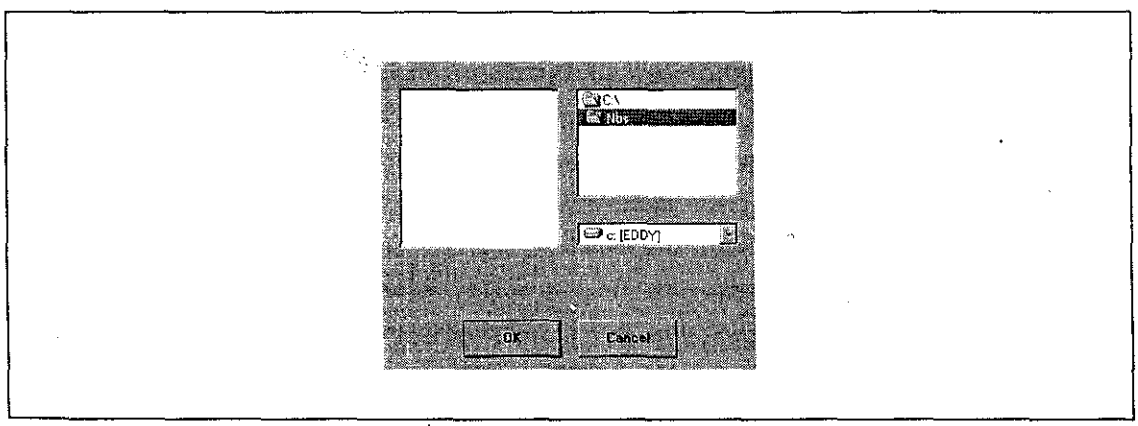
```
    End If
    Next i
  m = w2
  BWx1 = 45 * z(m - 90) * Cos(m * pi / 180)
  BWy1 = 45 * z(m - 90) * Sin(m * pi / 180)
  Printer.Line (0, 0)-(BWx1, BWy1), RGB(0, 255, 255)
  Printer.Line (BWx1, BWy1)-(45 * 1.1 * Cos(m * pi /
180), 45 * 1.1 * Sin(m * pi / 180)), RGB(0, 255, 255)
  n = w1
  BWx2 = 45 * z(n - 90) * Cos(n * pi / 180)
  BWy2 = 45 * z(n - 90) * Sin(n * pi / 180)
  Printer.Line (0, 0)-(BWx2, BWy2), RGB(0, 255, 255)
  Printer.Line (BWx2, BWy2)-(45 * 1.1 * Cos(n * pi /
180), 45 * 1.1 * Sin(n * pi / 180)), RGB(0, 255, 255)

  Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
  Printer.CurrentX = -5:  Printer.CurrentY = -17:
Printer.Print "Beamwidth : "
  Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -17:
Printer.Print bw
  Printer.CurrentX = 3:  Printer.CurrentY = -17:
Printer.Print "degree"
  Printer.CurrentX = -22:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print "Type of Antenna :"
  Printer.CurrentX = -14:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print typ
  Printer.CurrentX = -3.25:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print "Test by :"
  Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print nam
  Printer.CurrentX = 12.45:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print "Date : "
  Printer.CurrentX = 15.5:  Printer.CurrentY = -21.5:
Printer.Print Format$(Now, "dd/mm/yy")
  Printer.CurrentX = -15:  Printer.CurrentY = -19.5:
  Printer.Print "Suranaree University of Technology School
of Telecommunication Engineering"
  Printer.Line (-23, -19)-(23, -19):  Printer.Line (-23, -21)-
(23, -21):  Printer.Line (-4, -21)-(-4, -23)
  Printer.Line (12, -21)-(12, -23):  Printer.Line (-23, 23)-
(23, 23):  Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
  Printer.Line (-23, -23)-(23, -23):  Printer.Line (23, 23)-
(23, -23):  Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
  End
End Sub
```



รูปที่ ก.4 แสดงจอภาพ FormSdata

```
Private Sub Form_Resize()
  If WindowsState = 0 Then
    Move (Screen.Width - FormSdata.Width) / 2,
(Screen.Height - FormSdata.Height) / 2
  End If
```

```
End Sub

Private Sub Drive1_Change()
   Dir1.Path = Drive1.Drive
End Sub

Private Sub Dir1_Change()
   File1.Path = ""
   File1.Path = Dir1.Path
End Sub

Private Sub File1_Click()
   Text1.Text = File1.filename
End Sub

Private Sub Command1_Click()  ' OK
Screen.MousePointer = 11
On Error GoTo err
Open Text1.Text For Random As #1 Len = 10
For i% = 1 To 181
   Put #1, i%, z((2 * i%) - 2)
Next i%
   Put #1, 182, bw: Put #1, 183, w1: Put #1, 184, w2
Close #1
Text1.Text = "*.rpt"
FormSdata.Hide
FormCom.Show
Screen.MousePointer = 0
err: Command2_Click
   Exit Sub
End Sub

Private Sub Command2_Click()  ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormSdata.Hide
   FormCom.Show
Text1.Text = "*.rpt"
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```



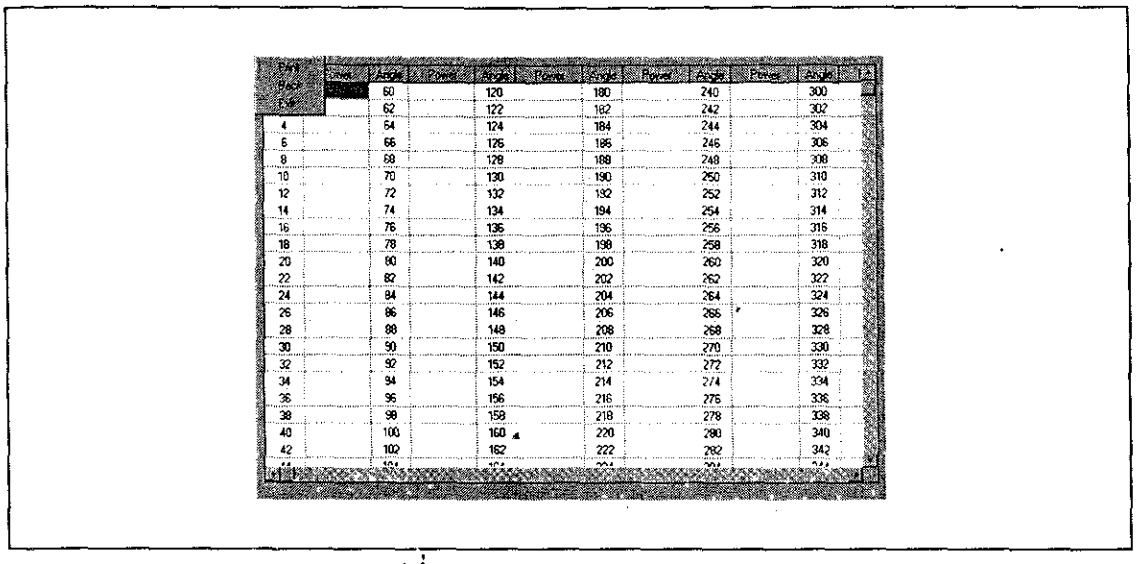
รูปที่ ก.5 แสดงจอภาพ FormOpen

```
Private Sub Form_Resize()
   If WindowsState = 0 Then
      Move (Screen.Width - FormOpen.Width) / 2,
(Screen.Height - FormOpen.Height) / 2
   End If
End Sub

Private Sub Drive1_Change()
   Dir1.Path = Drive1.Drive
End Sub

Private Sub Dir1_Change()
   File1.Path = ""
   File1.Path = Dir1.Path
End Sub
```

```
Private Sub File1_DblClick()
   Command1_Click
End Sub

Private Sub Command1_Click()  ' OK
Screen.MousePointer = 11
Dim X(360) As Variant
Dim Y(360) As Variant
Dim i As Integer
Dim m As Integer
Dim n As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Const pi = 3.14
On Error GoTo err
   FormCom.Picture1.Picture = LoadPicture("")
   FormCom.Picture1.Cls:
   FormCom.Picture1.AutoRedraw = 1
   FormCom.Picture1.ScaleLeft = -50
   FormCom.Picture1.ScaleTop = 50
   FormCom.Picture1.ScaleWidth = 100
   FormCom.Picture1.ScaleHeight = -100
   FormCom.Picture1.DrawWidth = 1
   FormCom.SSPanel2.Visible = False
   FormCom.Label2.Visible = False
   FormCom.SSPanel3.Visible = False
'=============================================================
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45, RGB(255, 0, 0):
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.75, RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.5, RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.375,
          RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 * 0.25, RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.125),
          RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Circle (0, 0), 45 - (45 * 0.375),
          RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(-45, 0), RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(0, 45), RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(45, 0), RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(0, -45), RGB(255, 0, 0)
FormCom.Picture1.CurrentX = -1:
FormCom.Picture1.CurrentY = 41.5:
FormCom.Picture1.Print "- 5"
FormCom.Picture1.CurrentX = -1.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 35.75:
FormCom.Picture1.Print "- 10"
FormCom.Picture1.CurrentX = -1.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 30:
FormCom.Picture1.Print "- 15"
FormCom.Picture1.CurrentX = -1.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 24.5:
FormCom.Picture1.Print "- 20"
FormCom.Picture1.CurrentX = -1.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 18.75:
FormCom.Picture1.Print "- 25"
FormCom.Picture1.CurrentX = -1.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 13.25:
FormCom.Picture1.Print "- 30"
FormCom.Picture1.CurrentX = -49:
FormCom.Picture1.CurrentY = 1.5:
FormCom.Picture1.Print "90"
FormCom.Picture1.CurrentX = -0.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 48.25:
FormCom.Picture1.Print "0"
FormCom.Picture1.CurrentX = 45.5:
FormCom.Picture1.CurrentY = 1.5:
FormCom.Picture1.Print "270"
FormCom.Picture1.CurrentX = -2:
FormCom.Picture1.CurrentY = -46:
FormCom.Picture1.Print "180"
'=============================================================
   FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * 1 / (2)),
   (45 * Sqr(3) / 2)), RGB(255, 0, 0)
   FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * Sqr(3) / 2),
   (45 * 1 / (2))), RGB(255, 0, 0)
   FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))),
   (45 * Sqr(3) / 2)), RGB(255, 0, 0)
   FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)),
   (45 * 1 / (2))), RGB(255, 0, 0)
```

```
  FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (1 / (2))),
  (45 * (-Sqr(3) / 2))), RGB(255, 0, 0)
  FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (Sqr(3) / 2)),
  45 * (-1 / (2))), RGB(255, 0, 0)
  FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-1 / (2))),
  45 * (-Sqr(3) / 2)), RGB(255, 0, 0)
  FormCom.Picture1.Line (0, 0)-((45 * (-Sqr(3) / 2)),
  45 * (-1 / (2))), RGB(255, 0, 0)
'=============================================
Open File1.filename For Random As #1 Len = 10
For i = 1 To 181
  Get #1, i, z((2 * i) - 2)
Next i
  Get #1, 182, bw: Get #1, 183, w1: Get #1, 184, w2
Close #1
    For i = 0 To 180 Step (2)
    m = i + 76
    k = i + 2
    If k < 182 Then
plot1:  n = m + 2
    X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
    Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
    X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
    Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
    FormCom.Picture1.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))-
((X(k) * 45), ((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    Else
      GoTo plot
    End If
    Next i
plot:   For i = 180 To 358 Step (2)
    m = i + 90
    k = i + 2
    If k < 360 Then
    n = m + 2
plot2:  X(i) = z(i) * Cos(m * pi / 180)
    Y(i) = z(i) * Sin(m * pi / 180)
    X(k) = z(k) * Cos(n * pi / 180)
    Y(k) = z(k) * Sin(n * pi / 180)
    FormCom.Picture1.Line (((X(i) * 45)), ((Y(i)) * 45))
      -((X(k) * 45), ((Y(k)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    Else
    X(358) = z(358) * Cos(448 * pi / 180)
    Y(358) = z(358) * Sin(4348* pi / 180)
    X(0) = z(0) * Cos(90 * pi / 180)
    Y(0) = z(0) * Sin(90 * pi / 180)
    FormCom.Picture1.Line (((X(358) * 45)), ((Y(358)) *
45))-((X(0) * 45), ((Y(0)) * 45)), RGB(0, 0, 255)
    End If
    Next i
  m = w2
  BWx1% = 45 * z(m - 90) * Cos(m * pi / 180)
  BWy1% = 45 * z(m - 90) * Sin(m * pi / 180)
FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(BWx1%, BWy1%),
RGB(0, 255, 255)
FormCom.Picture1.Line (BWx1%, BWy1%)-(45 * 1.1 *
Cos(m  pi / 180), 45 * 1.1 * Sin(m * pi / 180)),
RGB(0, 255, 255)
  n = w1
  BWx2% = 45 * z(n - 76) * Cos(n * pi / 180)
  BWy2% = 45 * z(n - 76) * Sin(n * pi / 180)
  FormCom.Picture1.Line (0, 0)-(BWx2%, BWy2%),
RGB(0, 255, 255)
  FormCom.Picture1.Line (BWx2%, BWy2%)-(45 * 1.1 *
Cos(n * pi / 180), 45 * 1.1 * Sin(n * pi / 180)),
  RGB(0, 255, 255)
FormOpen.Hide
Load FormCom
FormCom.Show
  FormCom.Label2.Caption = bw
  FormCom.SSPanel2.Visible = True
  FormCom.Label2.Visible = True
  FormCom.SSPanel3.Visible = True
'=============================================
For i = 0 To 11
  FormPower.Grid1.ColAlignment(i) = 2
Next i
For i = 1 To 11 Step 2
  FormPower.Grid1.ColWidth(i) = 1000
Next i
```

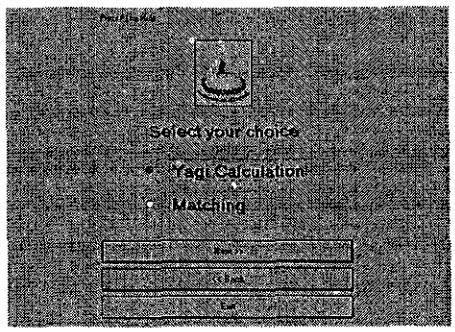
```
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 0: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 1: FormPower.Grid1.Text = " Power"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 2: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 3: FormPower.Grid1.Text = " Power"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 4: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 5: FormPower.Grid1.Text = " Power"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 6: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 7: FormPower.Grid1.Text = " Power"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 8: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 9: FormPower.Grid1.Text = " Power"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 10: FormPower.Grid1.Text = "  Angle"
FormPower.Grid1.Row = 0: FormPower.Grid1.Col = 11: FormPower.Grid1.Text = " Power"

For i = 1 To 30
  k = i - 1:   j = k * 2:   p = j + 314
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 0: FormPower.Grid1.Text = j
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 1: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 14), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 2: FormPower.Grid1.Text = j + 60
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 3: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 74), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 4: FormPower.Grid1.Text = j + 120
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 5: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 134), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 6: FormPower.Grid1.Text = j + 180
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 7: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 194), "0.00")
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 8: FormPower.Grid1.Text = j + 240
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 9: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(j + 254), "0.00")
  If p < 360 Then
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 10: FormPower.Grid1.Text = j + 300
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 11: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(p), "0.00")
  Else
  p = p - 360
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 10: FormPower.Grid1.Text = j + 300
  FormPower.Grid1.Row = i: FormPower.Grid1.Col = 11: FormPower.Grid1.Text = Format$(z(p), "0.00")
  End If
Next i
err: Command2_Click
  Exit Sub
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub Command2_Click()  ' Cancel
                                        Screen.MousePointer = 11
                                          FormCom.Show:   FormOpen.Hide
                                        Screen.MousePointer = 0
                                        End Sub
```



	Angle	Power	Angle	Power	Angle	Power	Angle	Power	Angle
	60		120		180		240		300
	62		122		182		242		302
4	64		124		184		244		304
6	66		126		186		246		306
8	68		128		188		248		308
10	70		130		190		250		310
12	72		132		192		252		312
14	74		134		194		254		314
16	76		136		196		256		316
18	78		138		198		258		318
20	80		140		200		260		320
22	82		142		202		262		322
24	84		144		204		264		324
26	86		146		206		266		326
28	88		148		208		268		328
30	90		150		210		270		330
32	92		152		212		272		332
34	94		154		214		274		334
36	96		156		216		276		336
38	98		158		218		278		338
40	100		160		220		280		340
42	102		162		222		282		342

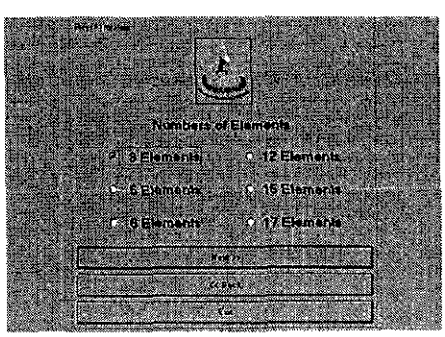
รูปที่ ก.6 แสดงจอภาพ FormPower

```
Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Dim i As Integer
Dim p As Integer
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(8); "Angle"; Tab(20); "Power";
   Tab(34); "Angle"; Tab(46); "Power";
   Tab(60); "Angle"; Tab(72); "Power"
   Printer.Print
   Printer.Print
For i = 0 To 118 Step (2)
   Printer.Print Tab(8); i;
   Tab(20); Format$(z(i + 14), "0.00");
  Tab(34); i + 120; Tab(46); Format$(z(i + 134), "0.00");
   p = i + 254
   If p < 360 Then
   Printer.Print Tab(60); i + 240;
   Tab(72); Format$(z(p), "0.00")
   Else
   p = p - 360
   Printer.Print Tab(60); i + 240;
   Tab(72); Format$(z(p), "0.00")
   End If
Next i
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.Line (-22, 24)-(22, 24)
   Printer.Line (-24, 24)-(24, 24)
   Printer.Line (-24, 24)-(-24, -24)
   Printer.Line (24, 24)-(24, -24)
   Printer.Line (-24, -24)-(24, -24)
   Printer.Line (-8, 24)-(-8, -24)
   Printer.Line (8, 24)-(8, -24)
Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuBack_Click()
Screen.MousePointer = 11
   Unload FormPower
   FormPower.Hide
   Load FormCom
   FormCom.Show
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub
```



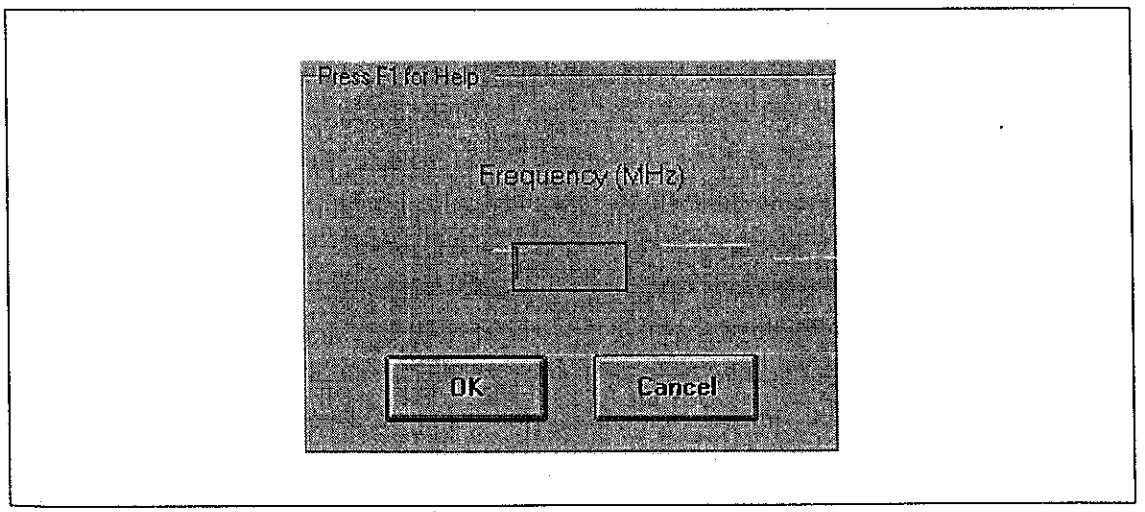
รูปที่ ก.7 แสดงจอภาพ FormCal

```
Private Sub Form_Load()
  SSOption1.Value = True
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Next
Screen.MousePointer = 11
  If SSOption1.Value = True Then
  Load FormNBS
  FormNBS.Visible = True
  Unload FormCal
  Else
  If SSOption2.Value = True Then
  Load FormMatching
  FormMatching.Visible = True
  Unload FormCal
  Else
    MsgBox "Please select one"
  End If
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
  Load FormMain
  FormMain.Visible = True
  Unload FormCal
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand3_Click()          ' Exit
  End
End Sub
```



รูปที่ ก.8 แสดงจอภาพ FormNBS

```
Private Sub Form_Load()
   opt3e.Value = True
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Next
Screen.MousePointer = 11
   If opt3e.Value = True Then
   FormInfre3E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
   If opt5e.Value = True Then
   FormInfre5E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
   If opt6e.Value = True Then
   FormInfre6E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
   If opt12e.Value = True Then
   FormInfre12E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
   If opt15e.Value = True Then
   FormInfre15E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
   If opt17e.Value = True Then
   FormInfre17E.Show
   FormNBS.Enabled = False
   Else
      MsgBox "Please select one"
   End If
   End If
   End If
   End If
   End If
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Unload FormNBS
   FormCal.Show
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand3_Click()          ' Exit
   End
End Sub
```

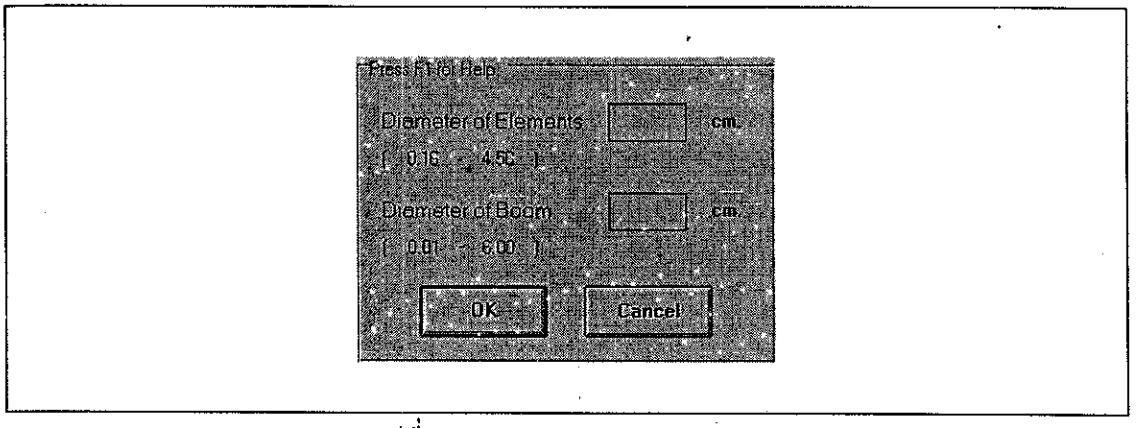


รูปที่ ก.9 แสดงจอภาพ FormInfre

```
Private Sub Form_Resize()
  If WindowsState = 0 Then
    Move (Screen.Width - FormInfre3E.Width) / 2,
         (Screen.Height - FormInfre3E.Height) / 2
  End If
End Sub

' FOR YAGI 3 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If Fre = 0 Then
    MsgBox ("Error")
    TabIndex = 0
  Else
  Fre = Val(Text1.Text)
  lam = 300 / Fre
  ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
  ran2 = ((0.03 * lam) * 100) - 0.004
  bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
  Unload FormInfre3E
  Load FormInput3E
  FormInput3E.Visible = True
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormNBS.Enabled = True
  Load FormNBS
  Unload FormInfre3E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 5 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If Fre = 0 Then
    MsgBox ("Error")
    TabIndex = 0
  Else
  Fre = Val(Text1.Text)
  lam = 300 / Fre
  ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
  ran2 = ((0.03 * lam) * 100) - 0.004
  bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
  Unload FormInfre5E
  Load FormInput5E
  FormInput5E.Visible = True
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormNBS.Enabled = True
  Load FormNBS
  Unload FormInfre5E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 6 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If Fre = 0 Then
    MsgBox ("Error")
    TabIndex = 0
  Else
  Fre = Val(Text1.Text)
  lam = 300 / Fre
  ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
  ran2 = ((0.028 * lam) * 100) - 0.004
  bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
  Unload FormInfre6E
  Load FormInput6E
  FormInput6E.Visible = True
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```

```
Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInfre6E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 12 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   If Fre = 0 Then
      MsgBox ("Error")
      TabIndex = 0
   Else
   Fre = Val(Text1.Text)
   lam = 300 / Fre
   ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
   ran2 = ((0.0085 * lam) * 100) - 0.004
   bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
   Unload FormInfre12E
   Load FormInput12E
   FormInput12E.Visible = True
   FormNBS.Enabled = False
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInfre12E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 15 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   If Fre = 0 Then
      MsgBox ("Error")
      TabIndex = 0
   Else
   Fre = Val(Text1.Text)
   lam = 300 / Fre
   ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
   ran2 = ((0.01 * lam) * 100) - 0.004
   bran1 = 0
   bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
   Unload FormInfre15E
   Load FormInput15E
   FormInput15E.Visible = True
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInfre15E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 17 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   If Fre = 0 Then
      MsgBox ("Error")
      TabIndex = 0
   Else
   Fre = Val(Text1.Text)
   lam = 300 / Fre
   ran1 = ((0.00105 * lam) * 100) + 0.004
   ran2 = ((0.0085 * lam) * 100) - 0.004
   bran2 = ((0.04 * lam) * 100) - 0.004
   Unload FormInfre17E
   Load FormInput17E
   FormInput17E.Visible = True
   End If
```

```
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
    FormNBS.Enabled = True
    Load FormNBS
    Unload FormInfre17E
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```



รูปที่ ก.10 แสดงจอภาพ FormInput

```
Private Sub Form_Load()
   LabelDE = Format$(ran2, "0.00")
   Label6 = Format$(ran1, "0.00")
   LabelDB = Format$(bran2, "0.00")
End Sub

' FOR YAGI 3 ELEMENTS
Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
   If dia < (0.00105 * lam) * 100 Or dia > (0.03 * lam) *
100 Then
      MsgBox "Out of range", 48, "Error"
   Else
   If bd <= 0 Or bd > (0.04 * lam) * 100 Then
      MsgBox "Out of range", 48, "Error"
   Else
   dri = lam * 46.6
   spa1 = 0.2 * lam * 100
   boom = 0.4 * lam * 100
   x2 = dia / (lam * 100)
   pinst
   f5
   FormDim3.Show
   FormInput3E.Visible = False
   Unload FormInput3E
   Unload FormNBS
   End If
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInput3E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Pref()
   If x2 > 0.01 Then
   Pref3
   Else
      If x2 > 0.006 Then
      Pref2
      Else
      Pref1
```

```
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pref1()
  ref1 = (-8333333.33333704) * x2 ^ 4
      + (50000.0000000805) * x2 ^ 3
  ref2 = (408.333333332962) * x2 ^ 2
      + (-4.44999999999901) * x2
      + (0.494999999999999)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref2()
  ref1 = (20833333.3333352) * x2 ^ 4
      + (-708333.333333497) * x2 ^ 3
  ref2 = (8979.16666666845) * x2 ^ 2
      + (-50.7916666666682) * x2
      +(0.590500000000002)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref3()
  ref1 = (-33333.3333333194) * x2 ^ 4
      + (2333.33333333227) * x2 ^ 3
  ref2 = (-49.1666666666543) * x2 ^ 2
      + (-8.33333333358072E-03) * x2
      + (0.483500000000001)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub pinst()
  bdl = bd / (100 * lam)
  If (bdl > 0.02) Then
  Pins3
  Else
    If (bdl > 0.006) Then
    Pins2
    Else
    Pins1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pins1()
  B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4
     + (58333.3333333329) * bdl ^ 3
  B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
     + (0.891666666666665) * (bdl)
     + (-1.99999999999999E-04)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
  B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
     + (13646.825396826) * bdl ^ 3
  B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
     + (2.35460317460323) * (bdl)
     + (-4.90476190476206E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
  B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
     + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
  B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
     + (0.799999999999993) * (bdl)
     + (-1.99999999999971E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f5()
  Pref
  ref = (ref3) * 100 * lam
  reft = inscm + ref
  drit = inscm + dri
  xx2
```

```
End Sub

Private Sub xx1()
  If (x2 < 0.01) Or (x2 = 0.01) Then
  a = (-16534391534352.9) * x2 ^ 7
    + (347222222219.333) * x2 ^ 6
  b = (-1901455026.42832) * x2 ^ 5
    + (-3720238.09566448) * x2 ^ 4
  c = (67394.1798939475) * x2 ^ 3
    + (-228.769841272433) * x2 ^ 2
  d = (-2.69047619047392) * x2 + (0.466857142857142)
  y3 = a + b + c + d
  Else
  a = (-485807175537413#) * x2 ^ 9
    + (124059142442156#) * x2 ^ 8
  b = (-13798856770725.2) * x2 ^ 7
    + (876189493015.345) * x2 ^ 6
  c = (-34936989131.3987) * x2 ^ 5
    + (905071124.056655) * x2 ^ 4
  d = (-15190451.8926832) * x2 ^ 3
    + (158789.418912566) * x2 ^ 2
  e = (-936.631535279406) * x2 + (2.80969199442692)
  y3 = a + b + c + d + e
  End If
End Sub

Private Sub xx2()
'(*D-1*)
  xx1
  cm = y3 * lam * 100
  ins1 = cm + inscm
End Sub

' FOR YAGI 5 ELEMENTS
Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
  If dia < (0.00105 * lam) * 100 Or dia > (0.03 * lam) *
100 Then
    MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  If bd <= 0 Or bd > (0.04 * lam) * 100 Then
    MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  boom = 0.8 * lam * 100
  dri = (lam * 100) * 0.466
  spa1 = 0.2 * lam * 100
  x2 = dia / (lam * 100)
  pinst
  f5
  f4
  FormDim5.Show
  FormInput5E.Visible = False
  Unload FormInput5E
  Unload FormNBS
  End If
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
  FormNBS.Enabled = True
  Load FormNBS
  Unload FormInput5E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Pref()
  If x2 > 0.01 Then
  Pref3
  Else
    If x2 > 0.006 Then
    Pref2
    Else
    Pref1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pref1()
  ref1 = (-8333333.33333704) * x2 ^ 4
```

```
        + (50000.0000000805) * x2 ^ 3
    ref2 = (408.333333332962) * x2 ^ 2
        + (-4.44999999999901) * x2
        + (0.494999999999999)
    ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref2()
        ref1 = (20833333.3333352) * x2 ^ 4
            + (-708333.333333497) * x2 ^ 3
        ref2 = (8979.16666666845) * x2 ^ 2
            + (-50.7916666666682) * x2
            + (0.590500000000002)
        ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref3()
        ref1 = (-33333.3333333194) * x2 ^ 4
            + (2333.33333333227) * x2 ^ 3
        ref2 = (-49.1666666666543) * x2 ^ 2
            + (-8.33333333358072E-03) * x2
            + (0.483500000000001)
        ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub pinst()
    bdl = bd / (100 * lam)
    If (bdl > 0.02) Then
    Pins3
    Else
      If (bdl > 0.006) Then
      Pins2
      Else
      Pins1
      End If
    End If
End Sub

Private Sub Pins1()
    B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4 +
(58333.3333333329) * bdl ^ 3
    B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
        + (0.891666666666665) * (bdl)
        + (-1.99999999999999E-04)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
    B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
        + (13646.825396826) * bdl ^ 3
    B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
        + (2.35460317460323) * (bdl)
        + (-4.90476190476206E-03)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
    B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
        + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
    B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
        + (0.799999999999993) * (bdl)
        + (-1.99999999999971E-03)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f4()
    If x2 >= 0.0165 Then
    Pd6
    Else
      If x2 >= 0.01 Then
      Pd5
      Else
        If x2 >= 0.006 Then
        Pd4
        Else
          If x2 >= 0.0034 Then
```

```
        Pd3
        Else
          If x2 >= 0.0019 Then
          Pd2
          Else: Pd1
          End If
        End If
      End If
    End If
End Sub

Private Sub f5()
  Pref
  ref = (ref3) * 100 * lam
  reft = inscm + ref
  drit = inscm + dri
End Sub

Private Sub Pd1()
        con = 0.00583618
        xx5
End Sub

Private Sub Pd2()
        con = 0.00730232
        xx5
End Sub

Private Sub Pd3()
        con = 0.007437052
        xx5
End Sub

Private Sub Pd4()
        con = 0.006614282
        xx5
End Sub

Private Sub Pd5()
        con = 0.005590427
        xx5
End Sub

Private Sub Pd6()
        con = 0.005160168
        xx5
End Sub

Private Sub xx1()
  If x11 > 0.01 Or x11 = 0.01 Then
  a = (-2.51793627733189E+19) * x11 ^ 11
   + (6.68318250695563E+18) * x11 ^ 10
  b = (-7.88256657860152E+17) * x11 ^ 9
   + (5.44425910487731E+16) * x11 ^ 8
  c = (-2.44211161503289E+15) * x11 ^ 7
   + (74557188139393.5) * x11 ^ 6
  d = (-1577511793940.52) * x11 ^ 5
   + (23079519069.2125) * x11 ^ 4
  e = (-228240737.668412) * x11 ^ 3
   + (1460023.09037501) * x11 ^ 2
  f = (-5300.38253527321) * (x11) + (8.86585436076119)
  y3 = a + b + c + d + e + f
  Else
  a = (355489417989.738) * x11 ^ 6
   + (-10912698412.712) * x11 ^ 5
  b = (125702711.640306) * x11 ^ 4
   + (-672123.015873678) * x11 ^ 3
  c = (1765.31084656227) * x11 ^ 2
   + (-6.16071428571728) * x11
   + (0.459952380952382)
  y3 = a + b + c
  End If
End Sub

Private Sub xx2()
  If x1 > 0.01 Or x1 = 0.01 Then
  a = (-2.51793627733189E+19) * x1 ^ 11
   + (6.68318250695563E+18) * x1 ^ 10
  b = (-7.88256657860152E+17) * x1 ^ 9
```

```
  + (5.44425910487731E+16) * x1 ^ 8
c = (-2.44211161503289E+15) * x1 ^ 7
  + (74557188139393.5) * x1 ^ 6
d = (-1577511793940.52) * x1 ^ 5
  + (23079519069.2125) * x1 ^ 4
e = (-228240737.668412) * x1 ^ 3
  + (1449023.09037501) * x1 ^ 2
f = (-5300.38253527321) * (x1) + (8.86585436076119)
y1 = a + b + c + d + e + f
Else
a = (355489417989.738) * x1 ^ 6
  + (-10912698412.712) * x1 ^ 5
b = (125702711.640306) * x1 ^ 4
  + (-672123.015873678) * x1 ^ 3
c = (1765.31084656227) * x1 ^ 2
  + (-6.16071428571728) * x1 + (0.459952380952382)
y1 = a + b + c
End If
End Sub

Private Sub xx3()
If x2 > 0.01 Or x2 = 0.01 Then
a = (-2.51793627733189E+19) * x2 ^ 11
  + (6.68318250695563E+18) * x2 ^ 10
b = (-7.88256657860152E+17) * x2 ^ 9
  + (5.44425910487731E+16) * x2 ^ 8
c = (-2.44211161503289E+15) * x2 ^ 7
  + (74557188139393.5) * x2 ^ 6
d = (-1577511793940.52) * x2 ^ 5
  + (23079519069.2125) * x2 ^ 4
e = (-228240737.668412) * x2 ^ 3
  + (1449023.09037501) * x2 ^ 2
f = (-5300.38253527321) * (x2)
  + (8.86585436076119)
y2 = a + b + c + d + e + f
Else
a = (355489417989.738) * x2 ^ 6
  + (-10912698412.712) * x2 ^ 5
b = (125702711.640306) * x2 ^ 4
  + (-672123.015873678) * x2 ^ 3
c = (1765.31084656227) * x2 ^ 2
  + (-6.16071428571728) * x2 + (0.459952380952382)
y2 = a + b + c
End If
End Sub

Private Sub xx4()
x11 = 0.001
Do
x1 = x11
xx2
sum1 = 10 ^ (-((Abs(con - (y2 - y1) ^ 2)) ^ 0.5))
x11 = (x2 / sum1)
del = Abs(x11 - x1)
Loop While ((del < 0.00000001) And (x11 > x2))
x11 = Abs(x11)
xx1
cm = y3 * lam * 100
ins1 = inscm + cm
End Sub

Private Sub xx5()
xx3
cm = y2 * lam * 100
ins1 = inscm + cm
cm3 = cm
ins3 = ins1
'(*D-2*)
xx4
cm2 = cm
ins2 = ins1
End Sub

' FOR YAGI 6 ELEMENTS
Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
If dia < (0.00105 * lam) * 100 Or
  dia > (0.028 * lam) * 100 Then
  MsgBox "Out of range", 48, "Error"
Else
```

```
If bd <= 0 Or bd > (0.04 * lam) * 100 Then
   MsgBox "Out of range", 48, "Error"
Else
boom = 1.2 * lam * 100
dri = lam * 46.6
bd = textDB.Text
x2 = dia / (lam * 100)
spa1 = 0.2 * lam * 100
spa2 = 0.25 * lam * 100
pinst
f5
f4
FormDim6.Show
FormInput6E.Visible = False
Unload FormInput6E
Unload FormNBS
End If
End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInput6E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Pref()
   x2 = dia / (lam * 100)
    If x2 > 0.01 Then
      Pref3
    Else
      If x2 > 0.006 Then
        Pref2
      Else: Pref1
      End If
    End If
  End Sub

Private Sub Pref1()
  ref1 = (-8333333.33333704) * x2 ^
       + (50000.0000000805) * x2 ^ 3
  ref2 = (408.333333332962) * x2 ^ 2
       + (-4.44999999999901) * x2
       + (0.494999999999999)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref2()
  ref1 = (20833333.3333352) * x2 ^ 4
       + (-708333.333333497) * x2 ^ 3
  ref2 = (8979.16666666845) * x2 ^ 2
       + (-50.7916666666682) * x2
       + (0.590500000000002)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref3()
  ref1 = (-33333.3333333194) * x2 ^ 4
       + (2333.33333333227) * x2 ^ 3
  ref2 = (-49.1666666666543) * x2 ^ 2
       + (-8.33333333358072E-03) * x2
       + (0.483500000000001)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub pinst()
  bdl = bd / (100 * lam)
  If (bdl > 0.02) Then
    Pins3
  Else
    If (bdl > 0.006) Then
      Pins2
    Else: Pins1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pins1()
```

```
  B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4
     + (58333.3333333329) * bdl ^ 3
  B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
     + (0.891666666666665) * (bdl)
     + (-1.99999999999999E-04)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
  B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
     + (13646.825396826) * bdl ^ 3
  B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
     + (2.35460317460323) * (bdl)
     + (-4.90476190476206E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
  B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
     + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
  B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
     + (0.799999999999993) * (bdl)
     + (-1.99999999999971E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f1()
  con = 0.019869375
  xx5
End Sub
Private Sub f2()
  con = 0.02843274717468
  xx5
End Sub

Private Sub f3()
  con = 0.02811726432285
  xx5
End Sub

Private Sub f4()
  If x2 >= 0.007 Then
  f3
  Else
    If x2 >= 0.003 Then
    f2
    Else: f1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub f5()
  Pref
  ref = (ref3) * 100 * lam
  reft = inscm + ref
  drit = inscm + dri
End Sub

Private Sub xx1()
  If x11 >= 0.01 Then

    a = (-2.51793627733189E+19) * x11 ^ 11
     + (6.68318250695563E+18) * x11 ^ 10
    b = (-7.88256657860152E+17) * x11 ^ 9
     + (5.44425910487731E+16) * x11 ^ 8
    c = (-2.44211161503289E+15) * x11 ^ 7
     + (74557188139393.5) * x11 ^ 6
    d = (-1577511793940.52) * x11 ^ 5
     + (23079519069.2125) * x11 ^ 4
    e = (-228240737.668412) * x11 ^ 3
     + (1449023.09037501) * x11 ^ 2
    f = (-5300.38253527321) * (x11)
     + (8.86585436076119)
    y3 = a + b + c + d + e + f
  Else
    a = (355489417989.738) * x11 ^ 6
     + (-10912698412.712) * x11 ^ 5
```

```
    b = (125702711.640306) * x11 ^ 4
      + (-672123.015873678) * x11 ^ 3
    c = (1765.31084656227) * x11 ^ 2
      + (-6.16071428571728) * x11
      + (0.459952380952382)
    y3 = a + b + c
  End If
End Sub

Private Sub xx2()
  If x1 >= 0.01 Then
    a = (-2.51793627733189E+19) * x1 ^ 11
      + (6.68318250695563E+18) * x1 ^ 10
    b = (-7.88256657860152E+17) * x1 ^ 9
      + (5.44425910487731E+16) * x1 ^ 8
    c = (-2.44211161503289E+15) * x1 ^ 7
      + (74557188139393.5) * x1 ^ 6
    d = (-1577511793940.52) * x1 ^ 5
      + (23079519069.2125) * x1 ^ 4
    e = (-228240737.668412) * x1 ^ 3
      + (1449023.09037501) * x1 ^ 2
    f = (-5300.38253527321) * (x1)
      + (8.86585436076119)
    y1 = a + b + c + d + e + f
  Else
    a = (355489417989.738) * x1 ^ 6
      + (-10912698412.712) * x1 ^ 5
    b = (125702711.640306) * x1 ^ 4
      + (-672123.015873678) * x1 ^ 3
    c = (1765.31084656227) * x1 ^ 2
      + (-6.16071428571728) * x1
      + (0.459952380952382)
    y1 = a + b + c
  End If
End Sub

Private Sub xx3()
  If x2 >= 0.01 Then
    a = (-2.51793627733189E+19) * x2 ^ 11
      + (6.68318250695563E+18) * x2 ^ 10
    b = (-7.88256657860152E+17) * x2 ^ 9
      + (5.44425910487731E+16) * x2 ^ 8
    c = (-2.44211161503289E+15) * x2 ^ 7
      + (74557188139393.5) * x2 ^ 6
    d = (-1577511793940.52) * x2 ^ 5
      + (23079519069.2125) * x2 ^ 4
    e = (-228240737.668412) * x2 ^ 3
      + (1449023.09037501) * x2 ^ 2
    f = (-5300.38253527321) * (x2)
      + (8.86585436076119)
    y2 = a + b + c + d + e + f
  Else
    a = (355489417989.738) * x2 ^ 6
      + (-10912698412.712) * x2 ^ 5
    b = (125702711.640306) * x2 ^ 4
      + (-672123.015873678) * x2 ^ 3
    c = (1765.31084656227) * x2 ^ 2
      + (-6.16071428571728) * x2
      + (0.459952380952382)
    y2 = a + b + c
  End If
End Sub

Private Sub xx4()
  x11 = 0.001
  Do
    x1 = x11
    xx2
    sum1 = 10 ^ (-((Abs(con - (y2 - y1) ^ 2)) ^ 0.5))
    x11 = (x2 / sum1)
    del = Abs(x11 - x1)
  Loop While ((del < 0.00000001) And (x11 > x2))
    x11 = Abs(x11)
    xx1
    cm = y3 * lam * 100
    ins1 = inscm + cm
End Sub

Private Sub xx5()
  xx3
```

```
    cm = y2 * lam * 100
    ins1 = inscm + cm
    cm4 = cm
    ins4 = ins1
'(*D-2*)
    xx4
    cm3 = cm
    ins3 = ins1
End Sub

' FOR YAGI 12 ELEMENTS
Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
    If dia > (0.0085 * lam) * 100 Or
     (dia < (0.00105 * lam) * 100) Then
       MsgBox "Out of range", 48, "Error"
    Else
    If bd <= 0 Or bd = 0 Or bd > (0.04 * lam) * 100 Then
       MsgBox "Out of range", 48, "Error"
    Else
    boom = 2.2 * lam * 100
    dri = (lam * 100) * 0.466
    x2 = dia / (lam * 100)
    spa1 = 0.2 * lam * 100
    pinst
    f5
    FormDim12.Show
    Unload FormNBS
    Unload FormInput12E
    End If
    End If
 Screen.MousePointer = 0
 End Sub

 Private Sub SSCommand1_Click()
 Screen.MousePointer = 11
    FormNBS.Enabled = True
    Load FormNBS
    Unload FormInput12E
 Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Pref()
  If x2 > 0.01 Then
    Pref3
  Else
    If x2 > 0.006 Then
      Pref2
      Else: Pref1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pref1()
  ref1 = (-8333333.33333704) * x2 ^ 4
       + (50000.0000000805) * x2 ^ 3
  ref2 = (408.333333332962) * x2 ^ 2
       + (-4.44999999999901) * x2
       + (0.494999999999999)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref2()
  ref1 = (20833333.3333352) * x2 ^ 4
       + (-708333.333333497) * x2 ^ 3
  ref2 = (8979.16666666845) * x2 ^ 2
       + (-50.7916666666682) * x2
       + (0.590500000000002)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub
Private Sub Pref3()
  ref1 = (-33333.3333333194) * x2 ^ 4
       + (2333.33333333227) * x2 ^ 3
  ref2 = (-49.1666666666543) * x2 ^ 2
       + (-8.33333333358072E-03) * x2
       + (0.483500000000001)
  ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub pinst()
```

```
bdl = bd / (100 * lam)
If (bdl > 0.02) Then
   Pins3
   Else
      If (bdl > 0.006) Then
         Pins2
         Else: Pins1
      End If
End If
End Sub

Private Sub Pins1()
   B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4
      + (58333.3333333329) * bdl ^ 3
   B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
      + (0.891666666666665) * bdl
      + (-1.99999999999999E-04)
   ins = B1 + B2
   inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
   B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
      + (13646.825396826) * bdl ^ 3
   B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
      + (2.35460317460323) * bdl
      + (-4.90476190476206E-03)
   ins = B1 + B2
   inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
   B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
      + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
   B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
      + (0.799999999999993) * bdl
      + (-1.99999999999971E-03)
   ins = B1 + B2
   inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f1()
   con1 = 0.10322025
   con2 = 0.214534
   con3 = 0.399646
   con4 = 0.573351
   xx5
End Sub

Private Sub f2()
   con1 = 0.10068225
   con2 = 0.202125
   con3 = 0.3469046
   con4 = 0.489856
   xx5
End Sub

Private Sub f3()
   con1 = 0.084029
   con2 = 0.1712
   con3 = 0.301134
   con4 = 0.44689071
   xx5
End Sub

Private Sub f4()
   If x2 >= 0.006 Then f3 Else
   If x2 >= 0.003 Then f2 Else f1
End Sub

Private Sub f5()
   Pref
   ref = (ref3) * 100 * lam
   reft = inscm + ref
   drit = inscm + dri
   f4
End Sub

Private Sub xx1()
   If x11 >= 0.01 Then
```

```
    a = (-63270312838092.5) * x11 ^ 9
     + (10235313574065#) * x11 ^ 8
    b = (-654338894394.466) * x11 ^ 7
     + (19475630163.7589) * x11 ^ 6
    c = (-151872698.507866) * x11 ^ 5
     + (-7794898.86320736) * x11 ^ 4
    d = (284491.835323509) * x11 ^ 3
     + (-4344.93306255828) * x11 ^ 2
    e = (30.8453595718117) * x11
     + (0.348791631442064)
    y3 = a + b + c + d + e
  Else
    a = (-694444444444505#) * x11 ^ 7
     + (27480158730160.6) * x11 ^ 6
    b = (-437599206349.264) * x11 ^ 5
     + (3582837301.58763) * x11 ^ 4
    c = (-15987896.8254006) * x11 ^ 3
     + (38139.6825396891) * x11 ^ 2
    d = (-48.3238095238186) * x11
     + (0.481000000000005)
    y3 = a + b + c + d
  End If
End Sub

Private Sub xx2()
  If x1 >= 0.01 Then
    a = (-63270312838092.5) * x1 ^ 9
     + (10235313574065#) * x1 ^ 8
    b = (-654338894394.466) * x1 ^ 7
     + (19475630163.7589) * x1 ^ 6
    c = (-151872698.507866) * x1 ^ 5
     + (-7794898.86320736) * x1 ^ 4
    d = (284491.835323509) * x1 ^ 3
     + (-4344.93306255828) * x1 ^ 2
    e = (30.8453595718117) * x1 +
(0.348791631442064)
    y1 = a + b + c + d + e
  Else
    a = (-694444444444505#) * x1 ^ 7
     + (27480158730160.6) * x1 ^ 6
    b = (-437599206349.264) * x1 ^ 5
     + (3582837301.58763) * x1 ^ 4
    c = (-15987896.8254006) * x1 ^ 3
     + (38139.6825396891) * x1 ^ 2
    d = (-48.3238095238186) * x1
     + (0.481000000000005)
    y1 = a + b + c + d
  End If
End Sub

Private Sub xx3()
  If x2 >= 0.01 Then
    a = (-63270312838092.5) * x2 ^ 9
     + (10235313574065#) * x2 ^ 8
    b = (-654338894394.466) * x2 ^ 7
     + (19475630163.7589) * x2 ^ 6
    c = (-151872698.507866) * x2 ^ 5
     + (-7794898.86320736) * x2 ^ 4
    d = (284491.835323509) * x2 ^ 3
     + (-4344.93306255828) * x2 ^ 2
    e = (30.8453595718117) * x2
     + (0.348791631442064)
    y2 = a + b + c + d + e
  Else
    a = (-694444444444505#) * x2 ^ 7
     + (27480158730160.6) * x2 ^ 6
    b = (-437599206349.264) * x2 ^ 5
     + (3582837301.58763) * x2 ^ 4
    c = (-15987896.8254006) * x2 ^ 3
     + (38139.6825396891) * x2 ^ 2
    d = (-48.3238095238186) * x2
     + (0.481000000000005)
    y2 = a + b + c + d
  End If
End Sub

Private Sub xx4()
  x11 = 0.001
  Do
    x1 = x11
```

```
    xx2
    sum1 = 10 ^ (-(Abs(con - (y2 - y1) ^ 2)) ^ 0.5)
    x11 = (x2 / sum1)
    del = Abs(x11 - x1)
    Loop While ((del < 0.00000001) And (x11 > x2))
    x11 = Abs(x11)
    xx1
    cm = y3 * lam * 100
    ins1 = inscm + cm
End Sub

Private Sub xx5()
  xx3
  cm = y2 * lam * 100
  ins1 = inscm + cm
  cm1 = cm
  ins = ins1
'(*D-2*)
  con = con1
  xx4
  cm2 = cm
  ins2 = ins1
'(*D-3*)
  con = con2
  xx4
  cm3 = cm
  ins3 = ins1
'(*D-4*)
  con = con3
  xx4
  cm4 = cm
  ins4 = ins1
'(*D-5,6,7,8*)
  con = con4
  xx4
  cm5 = cm
  ins5 = ins1
End Sub

' FOR YAGI 15 ELEMENTS

Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
  If dia > (0.01 * lam) * 100 Or
    dia < (0.00105 * lam) * 100 Then
    MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  If bd > (0.04 * lam) * 100 Or bd <= 0 Then
    MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  boom = 4.2 * lam * 100
  dri = (lam * 100) * 0.466
  x2 = dia / (lam * 100)
  pinst
  f5
  FormDim15.Show
  FormInput15E.Visible = False
  Unload FormInput15E
  Unload FormNBS
  End If
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
  FormNBS.Enabled = True
  Load FormNBS
  Unload FormInput15E
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub pinst()
  bdl = bd / (100 * lam)
  If (bdl > 0.02) Then
  Pins3
    Else
      If (bdl > 0.006) Then
      Pins2
        Else
        Pins1
      End If
```

```
    End If
End Sub

Private Sub Pins1()
    B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4
        + (58333.3333333329) * bdl ^ 3
    B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
        + (0.891666666666665) * (bdl)
        + (-1.99999999999999E-04)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
    B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
        + (13646.825396826) * bdl ^ 3
    B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
        + (2.35460317460323) * (bdl)
        + (-4.90476190476206E-03)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
    B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
        + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
    B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
        + (0.799999999999993) * (bdl)
        + (-1.99999999999971E-03)
    ins = B1 + B2
    inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f1()
    con1 = 0.0049976
    con2 = 0.08327045
    con3 = 0.122475715
    con4 = 0.1875669939
    con5 = 0.236663097
    con6 = 0.301138412
    xx5
End Sub

Private Sub f2()
    con1 = 0.006273669726
    con2 = 0.1126320031
    con3 = 0.1585002505
    con4 = 0.2348023343
    con5 = 0.2963710369
    con6 = 0.3629602331
    xx5
End Sub

Private Sub f3()
    con1 = 0.006285669718
    con2 = 0.0908440583
    con3 = 0.1449215883
    con4 = 0.2143879085
    con5 = 0.2559055006
    con6 = 0.3238141993
    xx5
End Sub

Private Sub f4()
    If x2 >= 0.006 Then
        f1
        Else
        f3
    End If
End Sub

Private Sub f5()
    ref1 = (-281084656.084164) * x2 ^ 5
        + (13640873.0158568) * x2 ^ 4
    ref2 = (-220568.783068626) * x2 ^ 3
        + (1610.11904761844) * x2 ^ 2
    ref3 = (-6.4822751322738) * x2
        + (0.490079365079365)
    ref = (ref1 + ref2 + ref3) * 100 * lam
    refi = inscm + ref
```

```
  drit = inscm + dri
  If x2 >= 0.004 Then
  f4
  Else: f2
  End If
  spa1 = 0.2 * lam * 100
  spa2 = 0.308 * lam * 100
End Sub

Private Sub f6()
  bran1 = 0
  bran2 = (0.04 * lam) * 100
  pinst
  f5
End Sub

Private Sub xx1()
  If x11 >= 0.01 Then
  a = (-4.4439636389869E+21) * x11 ^ 12
   + (1.32118723650291E+21) * x11 ^ 11
  b = (-1.77542153333797E+20) * x11 ^ 10
   + (1.42511607928882E+19) * x11 ^ 9
  c = (-7.60543450491265E+17) * x11 ^ 8
   + (2.84103026292849E+16) * x11 ^ 7
  d = (-761218770430807#) * x11 ^ 6
   + (14730415722546.2) * x11 ^ 5
  e = (-204183107406.056) * x11 ^ 4
   + (1975780415.62206) * x11 ^ 3
  f = (-12660176.421589) * x11 ^ 2 +
(48196.9640845906) * x11 + (-81.9562373360575)
  y3 = a + b + c + d + e + f
  Else
  a = (-5.82831833412588E+18) * x11 ^ 10
    + (8.49732932633628E+17) * x11 ^ 9
  b = (-5.10457743248542E+16) * x11 ^ 8
    + (1.6476581297539E+15) * x11 ^ 7
  c = (-31322263879315.9) * x11 ^ 6
    + (363252279944.42) * x11 ^ 5
  d = (-2589959490.77237) * x11 ^ 4
    + (11182321.6844518) * x11 ^ 3
  e = (-27802.0245501278) * x11 ^ 2
    + (31.2424237697783) * x11 + (0.438633711114346)
  y3 = a + b + c + d + e
  End If
End Sub

Private Sub xx2()
  If x1 >= 0.01 Then
  a = (-4.4439636389869E+21) * x1 ^ 12
   + (1.32118723650291E+21) * x1 ^ 11
  b = (-1.77542153333797E+20) * x1 ^ 10
   + (1.42511607928882E+19) * x1 ^ 9
  c = (-7.60543450491265E+17) * x1 ^ 8
   + (2.84103026292849E+16) * x1 ^ 7
  d = (-761218770430807#) * x1 ^ 6
   + (14730415722546.2) * x1 ^ 5
  e = (-204183107406.056) * x1 ^ 4
   + (1975780415.62206) * x1 ^ 3
  f = (-12660176.421589) * x1 ^ 2
   + (48196.9640845906) * x1 + (-81.9562373360575)
  y1 = a + b + c + d + e + f
  Else
  a = (-5.82831833412588E+18) * x1 ^ 10
   + (8.49732932633628E+17) * x1 ^ 9
  b = (-5.10457743248542E+16) * x1 ^ 8
   + (1.6476581297539E+15) * x1 ^ 7
  c = (-31322263879315.9) * x1 ^ 6
   + (363252279944.42) * x1 ^ 5
  d = (-2589959490.77237) * x1 ^ 4
   + (11182321.6844518) * x1 ^ 3
  e = (-27802.0245501278) * x1 ^ 2
   + (31.2424237697783) * x1 + (0.438633711114346)
  y1 = a + b + c + d + e
  End If
End Sub

Private Sub xx3()
  If x2 >= 0.01 Then
  a = (-4.4439636389869E+21) * x2 ^ 12
   + (1.32118723650291E+21) * x2 ^ 11
```

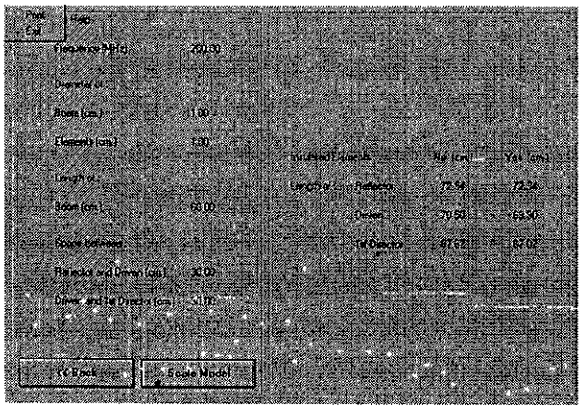
```
b = (-1.77542153333797E+20) * x2 ^ 10
  + (1.42511607928882E+19) * x2 ^ 9
c = (-7.60543450491265E+17) * x2 ^ 8
  + (2.84103026292849E+16) * x2 ^ 7
d = (-761218770430807#) * x2 ^ 6
  + (14730415722546.2) * x2 ^ 5
e = (-204183107406.056) * x2 ^ 4
  + (1975780415.62206) * x2 ^ 3
f = (-12660176.421589) * x2 ^ 2
  + (48196.9640845906) * x2 + (-81.9562373360575)
y2 = a + b + c + d + e + f
Else
a = (-5.82831833412588E+18) * x2 ^ 10
  + (8.49732932633628E+17) * x2 ^ 9
b = (-5.10457743248542E+16) * x2 ^ 8
  + (1.6476581297539E+15) * x2 ^ 7
c = (-31322263879315.9) * x2 ^ 6
  + (363252279944.42) * x2 ^ 5
d = (-2589959490.77237) * x2 ^ 4
  + (11182321.6844518) * x2 ^ 3
e = (-27802.0245501278) * x2 ^ 2
  + (31.2424237697783) * x2 + (0.438633711114346)
y2 = a + b + c + d + e
End If
End Sub

Private Sub xx4()
  x11 = 0.001
  Do
  x1 = x11
  xx2
  sum1 = 10 ^ (-(Abs(con - (y2 - y1) ^ 2) ^ 0.5))
  x11 = (x2 / sum1)
  del = Abs(x11 - x1)
  Loop While ((del < 0.00000001) And (x11 > x2))
  x11 = Abs(x11)
  xx1
  cm = y3 * lam * 100
  ins1 = inscm + cm
End Sub

Private Sub xx5()
'(*D-1-2*)
  xx3
  cm = y2 * lam * 100
  ins1 = inscm + cm
  cm1 = cm
  ins = ins1
'(*D-3*)
  con = con1
  xx4
  cm3 = cm
  ins3 = ins1
'(*D-4*)
  con = con2
  xx4
  cm4 = cm
  ins4 = ins1
'(*D-5*)
  con = con3
  xx4
  cm5 = cm
  ins5 = ins1
'(*D-6*)
  con = con4
  xx4
  cm6 = cm
  ins6 = ins1
'(*D-7*)
  con = con5
  xx4
  cm7 = cm
  ins7 = ins1
'(*D-8,13*)
  con = con6
  xx4
  cm8 = cm
  ins8 = ins1
End Sub
```

```
' FOR YAGI 17 ELEMENTS
Private Sub btndb_Click()
Screen.MousePointer = 11
  If dia < (0.00105 * lam) * 100 Or
     dia > (0.0085 * lam) * 100 Then
     MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  If bd <= 0 Or bd > (0.04 * lam) * 100 Then
     MsgBox "Out of range", 48, "Error"
  Else
  spa1 = 0.2 * lam * 100
  spa2 = 0.2 * lam * 100
  boom = 3.2 * lam * 100
  x2 = dia / (lam * 100)
  dri = lam * 46.6
  bd = textDB.Text
  pinst
  f5
  FormDim17.Show
  FormInput17E.Visible = False
  Unload FormInput17E
  Unload FormNBS
  End If
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()
Screen.MousePointer = 11
   FormNBS.Enabled = True
   Load FormNBS
   Unload FormInput17E
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub Pref()
   If x2 > 0.01 Then
   Pref3
   Else
      If x2 > 0.006 Then
      Pref2
      Else: Pref1
      End If
   End If
End Sub

Private Sub Pref1()
   ref1 = (-8333333.33333704) * x2 ^ 4
        + (50000.0000000805) * x2 ^ 3
   ref2 = (408.333333332962) * x2 ^ 2
        + (-4.44999999999901) * x2
        + (0.494999999999999)
   ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref2()
   ref1 = (20833333.3333352) * x2 ^ 4
        + (-708333.333333497) * x2 ^ 3
   ref2 = (8979.16666666845) * x2 ^ 2
        + (-50.7916666666682) * x2
        + (0.590500000000002)
   ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub Pref3()
   ref1 = (-33333.3333333194) * x2 ^ 4
        + (2333.33333333227) * x2 ^ 3
   ref2 = (-49.1666666666543) * x2 ^ 2
        + (-8.33333333358072E-03) * x2
        + (0.483500000000001)
   ref3 = ref1 + ref2
End Sub

Private Sub pinst()
   bdl = bd / (100 * lam)
   If (bdl > 0.02) Then
   Pins3
   Else
      If (bdl > 0.006) Then
      Pins2
```

```
    Else: Pins1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub Pins1()
  B1 = (-4166666.66666663) * bdl ^ 4
     + (58333.3333333329) * bdl ^ 3
  B2 = (-245.833333333332) * bdl ^ 2
     + (0.891666666666665) * (bdl)
     + (-1.99999999999999E-04)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins2()
  B1 = (-281746.031746042) * bdl ^ 4
     + (13646.825396826) * bdl ^ 3
  B2 = (-230.706349206357) * bdl ^ 2
     + (2.35460317460323) * (bdl)
     + (-4.90476190476206E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub Pins3()
  B1 = (4.31100488640368E-10) * bdl ^ 4
     + (-3.01696445603739E-11) * bdl ^ 3
  B2 = (1.90958360235527E-13) * bdl ^ 2
     + (0.799999999999993) * (bdl)
     + (-1.99999999999971E-03)
  ins = B1 + B2
  inscm = ins * lam * 100
End Sub

Private Sub f1()
  con1 = 0.019869375
  con2 = 0.16306750340557
  con3 = 0.31865824720918
  con4 = 0.40594238397533
  con5 = 0.49725856694624
  con6 = 0.5563000416551
End Sub

Private Sub f2()
  con1 = 0.02843274717468
  con2 = 0.15789655408537
  con3 = 0.28338356107988
  con4 = 0.3528231257663
  con5 = 0.43233727469063
  con6 = 0.50374198841005
End Sub

Private Sub f3()
  con1 = 0.02811726432285
  con2 = 0.13048467273554
  con3 = 0.25284862084127
  con4 = 0.31693567464235
  con5 = 0.37923753904
  con6 = 0.46875162892807
End Sub

Private Sub f4()
  If x2 >= 0.006 Then
  f3
    Else
    If x2 >= 0.003 Then
    f2
    Else: f1
    End If
  End If
End Sub

Private Sub f5()
  spa1 = (0.2 * lam * 100)
  spa2 = (0.2 * lam * 100)
 Pref
  ref = (ref3) * 100 * lam
  ref1 = inscm + ref
  dri1 = inscm + dri
```

```
5
Sub

ate Sub f6()
ran1 = 0
ran2 = (0.04 * lam) * 100
f5
d Sub

ivate Sub xx1()
If x11 >= 0.01 Then
a = (-2.517936277331 89E+19) * x11 ^ 11
  + (6.68318250695563E+18) * x11 ^ 10
b = (-7.88256657860152E+17) * x11 ^ 9
  + (5.44425910487731E+16) * x11 ^ 8
c = (-2.44211161503289E+15) * x11 ^ 7
  + (74557188139393.5) * x11 ^ 6
d = (-1577511793940.52) * x11 ^ 5
  + (23079519069.2125) * x11 ^ 4
e = (-228240737.668412) * x11 ^ 3
  + (1449023.09037501) * x11 ^ 2
f = (-5300.38253527321) * (x11) + (8.86585436076119)
y3 = a + b + c + d + e + f
Else
a = (355489417989.738) * x11 ^ 6
  + (-10912698412.712) * x11 ^ 5
b = (125702711.640306) * x11 ^ 4
  + (-672123.015873678) * x11 ^ 3
c = (1765.31084656227) * x11 ^ 2
  + (-6.16071428571728) * x11
  + (0.459952380952382)
y3 = a + b + c
End If
End Sub

Private Sub xx2()
If x1 >= 0.01 Then
  a = (-2.51793627733189E+19) * x1 ^ 11
    + (6.68318250695563E+18) * x1 ^ 10
  b = (-7.88256657860152E+17) * x1 ^ 9 +
(5.44425910487731E+16) * x1 ^ 8
  c = (-2.44211161503289E+15) * x1 ^ 7
    + (74557188139393.5) * x1 ^ 6
  d = (-1577511793940.52) * x1 ^ 5
    + (23079519069.2125) * x1 ^ 4
  e = (-228240737.668412) * x1 ^ 3
    + (1449023.09037501) * x1 ^ 2
  f = (-5300.38253527321) * (x1)
    + (8.86585436076119)
  y1 = a + b + c + d + e + f
Else
  a = (355489417989.738) * x1 ^ 6
    + (-10912698412.712) * x1 ^ 5
  b = (125702711.640306) * x1 ^ 4
    + (-672123.015873678) * x1 ^ 3
  c = (1765.31084656227) * x1 ^ 2
    + (-6.16071428571728) * x1
    + (0.459952380952382)
  y1 = a + b + c
End If
End Sub

Private Sub xx3()
If x2 >= 0.01 Then
  a = (-2.51793627733189E+19) * x2 ^ 11
    + (6.68318250695563E+18) * x2 ^ 10
  b = (-7.88256657860152E+17) * x2 ^ 9
    + (5.44425910487731E+16) * x2 ^ 8
  c = (-2.44211161503289E+15) * x2 ^ 7
    + (74557188139393.5) * x2 ^ 6
  d = (-1577511793940.52) * x2 ^ 5
    + (23079519069.2125) * x2 ^ 4
  e = (-228240737.668412) * x2 ^ 3
    + (1449023.09037501) * x2 ^ 2
  f = (-5300.38253527321) * (x2)
    + (8.86585436076119)
  y2 = a + b + c + d + e + f
Else
  a = (355489417989.738) * x2 ^ 6
```

```
    + (-10912698412.712) * x2 ^ 5
    b = (125702711.640306) * x2 ^ 4
    + (-672123.015873678) * x2 ^ 3
    c = (1765.31084656227) * x2 ^ 2
    + (-6.16071428571728) * x2
    + (0.459952380952382)
    y2 = a + b + c
  End If
End Sub

Private Sub xx4()
  x11 = 0.001
    Do
    x1 = x11
    xx2
    sum1 = 10 ^ (-((Abs(con - ((y2 - y1)) ^ 2)) ^ 0.5))
    x11 = (x2 / sum1)
    del = Abs(x11 - x1)
    Loop While (del < 0.00000001) And (x11 > x2)
    x11 = Abs(x11)
    xx1
    cm = y3 * lam * 100
    ins1 = inscm + cm
End Sub

Private Sub xx5()
  f4
  xx3
  cm = y2 * lam * 100
  ins1 = inscm + cm
  cm1 = cm
  ins = ins1
'(*D-2*)
  con = con1
  xx3
  xx4
  cm2 = cm
  ins2 = ins1
'(*D-3*)
  con = con2
  xx4
  ins3 = ins1
  cm3 = cm
'(*D-4*)
  con = con3
  xx4
  ins4 = ins1
  cm4 = cm
'(*D-5*)
  con = con4
  xx4
  ins5 = ins1
  cm5 = cm
'(*D-6*)
  con = con5
  xx4
  ins6 = ins1
  cm6 = cm
'(*D-7,15*)
  con = con6
  xx4
  ins7 = ins1
  cm7 = cm
End Sub
```



รูปที่ ก.11 แสดงจอภาพ FormDim

```
' FOR YAGI 3 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
   Label44 = Format$(ref, "0.00")
   Label17 = Format$(boom, "0.00")
   Label18 = Format$(spa1, "0.00")
   Label19 = Format$(spa1, "0.00")
   Label12 = Format$(drit, "0.00")
   Label11 = Format$(reft, "0.00")
   Label46 = Format$(cm, "0.00")
   Label1 = Format$(ins1, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
   FormScale3.Visible = True
   FormDim3.Enabled = False
   Load FormScale3
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormDim3
   Fre = 0
   dia = 0
   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:    Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
   Printer.Print
   Printer.FontBold = 0
   Printer.FontSize = 16
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
```

```
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins1, "0.00"); Tab(98); Format$(cm, "0.00")
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -18:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
    Printer.CurrentX = -17.15:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 3-E"
    Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
    End
End Sub

' FOR YAGI 5 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
    Label16 = Format$(dia, "0.00")
    Label15 = Format$(bd, "0.00")
    Label22 = Format$(Fre, "0.00")
    Label45 = Format$(dri, "0.00")
    Label44 = Format$(ref, "0.00")
    Label17 = Format$(boom, "0.00")
    Label18 = Format$(spa1, "0.00")
    Label19 = Format$(spa1, "0.00")
    Label20 = Format$(spa1, "0.00")
    Label12 = Format$(drit, "0.00")
    Label11 = Format$(reft, "0.00")
    Label46 = Format$(cm3, "0.00")
    Label47 = Format$(cm2, "0.00")
    Label48 = Format$(cm3, "0.00")
    Label1 = Format$(ins3, "0.00")
    Label2 = Format$(ins2, "0.00")
    Label3 = Format$(ins3, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
    FormScale5.Visible = True
    FormDim5.Enabled = False
    Load FormScale5
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
    Load FormNBS
    FormNBS.Visible = True
    Unload FormDim5
    Fre = 0
    dia = 0
```

```
  bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 16
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
   Prjnter.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.15:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 5-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19):
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
   Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
   Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
   Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
   Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
   Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub

' FOR YAGI 6 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
```

```
    Label44 = Format$(ref, "0.00")
    Label17 = Format$(boom, "0.00")
    Label18 = Format$(spa1, "0.00")
    Label19 = Format$(spa2, "0.00")
    Label20 = Format$(spa2, "0.00")
    Label12 = Format$(drit, "0.00")
    Label11 = Format$(reft, "0.00")
    Label46 = Format$(cm4, "0.00")
    Label47 = Format$(cm3, "0.00")
    Label48 = Format$(cm3, "0.00")
    Label49 = Format$(cm4, "0.00")
    Label1 = Format$(ins4, "0.00")
    Label2 = Format$(ins3, "0.00")
    Label3 = Format$(ins3, "0.00")
    Label4 = Format$(ins4, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
    FormScale6.Visible = True
    FormDim6.Enabled = False
    Load FormScale6
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
    Load FormNBS
    FormNBS.Visible = True
    Unload FormDim6
    Fre = 0
    dia = 0
    bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:    Printer.ScaleWidth = 50
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 24
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 16
    Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
```

```
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.15:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 6-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub

' FOR YAGI 12 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
    Label16 = Format$(dia, "0.00")
    Label15 = Format$(bd, "0.00")
    Label22 = Format$(Fre, "0.00")
    Label45 = Format$(dri, "0.00")
    Label44 = Format$(ref, "0.00")
    Label17 = Format$(boom, "0.00")
    Label18 = Format$(spa1, "0.00")
    Label19 = Format$(spa1, "0.00")
    Label20 = Format$(spa1, "0.00")
    Label12 = Format$(drit, "0.00")
    Label11 = Format$(refl, "0.00")
    Label46 = Format$(cm1, "0.00")
    Label47 = Format$(cm2, "0.00")
    Label48 = Format$(cm3, "0.00")
    Label49 = Format$(cm4, "0.00")
    Label50 = Format$(cm5, "0.00")
    Label51 = Format$(cm5, "0.00")
    Label52 = Format$(cm5, "0.00")
    Label53 = Format$(cm5, "0.00")
    Label54 = Format$(cm4, "0.00")
    Label55 = Format$(cm3, "0.00")
    Label1 = Format$(ins, "0.00")
    Label2 = Format$(ins2, "0.00")
    Label3 = Format$(ins3, "0.00")
    Label4 = Format$(ins4, "0.00")
    Label5 = Format$(ins5, "0.00")
    Label6 = Format$(ins5, "0.00")
    Label7 = Format$(ins5, "0.00")
    Label8 = Format$(ins5, "0.00")
    Label9 = Format$(ins4, "0.00")
    Label10 = Format$(ins3, "0.00")

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
   FormScale12.Visible = True
   FormDim12.Enabled = False
   Load FormScale12
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormDim12
   Fre = 0
   dia = 0
   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```

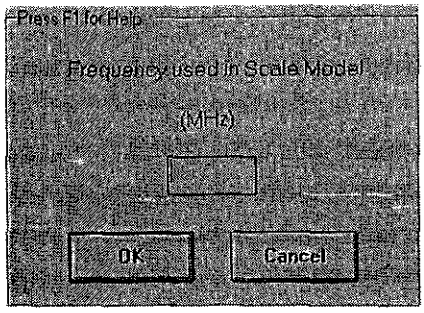
```
Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:    Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 16
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40),
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(refl, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director";
Tab(71); Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3,
"0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.5:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 12-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
   Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
   Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
   Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
   Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
   Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub

' FOR YAGI 15 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
   Label44 = Format$(ref, "0.00")
   Label17 = Format$(boom, "0.00")
   Label18 = Format$(spa1, "0.00")
   Label19 = Format$(spa2, "0.00")
   Label20 = Format$(spa2, "0.00")
   Label12 = Format$(drit, "0.00")
   Label11 = Format$(reft, "0.00")
   Label46 = Format$(cm1, "0.00")
   Label47 = Format$(cm1, "0.00")
   Label48 = Format$(cm3, "0.00")
   Label49 = Format$(cm4, "0.00")
   Label50 = Format$(cm5, "0.00")
   Label51 = Format$(cm6, "0.00")
   Label52 = Format$(cm7, "0.00")
   Label53 = Format$(cm8, "0.00")
   Label54 = Format$(cm8, "0.00")
   Label55 = Format$(cm8, "0.00")
   Label64 = Format$(cm8, "0.00")
   Label65 = Format$(cm8, "0.00")
   Label66 = Format$(cm8, "0.00")
   Label1 = Format$(ins, "0.00")
   Label2 = Format$(ins, "0.00")
   Label3 = Format$(ins3, "0.00")
   Label4 = Format$(ins4, "0.00")
   Label5 = Format$(ins5, "0.00")
   Label6 = Format$(ins6, "0.00")
   Label7 = Format$(ins7, "0.00")
   Label8 = Format$(ins8, "0.00")
   Label9 = Format$(ins8, "0.00")
   Label10 = Format$(ins8, "0.00")
   Label61 = Format$(ins8, "0.00")
   Label62 = Format$(ins8, "0.00")
   Label63 = Format$(ins8, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
   FormScale15.Visible = True
   FormDim15.Enabled = False
   Load FormScale15
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormDim15
   Fre = 0
   dia = 0
   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 16
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
```

```
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins6, "0.00"); Tab(98); Format$(cm6, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins8, "0.00"); Tab(98); Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins8, "0.00"); Tab(98); Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 11st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 12st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 13st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -18:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
    Printer.CurrentX = -17.5:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 15-E"
    Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
  Screen.MousePointer = 0
  End Sub
  Private Sub mnuExit_Click()
    End
  End Sub

  ' FOR YAGI 17 ELEMENTS
  Private Sub Form_Load()
    Label16 = Format$(dia, "0.00")
```

```
Label15 = Format$(bd, "0.00")
Label22 = Format$(Fre, "0.00")
Label45 = Format$(dri, "0.00")
Label44 = Format$(ref, "0.00")
Label17 = Format$(boom, "0.00")
Label18 = Format$(spa1, "0.00")
Label19 = Format$(spa2, "0.00")
Label20 = Format$(spa2, "0.00")
Label12 = Format$(drit, "0.00")
Label11 = Format$(reft, "0.00")
Label46 = Format$(cm1, "0.00")
Label47 = Format$(cm2, "0.00")
Label48 = Format$(cm3, "0.00")
Label49 = Format$(cm4, "0.00")
Label50 = Format$(cm5, "0.00")
Label51 = Format$(cm6, "0.00")
Label52 = Format$(cm7, "0.00")
Label53 = Format$(cm7, "0.00")
Label54 = Format$(cm7, "0.00")
Label55 = Format$(cm7, "0.00")
Label64 = Format$(cm7, "0.00")
Label65 = Format$(cm7, "0.00")
Label66 = Format$(cm7, "0.00")
Label71 = Format$(cm7, "0.00")
Label72 = Format$(cm7, "0.00")
Label1 = Format$(ins, "0.00")
Label2 = Format$(ins2, "0.00")
Label3 = Format$(ins3, "0.00")
Label4 = Format$(ins4, "0.00")
Label5 = Format$(ins5, "0.00")
Label6 = Format$(ins6, "0.00")
Label7 = Format$(ins7, "0.00")
Label8 = Format$(ins7, "0.00")
Label9 = Format$(ins7, "0.00")
Label10 = Format$(ins7, "0.00")
Label61 = Format$(ins7, "0.00")
Label62 = Format$(ins7, "0.00")
Label63 = Format$(ins7, "0.00")
Label69 = Format$(ins7, "0.00")
Label70 = Format$(ins7, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Scale Model
Screen.MousePointer = 11
   FormScale17.Visible = True
   FormDim17.Enabled = False
   Load FormScale17
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormDim17
   Fre = 0
   dia = 0
   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontBold = -1
   Printer.FontSize = 24
   Printer.Print Tab(34); "Dimension of Yagi"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 16
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
```

```
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins6, "0.00"); Tab(98); Format$(cm6, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 11st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 12st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 13st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 14st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 15st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
  Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
  Printer.CurrentX = -18:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
  Printer.CurrentX = -17.5:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 17-E"
  Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
  Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
   Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
   Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
   Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
   Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
   Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
  End
End Sub
```

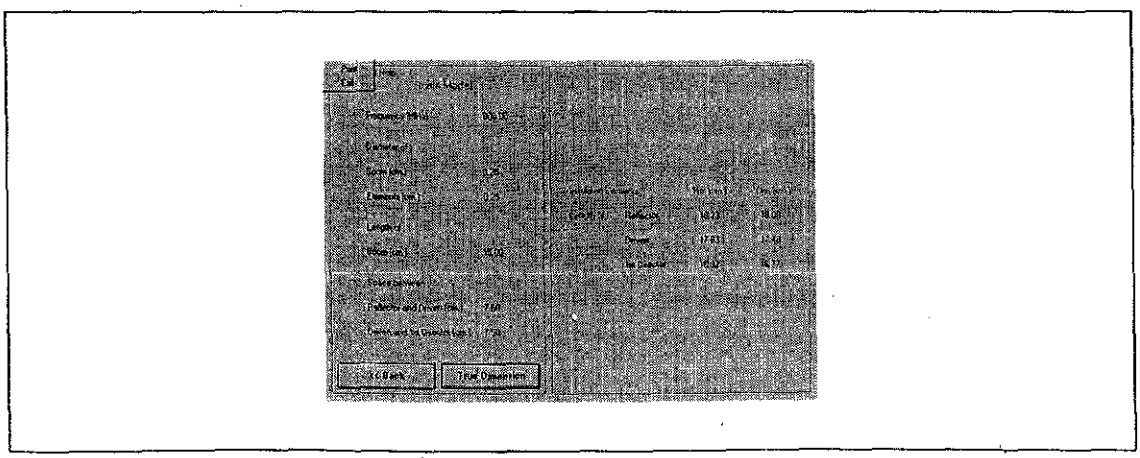


รูปที่ ก.12 แสดงจอภาพ FormScale

```
' FOR YAGI 3 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If fs = 0 Then
    MsgBox "You must enter the value"
    TabIndex = 0
  Else
n = Fre / fs:   dia = dia * n:   bd = bd * n:   Fre = fs:
dri = dri * n:   ref = ref * n:   boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:   spa2 = spa2 * n:   drit = drit * n:
reft = reft * n:   cm = cm * n:   cm2 = cm2 * n
cm3 = cm3 * n:   cm4 = cm4 * n:   cm5 = cm5 * n:
ins1 = ins1 * n:   ins2 = ins2 * n:   ins3 = ins3 * n
ins4 = ins4 * n:   ins5 = ins5 * n
  FormDim3.Visible = False
  FormSdim3.Cls
  Unload FormSdim3
  Load FormSdim3
  FormSdim3.Visible = True
  Unload FormScale3
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormDim3.Enabled = True
  Load FormDim3
  Unload FormScale3
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 5 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If fs = 0 Then
    MsgBox "You must enter the value"
    TabIndex = 0
  Else
n = Fre / fs:   dia = dia * n:   bd = bd * n:   Fre = fs:
dri = dri * n:   ref = ref * n:   boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:   spa2 = spa2 * n:   drit = drit * n:
reft = reft * n:   cm1 = cm1 * n:   cm2 = cm2 * n
cm3 = cm3 * n:   cm4 = cm4 * n:   cm5 = cm5 * n:
ins = ins * n:   ins2 = ins2 * n:   ins3 = ins3 * n
ins4 = ins4 * n:   ins5 = ins5 * n
  FormDim5.Visible = False
  FormSdim5.Cls
  Unload FormSdim5
  Load FormSdim5
  FormSdim5.Visible = True
  Unload FormScale5
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormDim5.Enabled = True
```

```
  Load FormDim5
  Unload FormScale5
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 6 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If fs = 0 Then
    MsgBox "You must enter the value"
    TabIndex = 0
  Else
n = Fre / fs:  dia = dia * n:  bd = bd * n:  Fre = fs:
dri = dri * n:  ref = ref * n:  boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:  spa2 = spa2 * n:  drit = drit * n:
refl = refl * n:  cm1 = cm1 * n:  cm2 = cm2 * n
cm3 = cm3 * n:  cm4 = cm4 * n:  cm5 = cm5 * n:
ins = ins * n:  ins2 = ins2 * n:  ins3 = ins3 * n
ins4 = ins4 * n:  ins5 = ins5 * n
  FormDim6.Visible = False
  FormSdim6.Cls
  Unload FormSdim6
  Load FormSdim6
  FormSdim6.Visible = True
  Unload FormScale6
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormDim6.Enabled = True
  Load FormDim6
  Unload FormScale6
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 12 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If fs = 0 Then
    MsgBox "You must enter the value"
    TabIndex = 0
  Else
n = Fre / fs:  dia = dia * n:  bd = bd * n:  Fre = fs:
dri = dri * n:  ref = ref * n:  boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:  spa2 = spa2 * n:  drit = drit * n:
refl = refl * n:  cm1 = cm1 * n:  cm2 = cm2 * n
cm3 = cm3 * n:  cm4 = cm4 * n:  cm5 = cm5 * n:
ins = ins * n:  ins2 = ins2 * n:  ins3 = ins3 * n
ins4 = ins4 * n:  ins5 = ins5 * n
  FormDim12.Visible = False
  FormSdim12.Cls
  Unload FormSdim12
  Load FormSdim12
  FormSdim12.Visible = True
  Unload FormScale12
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
  FormDim12.Enabled = True
  Load FormDim12
  Unload FormScale12
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 15 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  If fs = 0 Then
    MsgBox "You must enter the value"
    TabIndex = 0
  Else
n = Fre / fs:  dia = dia * n:  bd = bd * n:  Fre = fs:
dri = dri * n:  ref = ref * n:  boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:  spa2 = spa2 * n:  drit = drit * n:
refl = refl * n:  cm1 = cm1 * n:  cm2 = cm2 * n
```

```
cm3 = cm3 * n:   cm4 = cm4 * n:   cm5 = cm5 * n:
cm6 = cm6 * n:   cm7 = cm7 * n:   cm8 = cm8 * n
ins = ins * n:   ins2 = ins * n:   ins3 = ins3 * n:
ins4 = ins4 * n:   ins5 = ins5 * n:   ins6 = ins6 * n
ins7 = ins7 * n:   ins8 = ins8 * n
   FormDim15.Visible = False
   FormSdim15.Cls
   Unload FormSdim15
   Load FormSdim15
   FormSdim15.Visible = True
   Unload FormScale15
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormDim15.Enabled = True
   Load FormDim15
   Unload FormScale15
Screen.MousePointer = 0
End Sub

' FOR YAGI 17 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   If fs = 0 Then
      MsgBox "You must enter the value"
      TabIndex = 0
   Else
n = Fre / fs:   dia = dia * n:   bd = bd * n:   Fre = fs:
dri = dri * n:   ref = ref * n:   boom = boom * n
spa1 = spa1 * n:   spa2 = spa2 * n:   drit = drit * n:
reft = reft * n:   cm1 = cm1 * n:   cm2 = cm2 * n
cm3 = cm3 * n:   cm4 = cm4 * n:   cm5 = cm5 * n:
cm6 = cm6 * n:   cm7 = cm7 * n:   ins = ins * n
ins2 = ins2 * n:   ins3 = ins3 * n:   ins4 = ins4 * n:
ins5 = ins5 * n:   ins6 = ins6 * n:   ins7 = ins7 * n
   FormDim17.Visible = False
   FormSdim17.Cls
   Unload FormSdim17
   Load FormSdim17
   FormSdim17.Visible = True
   Unload FormScale17
   End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Cancel
Screen.MousePointer = 11
   FormDim17.Enabled = True
   Load FormDim17
   Unload FormScale17
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```



รูปที่ ก.13 แสดงจอภาพ FormSdim

```
' FOR YAGI 3 ELEMENTS
Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormSdim3
   Unload FormDim3
   Fre = 0:   dia = 0:   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
   FormDim3.Visible = True
   FormDim3.Enabled = True
   FormSdim3.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
   Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
   Printer.Print
   Printer.FontBold = 0
   Printer.FontSize = 16
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
   Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins1, "0.00"); Tab(98); Format$(cm, "0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.15:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 3-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
   Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
   Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
   Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
   Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
   Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub

' FOR YAGI 5 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
   Label44 = Format$(ref, "0.00")
   Label17 = Format$(boom, "0.00")
   Label18 = Format$(spa1, "0.00")
   Label19 = Format$(spa1, "0.00")
   Label20 = Format$(spa1, "0.00")
   Label12 = Format$(drit, "0.00")
   Label11 = Format$(reft, "0.00")
   Label46 = Format$(cm3, "0.00")
   Label47 = Format$(cm2, "0.00")
   Label48 = Format$(cm3, "0.00")
   Label1 = Format$(ins3, "0.00")
   Label2 = Format$(ins2, "0.00")
   Label3 = Format$(ins3, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormSdim5
   Unload FormDim5
   Fre = 0:   dia = 0:   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
   FormDim5.Visible = True
   FormDim5.Enabled = True
   FormSdim5.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
   Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 24
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
   Printer.Print
   Printer.FontSize = 16
   Printer.FontBold = 0
   Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
   Printer.Print
   Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
   Printer.Print
   Printer.FontBold = -1
   Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
   Printer.FontBold = 0
```

```
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.15:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 5-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub


' FOR YAGI 6 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
   Label44 = Format$(ref, "0.00")
   Label17 = Format$(boom, "0.00")
   Label18 = Format$(spa1, "0.00")
   Label19 = Format$(spa2, "0.00")
   Label20 = Format$(spa2, "0.00")
   Label12 = Format$(drit, "0.00")
   Label11 = Format$(reft, "0.00")
   Label46 = Format$(cm4, "0.00")
   Label47 = Format$(cm3, "0.00")
   Label48 = Format$(cm3, "0.00")
   Label49 = Format$(cm4, "0.00")
   Label1 = Format$(ins4, "0.00")
   Label2 = Format$(ins3, "0.00")
   Label3 = Format$(ins3, "0.00")
   Label4 = Format$(ins4, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
   Load FormNBS
   FormNBS.Visible = True
   Unload FormSdim6
   Unload FormDim6
   Fre = 0:   dia = 0:   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
   FormDim6.Visible = True
   FormDim6.Enabled = True
   FormSdim6.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
```

```
Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:    Printer.ScaleWidth = 50
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 24
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 16
    Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(refl, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
    Printer.CurrentX = -17.15:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 6-E"
    Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
  Screen.MousePointer = 0
  End Sub

  Private Sub mnuExit_Click()
     End
  End Sub


  ' FOR YAGI 12 ELEMENTS
  Private Sub Form_Load()
     Label16 = Format$(dia, "0.00")
     Label15 = Format$(bd, "0.00")
     Label22 = Format$(Fre, "0.00")
     Label45 = Format$(dri, "0.00")
     Label44 = Format$(ref, "0.00")
     Label17 = Format$(boom, "0.00")
```

```
Label18 = Format$(spa1, "0.00")
Label19 = Format$(spa1, "0.00")
Label20 = Format$(spa1, "0.00")
Label12 = Format$(drit, "0.00")
Label11 = Format$(reft, "0.00")
Label46 = Format$(cm1, "0.00")
Label47 = Format$(cm2, "0.00")
Label48 = Format$(cm3, "0.00")
Label49 = Format$(cm4, "0.00")
Label50 = Format$(cm5, "0.00")
Label51 = Format$(cm5, "0.00")
Label52 = Format$(cm5, "0.00")
Label53 = Format$(cm5, "0.00")
Label54 = Format$(cm4, "0.00")
Label55 = Format$(cm3, "0.00")
Label1 = Format$(ins, "0.00")
Label2 = Format$(ins2, "0.00")
Label3 = Format$(ins3, "0.00")
Label4 = Format$(ins4, "0.00")
Label5 = Format$(ins5, "0.00")
Label6 = Format$(ins5, "0.00")
Label7 = Format$(ins5, "0.00")
Label8 = Format$(ins5, "0.00")
Label9 = Format$(ins4, "0.00")
Label10 = Format$(ins3, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
  Load FormNBS
  FormNBS.Visible = True
  Unload FormSdim12
  Unload FormDim12
  Fre = 0:  dia = 0:  bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
  FormDim12.Visible = True
  FormDim12.Enabled = True
  FormSdim12.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
  Printer.ScaleLeft = 0:  Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:  Printer.ScaleWidth = 50
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.FontSize = 24
  Printer.FontBold = -1
  Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
  Printer.FontBold = 0
  Printer.Print
  Printer.FontSize = 16
  Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
  Printer.Print
  Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
  Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
  Printer.Print
  Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
  Printer.Print
  Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
  Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
  Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
  Printer.Print
  Printer.FontBold = -1
```

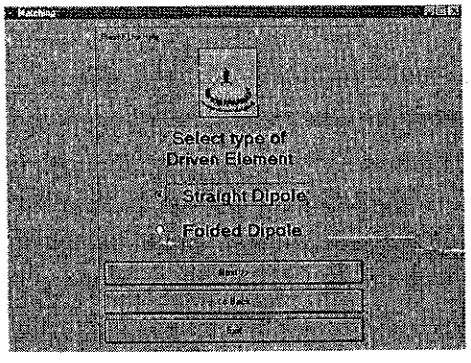
```
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director";
Tab(71); Format$(ins3, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -18:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
    Printer.CurrentX = -17.5:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 12-E"
    Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
  End
End Sub

' FOR YAGI 15 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
  Label16 = Format$(dia, "0.00")
  Label15 = Format$(bd, "0.00")
  Label22 = Format$(Fre, "0.00")
  Label45 = Format$(dri, "0.00")
  Label44 = Format$(ref, "0.00")
  Label17 = Format$(boom, "0.00")
  Label18 = Format$(spa1, "0.00")
  Label19 = Format$(spa2, "0.00")
  Label20 = Format$(spa2, "0.00")
  Label12 = Format$(drit, "0.00")
  Label11 = Format$(reft, "0.00")
  Label46 = Format$(cm1, "0.00")
  Label47 = Format$(cm1, "0.00")
  Label48 = Format$(cm3, "0.00")
  Label49 = Format$(cm4, "0.00")
  Label50 = Format$(cm5, "0.00")
  Label51 = Format$(cm6, "0.00")
  Label52 = Format$(cm7, "0.00")
  Label53 = Format$(cm8, "0.00")
  Label54 = Format$(cm8, "0.00")
  Label55 = Format$(cm8, "0.00")
  Label64 = Format$(cm8, "0.00")
  Label65 = Format$(cm8, "0.00")
  Label66 = Format$(cm8, "0.00")
  Label1 = Format$(ins, "0.00")
  Label2 = Format$(ins, "0.00")
```

```
    Label3 = Format$(ins3, "0.00")
    Label4 = Format$(ins4, "0.00")
    Label5 = Format$(ins5, "0.00")
    Label6 = Format$(ins6, "0.00")
    Label7 = Format$(ins7, "0.00")
    Label8 = Format$(ins8, "0.00")
    Label9 = Format$(ins8, "0.00")
    Label10 = Format$(ins8, "0.00")
    Label61 = Format$(ins8, "0.00")
    Label62 = Format$(ins8, "0.00")
    Label63 = Format$(ins8, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
    Load FormNBS
    FormNBS.Visible = True
    Unload FormSdim15
    Unload FormDim15
    Fre = 0:   dia = 0:   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
    FormDim15.Visible = True:   FormDim15.Enabled =
True:   FormSdim15.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
    Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 24
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 16
    Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements", Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(refl, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
```

```
    Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins6, "0.00"); Tab(98); Format$(cm6, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins8, "0.00"); Tab(98); Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins8, "0.00"); Tab(98); Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
 Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 11st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 12st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 13st Director";
Tab(71); Format$(ins8, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm8, "0.00")
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -18:   Printer.CurrentY = -19.25:
 Printer.Print "Dimension of"
   Printer.CurrentX = -17.5:   Printer.CurrentY = -21.25:
 Printer.Print "Yagi 15-E"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
 Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
 Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
   Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
   Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
 Screen.MousePointer = 0
 End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
   End
End Sub

' FOR YAGI 17 ELEMENTS
Private Sub Form_Load()
   Label16 = Format$(dia, "0.00")
   Label15 = Format$(bd, "0.00")
   Label22 = Format$(Fre, "0.00")
   Label45 = Format$(dri, "0.00")
   Label44 = Format$(ref, "0.00")
   Label17 = Format$(boom, "0.00")
   Label18 = Format$(spa1, "0.00")
   Label19 = Format$(spa2, "0.00")
   Label20 = Format$(spa2, "0.00")
   Label12 = Format$(drit, "0.00")
   Label11 = Format$(reft, "0.00")
   Label46 = Format$(cm1, "0.00")
   Label47 = Format$(cm2, "0.00")
   Label48 = Format$(cm3, "0.00")
   Label49 = Format$(cm4, "0.00")
   Label50 = Format$(cm5, "0.00")
   Label51 = Format$(cm6, "0.00")
   Label52 = Format$(cm7, "0.00")
   Label53 = Format$(cm7, "0.00")
   Label54 = Format$(cm7, "0.00")
   Label55 = Format$(cm7, "0.00")
   Label64 = Format$(cm7, "0.00")
   Label65 = Format$(cm7, "0.00")
   Label66 = Format$(cm7, "0.00")
   Label71 = Format$(cm7, "0.00")
   Label72 = Format$(cm7, "0.00")
   Label1 = Format$(ins, "0.00")
   Label2 = Format$(ins2, "0.00")
   Label3 = Format$(ins3, "0.00")
   Label4 = Format$(ins4, "0.00")
   Label5 = Format$(ins5, "0.00")
   Label6 = Format$(ins6, "0.00")
   Label7 = Format$(ins7, "0.00")
   Label8 = Format$(ins7, "0.00")
```

```
    Label9 = Format$(ins7, "0.00")
    Label10 = Format$(ins7, "0.00")
    Label61 = Format$(ins7, "0.00")
    Label62 = Format$(ins7, "0.00")
    Label63 = Format$(ins7, "0.00")
    Label69 = Format$(ins7, "0.00")
    Label70 = Format$(ins7, "0.00")
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
    Load FormNBS
    FormNBS.Visible = True
    Unload FormSdim17
    Unload FormDim17
    Fre = 0:   dia = 0:   bd = 0
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' True
Dimension
Screen.MousePointer = 11
    FormDim17.Visible = True:   FormDim17.Enabled =
True:   FormSdim17.Visible = False
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
    Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0:
Printer.ScaleHeight = -100:   Printer.ScaleWidth = 50
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.FontSize = 24
    Printer.Print Tab(37); "Scale Model"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.FontSize = 16
    Printer.Print Tab(20); "Frequency"; Tab(40);
Format$(Fre, "0.00"); Tab(50); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Boom"; Tab(50);
Format$(bd, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Diameter of Elements"; Tab(50);
Format$(dia, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20); "Length of Boom"; Tab(50);
Format$(boom, "0.00"); Tab(60); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(20): "Space between Reflector and
Driven"; Tab(70); Format(spa1, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Driven and 1st
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print Tab(20); "Space between Director and
Director"; Tab(70); Format(spa2, "0.00"); Tab(80); "cm."
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.Print Tab(19); "Insulated Elements"; Tab(67);
"No(cm.)"; Tab(92); "Yes(cm.)"
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print Tab(20); "Length of Reflector"; Tab(71);
Format$(reft, "0.00"); Tab(98); Format$(ref, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of Driven"; Tab(71);
Format(drit, "0.00"); Tab(98); Format$(dri, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 1st Director"; Tab(71);
Format$(ins, "0.00"); Tab(98); Format$(cm1, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 2st Director"; Tab(71);
Format$(ins2, "0.00"); Tab(98); Format$(cm2, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 3st Director"; Tab(71);
Format$(ins3, "0.00"); Tab(98); Format$(cm3, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 4st Director"; Tab(71);
Format$(ins4, "0.00"); Tab(98); Format$(cm4, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 5st Director"; Tab(71);
Format$(ins5, "0.00"); Tab(98); Format$(cm5, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 6st Director"; Tab(71);
Format$(ins6, "0.00"); Tab(98); Format$(cm6, "0.00")
```

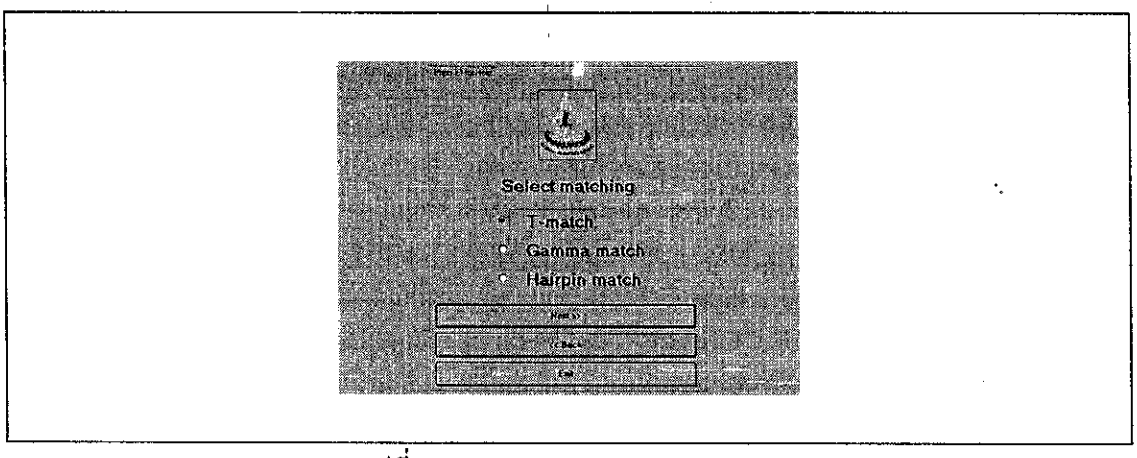
```
    Printer.Print Tab(20); "Length of 7st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 8st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 9st Director"; Tab(71);
Format$(ins7, "0.00"); Tab(98); Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 10st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 11st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 12st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 13st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 14st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Print Tab(20); "Length of 15st Director";
Tab(71); Format$(ins7, "0.00"); Tab(98);
Format$(cm7, "0.00")
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -18:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Dimension of"
    Printer.CurrentX = -17.5:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "Yagi 17-E"
    Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
  Screen.MousePointer = 0
  End Sub

  Private Sub mnuExit_Click()
    End
  End Sub
```



รูปที่ ก.14 แสดงจอภาพ FormMatching

```
Private Sub Form_Load()
    SSOption1.Value = True
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' Next
Screen.MousePointer = 11
```

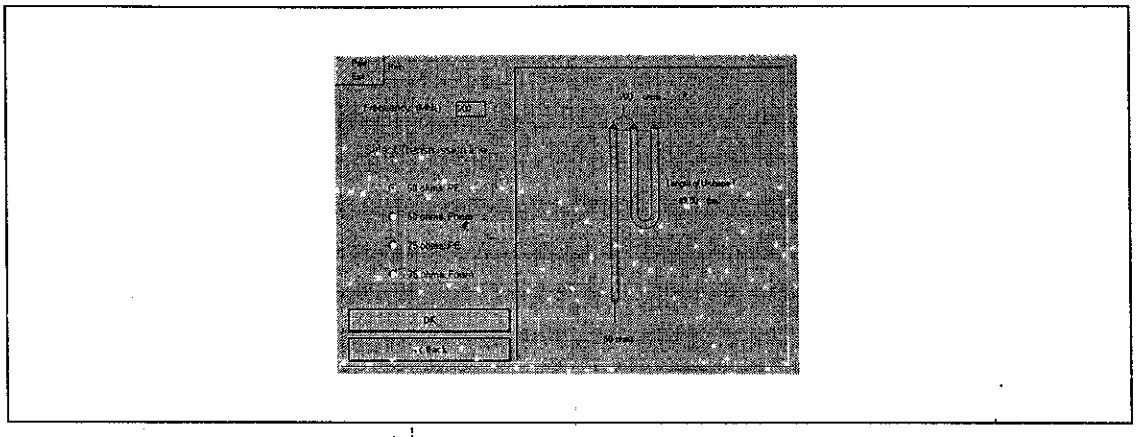
```
If SSOption1.Value = True Then
Load FormStrength
FormStrength.Visible = True
Unload FormMatching
FormMatching.Visible = False
Else
If SSOption2.Value = True Then
Load FormStepup
FormStepup.Visible = True
Unload FormMatching
Else
MsgBox "Please select one"
End If
End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
  Load FormCal
  FormCal.Visible = True
  Unload FormMatching
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand3_Click()          ' Exit
  End
End Sub
```



รูปที่ ก.15 แสดงจอภาพ FormStraight

```
Private Sub SSCommand1_Click()          ' Next
Screen.MousePointer = 11
  If SSOption1.Value = True Then
  Load FormT
  FormT.Visible = True
  Unload FormStrength
  Else
  If SSOption2.Value = True Then
  Load FormGamma
  FormGamma.Visible = True
  Unload FormStrength
  Else
  If SSOption3.Value = True Then
  Load FormHairpin
  FormHairpin.Visible = True
  Unload FormStrength
  Else
    MsgBox "Please select one"
  End If
  End If
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
```

```
    Load FormMatching
    FormMatching.Visible = True
    Unload FormStrength
Screen.MousePointer = 0
End Sub
Private Sub SSCommand3_Click()          ' Exit
    End
End Sub
```

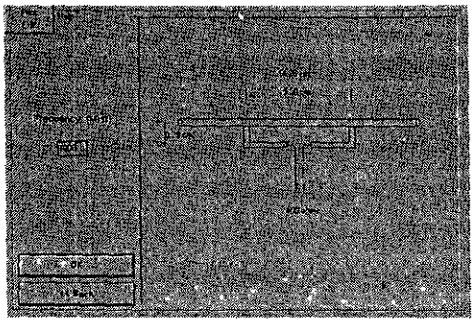


รูปที่ ก.16 แสดงจอภาพ FormStepup

```
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
    Dim fm As Variant
    Dim lampda As Variant
    Dim l As Variant
    Dim max As Variant
    Dim min As Variant
    fm = Val(Text1.Text)
    Label11.Caption = fm
    If fm = 0 Then
        MsgBox "Error"
        Picture1.Cls
Label1.Visible = False:     Label2.Visible = False:
Label3.Visible = False:     Label4.Visible = False
Label5.Visible = False:     Label7.Visible = False:
Label8.Visible = False
        TabIndex = 0
    Else
    If Option1.Value = True Then
        vr = 0.66
        lampda = 300 * vr / fm
        l = lampda * 100 / 2
        Label1 = Format$(l, "0.00")
Label2.Caption = 200:       Label3.Caption = 50:
Label12.Caption = "Transmission line 50 ohms, PE"
        paint
    Else
    If Option2.Value = True Then
        vr = 0.78
        lampda = 300 * vr / fm
        l = lampda * 100 / 2
Label1 = Format$(l, "0.00")
Label2.Caption = 200:       Label3.Caption = 50:
Label12.Caption = "Transmission line 50 ohms, Foam"
        paint
    Else
    If Option3.Value = True Then
        vr = 0.66
        lampda = 300 * vr / fm
        l = lampda * 100 / 2
Label1 = Format$(l, "0.00")
Label2.Caption = 300:       Label3.Caption = 75:
Label12.Caption = "Transmission line 75 ohms, PE"
        paint
    Else
    If Option4.Value = True Then
```

```
    Vr=0.78
    lampda=300*vr/fm
    l=lampda*100/2
label11=Format$(l,"0.00")
Label2=300:    Label3=75
Label12.Caption="Transmission line 75 ohms, Foam"
    paint
Else
    MsgBox "Error"
    Picture1.Cls
Label1.Visible = False:    Label2.Visible = False
Label3.Visible = False:    Label4.Visible = False
Label5.Visible = False:    Label7.Visible = False
Label8.Visible = False
    TabIndex=0
End If
End If
End If
End If
End If
Screen.MousePointer=0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()  ' Back
Screen.MousePointer=11
    Load FormMatching
    FormMatching.Visible=True
    Picture1.Cls
    Unload FormStepup
Screen.MousePoint=0
End Sub

Sub paint()
    Label1.Visible = False:    Label2.Visible = False
    Label3.Visible = False:    Label4.Visible = False
    Label5.Visible = False:    Label7.Visible = False
    Label8.Visible = False
    Const pi=3.14159
    Picture1.ScaleLeft=-20
    Picture1.ScaleTop=20
    Picture1.ScaleWidth=40
    Picture1.ScaleHeight=-40
    Picture1.Line (-6,12) - (-6,-12)
    Picture1.Line (-5,12) - (-5,-12)
    Picture1.Line (-3,12) - (-3,0)
    Picture1.Line (-2,12) - (-2,0)
    Picture1.Line (0.1,12) - (-0.1,-0.25)
    Picture1.Line (1.107,12) - (-1.107,-0.25)
    Picture1.Circle (-5.5,12),0.5, , , ,0.5
    Picture1.Circle (-2.5,12),0.5, , , ,0.5
    Picture1.Circle (0.6,12),0.5, , , ,0.5
    Picture1.Circle (-0.95,0),1.05, , pi,0
    Picture1.Circle (-0.95,0),2.05, , pi,0
    Picture1.Circle (-5.5,-12),0.5, , , ,0.5
    Picture1.Line (-5, 11.5) - (3, 11.5), RGB (255,0,0)
    Picture1.Line (-2, 11.5) - (0, 11.5), RGB (255,0,0)
    Picture1.Line (-5.5, 12) - (-5.5, 15), RGB (255,0,0)
    Picture1.Line (0.6, 12) - (0.6, 15), RGB (255,0,0)
    Picture1.Circle (-5,12), 1.25, RGB (255,0,0), pi/2, pi,
2.25
    Picture1.Circle (-3.1,12), 1.25, RGB (255,0,0), 0, pi/2,
2.25
    Picture1.Circle (-5,14), 1, RGB (255,0,0), 3/2*pi, 0
    Picture1.Circle (-3,14), 1, RGB (255,0,0), pi, (3/2)*pi
    Picture1.Line (-4, 15) - (-4,14), RGB (255,0,0)
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.Mouse.Pointer =11
    Const pi=3.14
    Printer.ScaleLeft=0:    Printer.ScaleTop=0
    Printer.ScaleWidth=40:    Printer.ScaleHeight=-40
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontBold=-1
    Printer.FontSize=24
    Printer.Print Tab(33); "Step-up Balun Matching"
```

```
    Printer.FontSize=16
    Printer.FontBold=0
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(57); Label2.Caption;
    Tab(63); "ohms"
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(75); "Frequency"; Tab(95);
Label11.Caption; Tab(103); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(75); Label12.Caption
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(75); "Length of U-Shaped";
Tab(100); Label1.Caption; Tab(108); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(45); Label3.Caption; Tab(50);
"ohms"
    Printer.Scale (-20, 25.5)-(20,-25.5)
    Printer.Line (-6, 12)-(-6,-12)
    Printer.Line (-5, 12)-(-5, -12)
    Printer.Line (-3, 12)-(-3, 0)
    Printer.Line (-2, 12)-(-2, 0)
    Printer.Line (0.1, 12)-(0.1, 0)
    Printer.Line (1.1, 12)-(1.1, 0)
    Printer.Circle (-5.5, 12), 0.5, , , , 0.5
    Printer.Circle (-2.5, 12), 0.5, , , , 0.5
    Printer.Circle (0.6, 12), 0.5, , , , 0.5
    Printer.Circle (-0.94, 0), 1.05, , pi, 0
    Printer.Circle (-0.94, 0), 2.05, , pi, 0
    Printer.Circle (-5.5, -12), 0.5, , , , 0.5
    Printer.Line (-5, 11.5)-(-3, 11.5)
    Printer.Line (-2, 11.5)-(0.15, 11.5)
    Printer.Line (-5.5, -12)-(-5.5, -15)
    Printer.Line (0.6, 12)-(0.6, 15)
    Printer.Circle (-5, 12 ), 1.25, , pi/2, pi, 2.25
    Printer.Circle (-3, 12), 1.25, , 0, pi/2, 2.25
    Printer.Circle (-5, 14), 1, , (3/2)*pi, 0
    Printer.Circle (-3, 14), 1, , pi, (3/2)*pi
    Printer.Line (-4, 15)-(-4, 14)
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.CurrentX = -19:    Printer.CurrentY = -20:
Printer.Print "Step-up Balun Matching"
    Printer.CurrentX = 1:  Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranareee University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:  Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication
Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23,-23)
    Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
    End
End Sub
```

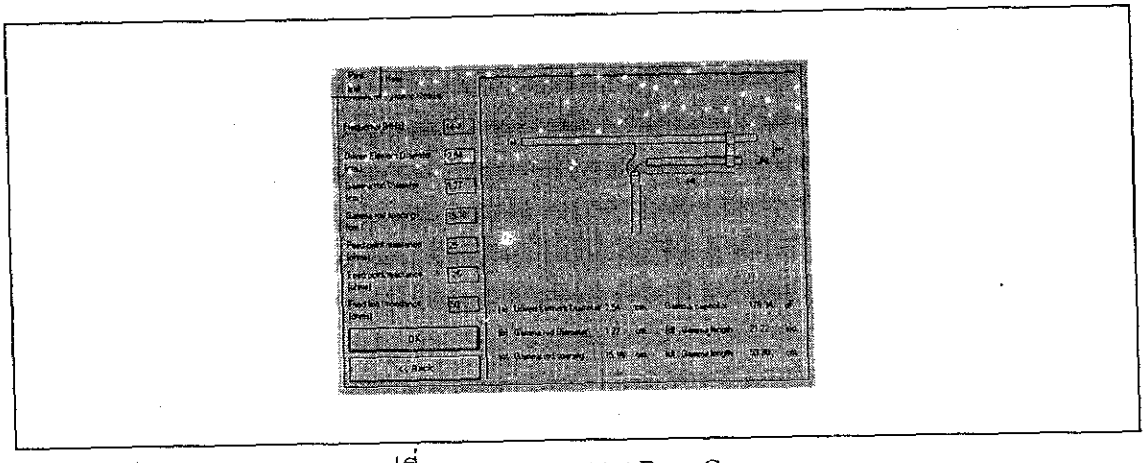


รูปที่ ก.17 แสดงจอภาพ FormT

```
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
  Dim FT As Single
  Dim a As Single
  Dim B  As Single
  Dim length As Single
Picture1.Cls
  FT = Val(Text1.Text)
  Label11.Caption = FT
  If FT = 0 Then
    MsgBox "Error"
    Picture1.Cls
    Label3.Visible = False
    TabIndex = 0
  Else
    a = (180.5 / FT) * 2.54 * 12
    B = (114 / FT) * 2.54
    length = (468 / FT) * 2.54 * 12
    Label1 = Format$(a, "0.00")
    Label2 = Format$(B, "0.00")
    Label7 = Format$(length, "0.00")
    Label3.Visible = True
  Const pi = 3.14
  Picture1.ScaleLeft = -20:   Picture1.ScaleWidth = 40
  Picture1.ScaleTop = 20:   Picture1.ScaleHeight = -40
  Picture1.Line (-15, 11.5)-(15, 11.5), RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-6.625, 9.25)-(6.625, 9.25),
RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-17, 5.5)-(-17, 2.325), RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-15, 12.5)-(-15, 10.5), RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (15, 12.5)-(15, 10.5), RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-18, 5.5)-(-16, 5.5), RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-18, 2.325)-(-16, 2.325),
RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-6.625, 10.25)-(-6.625, 8.25),
RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (6.625, 10.25)-(6.625, 8.25),
RGB(255, 0, 255)
  Picture1.Line (-15, 6)-(15, 6), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-15, 5)-(15, 5), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Circle (-15, 5.5), 0.45, RGB(0, 0, 0), , , 2
  Picture1.Circle (15, 5.5), 0.45, RGB(0, 0, 0), , , 2
  Picture1.Line (-7, 5)-(-7, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-6.25, 5)-(-6.25, 2.75), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (7, 5)-(7, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (6.25, 5)-(6.25, 2.75), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (6.25, 2.75)-(1.5, 2.75), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (7, 2)-(1.5, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-7, 2)-(-1.5, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-6.25, 2.75)-(-1.5, 2.75), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-1.5, 2.75)-(-1.5, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (1.5, 2.75)-(1.5, 2), RGB(0, 0, 0)
  Picture1.Line (-1.5, 2.325)-(-0.5, 2.325), RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (1.5, 2.325)-(0.5, 2.325), RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (-0.5, 2.325)-(-0.5, -4), RGB(255, 0, 0)
  Picture1.Line (0.5, 2.325)-(0.5, -4), RGB(255, 0, 0)
```

```
    Picture1.CurrentX = -2:    Picture1.CurrentY = 10.5:
Picture1.Print Label11.Caption + " cm."
    Picture1.CurrentX = -2.25:    Picture1.CurrentY = 13:
Picture1.Print Label7.Caption + " cm."
    Picture1.CurrentX = -17:    Picture1.CurrentY = 4.5:
Picture1.Print Label2.Caption + " cm."
    End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()              ' Back
    Load FormStrength:    FormStrength.Visible = True
    Picture1.Cls
    Unload FormT
End Sub
Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
   Const pi = 3.14
    Printer.ScaleLeft = 0:    Printer.ScaleTop = 0
    Printer.ScaleWidth = 40:    Printer.ScaleHeight = -40
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.FontSize = 24
    Printer.Print Tab(37); "T-Matching"
    Printer.FontSize = 16
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(52); "Frequency";
 Tab(70); Label11.Caption; Tab(78); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(62); Label7.Caption; Tab(69); "feet"
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(62); Label1.Caption; Tab(69); "feet"
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(18); Label2.Caption; Tab(23); "inc"
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(63); Label3.Caption
   Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
   Printer.CurrentX = -17.5:   Printer.CurrentY = -20:
Printer.Print "T-Matching"
   Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
   Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
   Printer.Line (-15, 11.5)-(15, 11.5), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-6.625, 8.8)-(6.625, 8.8), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-17, 5.5)-(-17, 4.6), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-17, 3.4)-(-17, 2.325), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-15, 12.5)-(-15, 10.5), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (15, 12.5)-(15, 10.5), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-18, 5.5)-(-16, 5.5), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-18, 2.325)-(-16, 2.325), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-6.625, 9.8)-(-6.625, 7.8),
RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (6.625, 9.8)-(6.625, 7.8), RGB(255, 0, 255)
   Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
   Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
   Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
   Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
   Printer.Line (-15, 6)-(15, 6)
   Printer.Line (-15, 5)-(15, 5)
   Printer.Circle (-15, 5.5), 0.75, , , , 2
   Printer.Circle (15, 5.5), 0.75, , , , 2
   Printer.Line (-7, 5)-(-7, 2)
   Printer.Line (-6, 5)-(-6, 2.75)
   Printer.Line (7, 5)-(7, 2)
   Printer.Line (6, 5)-(6, 2.75)
```

```
Printer.Line (6, 2.75)-(1.5, 2.75)
Printer.Line (7, 2)-(1.5, 2)
Printer.Line (-7, 2)-(-1.5, 2)
Printer.Line (-6, 2.75)-(-1.5, 2.75)
Printer.Line (-1.5, 2.75)-(-1.5, 2)
Printer.Line (1.5, 2.75)-(1.5, 2)
Printer.Line (-1.5, 2.325)-(-0.5, 2.325), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (1.5, 2.325)-(0.5, 2.325), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (-0.5, 2.325)-(-0.5, -4), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (0.5, 2.325)-(0.5, -4), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
  End
End Sub
```



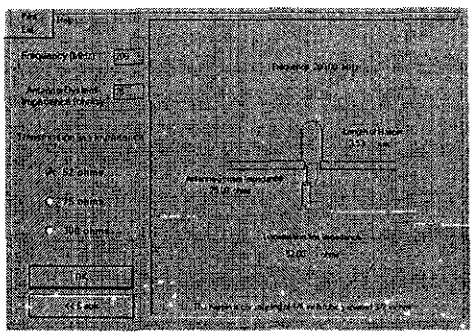
รูปที่ ก.18 แสดงจอภาพ FormGamma

```
Sub error()
   MsgBox "One of value not correct"
   Picture1.Cls
   Refresh
End Sub

Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   Dim X As Single
   Dim RA As Single
   Dim XA As Single
   Dim RO As Single
   Dim DE As Single
   Dim DR As Single
   Dim s As Single
   Dim ZO As Single
   Dim ZO1 As Single
   Dim ZO2 As Single
   Dim HZ As Single
   Dim HZ1 As Single
   Dim HZ11 As Single
   Dim HZ2 As Single
   Dim HZ22 As Single
   Dim T As Single
   Dim a As Single
   Dim B As Single
   Dim Q As Single
   Dim XS As Single
   Dim LDRA As Single
   Dim LDR As Single
   Dim e As Single
   Dim G As Single
   Dim CR As Single
   Dim FT As Single
```

```
Dim INC As Single
Const pi = 3.14159
DE = (Val(Text1.Text)):  DR = (Val(text2.Text))
s = (Val(Text3.Text)):  RA = Val(Text4.Text)
XA = Val(Text5.Text):  RO = Val(Text6.Text):
f = Val(Text7.Text)
DE = DE / 2.54:  DR = DR / 2.54:  s = s / 2.54
If DE = 0 Or DR = 0 Or s = 0 Or RA = 0 Or XA = 0 Or
RO = 0 Or f = 0 Then
MsgBox "Error"
TabIndex = 1
'Label7.Visible = False:  Label8.Visible = False
Label9.Visible = False:  Label10.Visible = False
'Label11.Visible = False:  Label12.Visible = False
Label13.Visible = False:  Label14.Visible = False
'Label15.Visible = False:  Label16.Visible = False
Label17.Visible = False:  Label18.Visible = False
Label31.Visible = False:  Label32.Visible = False
Label33.Visible = False:  Label34.Visible = False
Label35.Visible = False:  Label36.Visible = False
Label37.Visible = False:  Label38.Visible = False
Label39.Visible = False
Printer.Cls
Else
RA = RA / 2:  XA = XA / 2
HZ11 = (4 * s * s - DE * DE + DR * DR) / (4 * s * DR)
HZ1 = Log(HZ11 + Sqr(HZ11 * HZ11 - 1))
HZ22 = (4 * s * s + DE * DE - DR * DR) / (4 * s * DE)
HZ2 = Log(HZ22 + Sqr(HZ22 * HZ22 - 1))
HZ = (1 + HZ1 / HZ2) ^ 2
ZO1 = ((4 * s * s - DE * DE - DR * DR) / (2 * DE *
DR))
ZO2 = Log(ZO1 + Sqr(ZO1 * ZO1 - 1))
ZO = 60 * ZO2
T = HZ / ZO
a = ((RO * XA) / (HZ * RA - RO))
B = (RO * (RA ^ 2 + XA ^ 2)) / (HZ * RA - RO)
Q = a + Sqr(a * a + B)
XS = HZ * ((RO * XA + Sqr((RO * XA) ^ 2 + RO *
(HZ * RA - RO) * (RA ^ 2 + XA ^ 2))) / (HZ * RA - RO))
LDRA = Atn(Q * T)
LDR = LDRA * 180 / pi
e = (RO / RA) * ((RA ^ 2 + XA ^ 2) / Q)
G = (RO / RA) * XA
CR = 1000000! / (2 * pi * (e + G) * f)
RA = RA * 2
XA = XA * 2
FT = ((948 / f) * (LDR / 360))
INC = FT * 12
Label8.Visible = True:  Label9.Visible = True
Label10.Visible = True:  Label12.Visible = True
Label13.Visible = True:  Label14.Visible = True
Label16.Visible = True:  Label17.Visible = True
Label18.Visible = True:  Label31.Visible = True
Label32.Visible = True:  Label33.Visible = True
Label34.Visible = True:  Label35.Visible = True
Label36.Visible = True:  Label37.Visible = True
Label38.Visible = True:  Label39.Visible = True
Label8 = Format$(INC, "0.00")
Label9 = Format$(INC * 2.54, "0.00")
Label10 = Format$(CR, "0.00")
Label37.Caption = Format$(DE * 2.54, "0.00")
Label38.Caption = Format$(DR * 2.54, "0.00")
Label39.Caption = Format$(s * 2.54, "0.00")
Picture1.ScaleLeft = -20:  Picture1.ScaleWidth = 40
Picture1.ScaleTop = 20:  Picture1.ScaleHeight = -40
Picture1.Line (-15, 12)-(11, 12)
Picture1.Line (-15, 11)-(11, 11)
Picture1.Line (12, 11)-(15, 11)
Picture1.Line (12, 12)-(15, 12)
Picture1.Line (-15, 12)-(-15, 11)
Picture1.Line (15, 12)-(15, 11)
Picture1.Line (17, 11)-(17, 9), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (16.75, 11)-(17.25, 11), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (16.75, 9)-(17.25, 9), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (15, 9)-(15, 8), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (14.75, 9)-(15.25, 9), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (14.75, 8)-(15.25, 8), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (1, 7)-(12, 7), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (1, 7.25)-(1, 6.75), RGB(255, 0, 255)
```

```
    Picture1.Line (12, 7.25)-(12, 6.75), RGB(255, 0, 255)
    Picture1.Line (-17, 12)-(-17, 11), RGB(255, 0, 255)
    Picture1.Line (-17.25, 12)-(-16.75, 12),
RGB(255, 0, 255)
    Picture1.Line (-17.25, 11)-(-16.75, 11),
RGB(255, 0, 255)
    FontSize = 10
    Picture1.CurrentX = -16.75:   Picture1.CurrentY = 12:
Picture1.Print "(a)"
    Picture1.CurrentX = 15.25:   Picture1.CurrentY = 9:
Picture1.Print "(b)"
    Picture1.CurrentX = 17.25:   Picture1.CurrentY = 10.5:
Picture1.Print "(c)"
    Picture1.CurrentX = 6:   Picture1.CurrentY = 6.5:
Picture1.Print "(d)"
    Picture1.Line (12, 12.25)-(12, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (11, 12.25)-(11, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (12, 12.25)-(11, 12.25), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (12, 7.75)-(11, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (12, 9.25)-(11, 9.25), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (12, 10.75)-(11, 10.75), RGB(0, 0, 255)
    Picture1.Line (1, 8)-(11, 8)
    Picture1.Line (1, 9)-(11, 9)
    Picture1.Line (12, 8)-(13, 8)
    Picture1.Line (12, 9)-(13, 9)
    Picture1.Line (13, 8)-(13, 9)
    Picture1.Line (1, 8)-(1, 9)
    Picture1.Circle (-0.5, 7), 0.5, , , , 0.5
    Picture1.Line (0, -1)-(0, 7)
    Picture1.Line (-1, 7)-(-1, -1)
    Picture1.Circle (1, 7), 1.5, RGB(255, 0, 0), pi / 2, pi
    Picture1.Line (-0.5, 9.75)-(-0.5, 11), RGB(255, 0, 0)
    Picture1.Circle (-1, 7.75), 1, RGB(255, 0, 0), pi / 2,
(3 / 2) * pi, 2
    Picture1.Circle (-1, 9.85), 1, RGB(255, 0, 0), (3 / 2) * pi,
0, 2
  End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
  Load FormStrength
  FormStrength.Visible = True
  Picture1.Cls
  Unload FormGamma
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
  Const pi = 3.14
  Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0
  Printer.ScaleWidth = 40:   Printer.ScaleHeight = -40
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.FontBold = -1
  Printer.FontSize = 24
  Printer.Print Tab(34); "Gamma Matching"
  Printer.FontSize = 16
  Printer.FontBold = 0
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
  Printer.Print
Printer.Print Tab(50); "Frequency"; Tab(77);
Format$(f, "0.00"); Tab(86); "MHz"
  Printer.Print Tab(46); "(a)  Diameter of Driven";
Tab(77); Label37.Caption; Tab(86); "cm."
```

```
    Printer.Print Tab(46); "(b)  Diameter of Gamma rod";
Tab(77); Label38.Caption; Tab(86); "cm."
    Printer.Print Tab(46); "(c)  Gamma rod spacing";
Tab(77); Label39.Caption; Tab(86); "cm."
    'Printer.Print Tab(46); "(D) Gamma length"; Tab(76);
Label7.Caption; Tab(85); "degree"
    Printer.Print Tab(46); "(d)  Gamma length"; Tab(77);
Label8.Caption; Tab(86); "inc."
    Printer.Print Tab(46); "(d)  Gamma length"; Tab(77);
Label9.Caption; Tab(86); "cm."
    Printer.Print Tab(50); "Gamma capacitor"; Tab(77);
Label10.Caption; Tab(86); "pF"
    Printer.Scale (-20, 28)-(20, -28)
    Printer.Line (-15, 12)-(11, 12)
    Printer.Line (-15, 11)-(11, 11)
    Printer.Line (12, 11)-(15, 11)
    Printer.Line (12, 12)-(15, 12)
    Printer.Line (-15, 12)-(-15, 11)
    Printer.Line (15, 12)-(15, 11)
    Printer.Line (17, 11)-(17, 9), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (16.75, 11)-(17.25, 11), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (16.75, 9)-(17.25, 9), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (15, 9)-(15, 8), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (14.75, 9)-(15.25, 9), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (14.75, 8)-(15.25, 8), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (1, 7)-(12, 7), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (1, 7.25)-(1, 6.75), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (12, 7.25)-(12, 6.75), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (-17, 12)-(-17, 11), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (-17.25, 12)-(-16.75, 12), RGB(255, 0, 255)
    Printer.Line (-17.25, 11)-(-16.75, 11), RGB(255, 0, 255)
    Printer.FontSize = 10
    Printer.CurrentX = -16.5:   Printer.CurrentY = 12:
  Printer.Print "(a)"
    Printer.CurrentX = 15.25:   Printer.CurrentY = 9:
  Printer.Print "(b)"
    Printer.CurrentX = 17.25:   Printer.CurrentY = 10.5:
  Printer.Print "(c)"
    Printer.CurrentX = 6:   Printer.CurrentY = 6.75:
  Printer.Print "(d)"
    Printer.Line (12, 12.25)-(12, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (11, 12.25)-(11, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (12, 12.25)-(11, 12.25), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (12, 7.75)-(11, 7.75), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (12, 9.25)-(11, 9.25), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (12, 10.75)-(11, 10.75), RGB(0, 0, 255)
    Printer.Line (1, 8)-(11, 8):   Printer.Line (1, 9)-(11, 9)
    Printer.Line (12, 8)-(13, 8):   Printer.Line (12, 9)-(13, 9)
    Printer.Line (13, 8)-(13, 9):   Printer.Line (1, 8)-(1, 9)
    Printer.Circle (-0.5, 7), 0.5, , , , 0.5
    Printer.Line (0, -1)-(0, 7):   Printer.Line (-1, 7)-(-1, -1)
    Printer.Circle (1, 7), 1.5, RGB(255, 0, 0), pi / 2, pi
    Printer.Line (-0.5, 9.75)-(-0.5, 11), RGB(255, 0, 0)
    Printer.Circle (-1, 7.75), 1.05, RGB(255, 0, 0), pi / 2,
(3 / 2) * pi, 2
    Printer.Circle (-1, 9.75), 1, RGB(255, 0, 0), (3 / 2) * pi,
0, 2
    Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
    Printer.FontSize = 14
    Printer.CurrentX = -18.5:   Printer.CurrentY = -20:
  Printer.Print "Gamma Matching"
    Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
  Printer.Print "Suranaree University of Technology"
    Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
  Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
    Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
    Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
    Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
    Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
    Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
    Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
    Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
    Printer.EndDoc
  Screen.MousePointer = 0
  End Sub

  Private Sub mnuExit_Click()
    End
  End Sub
```



รูปที่ ก.19 แสดงจอภาพ FormHairpin

```
Private Sub Form_Load()
   SSOption1.Value = True
End Sub
Private Sub SSCommand1_Click()          ' OK
Screen.MousePointer = 11
   Dim fm As Single
   Dim Za As Variant
   Dim Xl As Variant
   Dim h As Variant
   Dim l As Variant
   Dim le As Variant
   Const pi = 3.14
   Za = Val(Text1.Text)
   fm = Val(text2.Text)
   If fm = 0 Then
      MsgBox "Error"
      TabIndex = 0
      Picture1.Cls
      Label1 = "":     Label2 = "":     Label4 = ""
      Label5 = ""
      Label1.Visible = False:     Label2.Visible = False
      Label3.Visible = False:     Label4.Visible = False
      Label5.Visible = False:     Label6.Visible = False
      Label7.Visible = False:     Label8.Visible = False
      Label9.Visible = False:     Label10.Visible = False
      Label11.Visible = False:     Label12.Visible = False
      Label15.Visible = False
      TabIndex = 0
   Else
   If SSOption1.Value = True Then
      If Za < 20 Or Za > 47 Then
      MsgBox "Out of range"
      TabIndex = 1
      Picture1.Cls
      Label1 = "":     Label2 = "":     Label4 = ""
      Label5 = ""
      Label1.Visible = False:     Label2.Visible = False
      Label3.Visible = False:     Label4.Visible = False
      Label5.Visible = False:     Label6.Visible = False
      Label7.Visible = False:     Label8.Visible = False
      Label9.Visible = False:     Label10.Visible = False
      Label11.Visible = False:     Label12.Visible = False
      Label15.Visible = False
   Else:     Zl = 52
   Xl = (1.7085601492642E-08) * Za ^ 8
      + (-3.64829377377115E-06) * Za ^ 7
      + (3.29115997286753E-04) * Za ^ 6
      + (-1.62778490260871E-02) * Za ^ 5
      + (0.47867972080207) * Za ^ 4
      + (-8.46892106227325) * Za ^ 3
      + (86.5594562769826) * Za ^ 2
      + (-454.567316106104) * Za + (930.294670525725)
   h = Xl / 300
   l = (-1149558.82582795) * h ^ 8
    + (3522007.52954119) * h ^ 7
    + (-4543193.46568126) * h ^ 6
```

```
+ (3209992.23225562) * h ^ 5
+ (-1352085.60303927) * h ^ 4
+ (345504.075551182) * h ^ 3
+ (-51900.3843807214) * h ^ 2
+ (4205.36732207564) * h + (-134.125837669177)
le = l * 300 * 97.5 / (360 * fm)
Label1 = Format$(Za, "0.00")
Label2 = Format$(fm, "0.00")
Label4 = Format$(Zl, "0.00")
Label5 = Format$(le, "0.00")
Picture1.Cls
Picture1.AutoRedraw = -1
Picture1.ScaleLeft = -20:   Picture1.ScaleTop = 20
Picture1.ScaleWidth = 40:   Picture1.ScaleHeight = -40
Picture1.Line (-10, 1)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (-10, 0)-(0, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(12, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 0)-(12, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(2, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0.5)-(0.3, 0.5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (1.7, 0.5)-(2, 0.5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0.3, 0.5)-(0.3, -2), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (1.7, 0.5)-(1.7, -1.2), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Circle (0.3, -2), 0.5, RGB(0, 0, 0), , , 0.4
Picture1.Circle (0.9, -1), 1.4, RGB(255, 0, 0), 3 * pi / 2,
2 * pi, 1.8
Picture1.Line (0.8, -2)-(0.8, -5), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (-0.2, -2)-(-0.2, -5), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (-0.3, 1)-(-0.3, 5.1), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (2.3, 1)-(2.3, 5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Circle (1, 5), 1.3, RGB(255, 0, 0), 0, pi
Picture1.Line (3.5, 6.3)-(3.5, 1), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (3, 6.3)-(4, 6.3), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (3, 1)-(4, 1), RGB(255, 0, 255)
Label1.Visible = True:   Label2.Visible = True
Label3.Visible = True:   Label4.Visible = True
Label5.Visible = True:   Label6.Visible = True
Label7.Visible = True:   Label8.Visible = True
Label9.Visible = True:   Label10.Visible = True:
Label11.Visible = True:   Label12.Visible = True
Label15.Visible = True
End If
Else
If SSOption2.Value = True Then
If Za < 20 Or Za > 65 Then
MsgBox "Out of range"
TabIndex = 1
Picture1.Cls
Label1 = "":   Label2 = "":   Label4 = ""
Label5 = ""
Label1.Visible = False:   Label2.Visible = False
Label3.Visible = False:   Label4.Visible = False
Label5.Visible = False:   Label6.Visible = False
Label7.Visible = False:   Label8.Visible = False
Label9.Visible = False:   Label10.Visible = False
Label11.Visible = False:   Label12.Visible = False
Label15.Visible = False
Else:   Zl = 75
Xl = (1.67174389395489E-10) * Za ^ 8
+ (-4.76233231785483E-08) * Za ^ 7
+ (5.65132809573246E-06) * Za ^ 6
+ (-3.59569771789354E-04) * Za ^ 5
+ (1.31666984660425E-02) * Za ^ 4
+ (-0.276749710061372) * Za ^ 3
+ (3.15137192023333) * Za ^ 2
+ (-15.5817079523754) * Za + (46.5277777774108)
h = Xl / 300
l = (-1149558.82582795) * h ^ 8
+ (3522007.52954119) * h ^ 7
+ (-4543193.46568126) * h ^ 6
+ (3209992.23225562) * h ^ 5
+ (-1352085.60303927) * h ^ 4
+ (345504.075551182) * h ^ 3
+ (-51900.3843807214) * h ^ 2
+ (4205.36732207564) * h + (-134.125837669177)
le = l * 300 * 97.5 / (360 * fm)
Label1 = Format$(Za, "0.00")
Label2 = Format$(fm, "0.00")
```

```
Label4 = Format$(Zl, "0.00")
Label5 = Format$(le, "0.00")
Picture1.Cls
Picture1.AutoRedraw = -1
Picture1.ScaleLeft = -20:   Picture1.ScaleTop = 20
Picture1.ScaleWidth = 40:   Picture1.ScaleHeight = -40
Picture1.Line (-10, 1)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (-10, 0)-(0, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(12, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 0)-(12, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(2, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0.5)-(0.3, 0.5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (1.7, 0.5)-(2, 0.5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (0.3, 0.5)-(0.3, -5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (1.7, 0.5)-(1.7, -5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (-0.3, 1)-(-0.3, 5.1), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (2.3, 1)-(2.3, 5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Circle (1, 5), 1.3, RGB(255, 0, 0), 0, pi
Picture1.Line (3.5, 6.3)-(3.5, 1), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (3, 6.3)-(4, 6.3), RGB(255, 0, 255)
Picture1.Line (3, 1)-(4, 1), RGB(255, 0, 255)
Label1.Visible = True:   Label2.Visible = True
Label3.Visible = True:   Label4.Visible = True
Label5.Visible = True:   Label6.Visible = True
Label7.Visible = True:   Label8.Visible = True
Label9.Visible = True:   Label10.Visible = True
Label11.Visible = True:   Label12.Visible = True
Label15.Visible = True
End If
Else
If SSOption3.Value = True Then
    If Za < 20 Or Za > 70 Then
  MsgBox "Out of range"
  TabIndex = 1
  Picture1.Cls
  Label1 = "":    Label2 = "":    Label4 = ""
  Label5 = ""
  Label1.Visible = False:    Label2.Visible = False
  Label3.Visible = False:    Label4.Visible = False
  Label5.Visible = False:    Label6.Visible = False
  Label7.Visible = False:    Label8.Visible = False
  Label9.Visible = False:    Label10.Visible = False
  Label11.Visible = False:    Label12.Visible = False
  Label15.Visible = False
Else:  Zl = 300
Xl = (-3.90720390720324E-12) * Za ^ 8
   + (2.20431420431416E-09) * Za ^ 7
   + (-4.31485551485514E-07) * Za ^ 6
   + (4.1805291005287E-05) * Za ^ 5
   + (-2.24625722425712E-03) * Za ^ 4
   + (6.87517562067525E-02) * Za ^ 3
   + (-1.17424782254777) * Za ^ 2
   + (12.4645671550668) * Za + (-0.28076923076826)
h = Xl / 300
l = (-1149558.82582795) * h ^ 8
  + (3522007.52954119) * h ^ 7
  + (-4543193.46568126) * h ^ 6
  + (3209992.23225562) * h ^ 5
  + (-1352085.60303927) * h ^ 4
  + (345504.075551182) * h ^ 3
  + (-51900.3843807214) * h ^ 2
  + (4205.36732207564) * h + (-134.125837669177)
le = l * 300 * 97.5 / (360 * fm)
Label1 = Format$(Za, "0.00")
Label2 = Format$(fm, "0.00")
Label4 = Format$(Zl, "0.00")
Label5 = Format$(le, "0.00")
Picture1.Cls
Picture1.AutoRedraw = -1
Picture1.ScaleLeft = -20:   Picture1.ScaleTop = 20
Picture1.ScaleWidth = 40:   Picture1.ScaleHeight = -40
Picture1.Line (-10, 1)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (-10, 0)-(0, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(12, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 0)-(12, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (2, 1)-(2, 0), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0)-(0, 1), RGB(0, 0, 0)
Picture1.Line (0, 0.5)-(0.3, 0.5), RGB(255, 0, 0)
Picture1.Line (1.7, 0.5)-(2, 0.5), RGB(255, 0, 0)
```

```
    Picture1.Line (0.3, 0.5)-(0.3, -5), RGB(255, 0, 0)
    Picture1.Line (1.7, 0.5)-(1.7, -5), RGB(255, 0, 0)
    Picture1.Line (-0.3, 1)-(-0.3, 5.1), RGB(255, 0, 0)
    Picture1.Line (2.3, 1)-(2.3, 5), RGB(255, 0, 0)
    Picture1.Circle (1, 5), 1.3, RGB(255, 0, 0), 0, pi
    Picture1.Line (3.5, 6.3)-(3.5, 1), RGB(255, 0, 255)
    Picture1.Line (3, 6.3)-(4, 6.3), RGB(255, 0, 255)
    Picture1.Line (3, 1)-(4, 1), RGB(255, 0, 255)
    Label1.Visible = True:   Label2.Visible = True
    Label3.Visible = True:   Label4.Visible = True
    Label5.Visible = True:   Label6.Visible = True
    Label7.Visible = True:   Label8.Visible = True
    Label9.Visible = True:   Label10.Visible = True
    Label11.Visible = True:   Label12.Visible = True
    Label15.Visible = True
    End If
    End If
    End If
    End If
    End If
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub SSCommand2_Click()          ' Back
Screen.MousePointer = 11
    Load FormStrength
    FormStrength.Visible = True
    Picture1.Cls
    Unload FormHairpin
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuPrint_Click()
Screen.MousePointer = 11
    Const pi = 3.14
    Printer.ScaleLeft = 0:   Printer.ScaleTop = 0
    Printer.ScaleWidth = 40:   Printer.ScaleHeight = -40
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.FontBold = -1
    Printer.FontSize = 24
    Printer.Print Tab(34); "Hairpin Matching"
    Printer.FontSize = 16
    Printer.FontBold = 0
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(56); "Frequency"; Tab(76);
Label2.Caption; Tab(85); "MHz"
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer Print Tab(84); "Length of Hairpin"
    Printer.Print Tab(87); Label5.Caption; Tab(96); "cm."
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(30); "Antenna-System Impedance"
    Printer.Print Tab(36); Label1.Caption; Tab(48); "ohms"
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print
    Printer.Print Tab(56); "Transmission line Impedance"
    Printer.Print Tab(64); Label4.Caption; Tab(71); "ohms"
    Printer.Scale (-20, 20)-(20, -20)
    If Label4.Caption = 52 Then
    Printer.Line (-10, 1)-(0, 1):   Printer.Line (-10, 0)-(0, 0):
Printer.Line (2, 1)-(12, 1):   Printer.Line (2, 0)-(12, 0)
    Printer.Line (2, 1)-(2, 0):   Printer.Line (0, 0)-(0, 1)
    Printer.Circle (0.3, -2), 0.5, , , , 0.4
    Printer.Circle (0.8, -1.5), 0.91, RGB(255, 0, 0),
3 * pi / 2, 2 * pi
    Printer.Line (0, 0.5)-(0.3, 0.5), RGB(255, 0, 0)
    Printer.Line (1.7, 0.5)-(2, 0.5), RGB(255, 0, 0)
```

```
Printer.Line (0.3, 0.5)-(0.3, -2), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (1.7, 0.5)-(1.7, -1.5), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (0.8, -2)-(0.8, -5)
Printer.Line (-0.2, -2)-(-0.2, -5)
Printer.Line (-0.3, 1)-(-0.3, 5), RGB(255, 0, 0)
Printer.Line (2.3, 1)-(2.3, 5), RGB(255, 0, 0)
Printer.Circle (1, 5), 1.3, RGB(255, 0, 0), 0, pi
Printer.Line (3.5, 5.9)-(3.5, 1), RGB(255, 0, 255)
Printer.Line (3, 5.9)-(4, 5.9), RGB(255, 0, 255)
Printer.Line (3, 1)-(4, 1), RGB(255, 0, 255)
Else
Printer.Line (-10, 1)-(0, 1):   Printer.Line (-10, 0)-(0, 0)
Printer.Line (2, 1)-(12, 1):   Printer.Line (2, 0)-(12, 0)
Printer.Line (2, 1)-(2, 0):   Printer.Line (0, 0)-(0, 1)
Printer.Line (0, 0.5)-(0.3, 0.5)
Printer.Line (1.7, 0.5)-(2, 0.5)
Printer.Line (0.3, 0.5)-(0.3, -5)
Printer.Line (1.7, 0.5)-(1.7, -5)
Printer.Line (-0.3, 1)-(-0.3, 5)
Printer.Line (2.3, 1)-(2.3, 5)
Printer.Circle (1, 5), 1.3, , 0, pi
Printer.Line (3.5, 5.9)-(3.5, 1), RGB(255, 0, 255)
Printer.Line (3, 5.9)-(4, 5.9), RGB(255, 0, 255)
Printer.Line (3, 1)-(4, 1), RGB(255, 0, 255)
End If
Printer.Scale (-25, 25)-(25, -25)
Printer.CurrentX = -19:   Printer.CurrentY = -20:
Printer.Print "Hairpin Matching"
Printer.CurrentX = 1:   Printer.CurrentY = -19.25:
Printer.Print "Suranaree University of Technology"
Printer.CurrentX = -0.25:   Printer.CurrentY = -21.25:
Printer.Print "School of Telecommunication Engineering"
Printer.Line (-23, -19)-(23, -19)
Printer.Line (-8, -21)-(23, -21)
Printer.Line (-8, -19)-(-8, -23)
Printer.Line (-23, 23)-(23, 23)
Printer.Line (-23, 23)-(-23, -23)
Printer.Line (-23, -23)-(23, -23)
Printer.Line (23, 23)-(23, -23)
Printer.EndDoc
Screen.MousePointer = 0
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
  End
End Sub
```

```
' ประกาศค่าตัวแปรกลาง
Global Fre As Single
Global lam As Single
Global bd As Single
Global bd1 As Single
Global boom As Single
Global dia As Single
Global spa1 As Single
Global spa2 As Single
Global con As Single
Global con1 As Single
Global con2 As Single
Global con3 As Single
Global con4 As Single
Global con5 As Single
Global con6 As Single
Global sum1 As Single
Global sum As Single
Global del As Single
Global B1 As Single
Global B2 As Single
Global ref As Single
Global ref1 As Single
Global ref2 As Single
Global ref3 As Single
Global refl As Single
Global drit As Single
Global dri As Single
Global a As Single
Global B As Single
```

```
Global c As Single
Global d As Single
Global e As Single
Global f As Single
Global y1 As Single
Global y2 As Single
Global y3 As Single
Global x1 As Single
Global x11 As Single
Global x2 As Single
Global cm As Single
Global cm1 As Single
Global cm2 As Single
Global cm3 As Single
Global cm4 As Single
Global cm5 As Single
Global cm6 As Single
Global cm7 As Single
Global cm8 As Single
Global ins As Single
Global ins1 As Single
Global ins2 As Single
Global ins3 As Single
Global ins4 As Single
Global ins5 As Single
Global ins6 As Single
Global ins7 As Single
Global ins8 As Single
Global inscm As Single
Global ran1 As Single
Global ran2 As Single
Global bran1 As Single
Global bran2 As Single
Global lab As Single
Global fm As Single
Global fs As Single
Global n As Single
Global z(370) As Variant
Global pmax  As Variant
Global j As Integer
Global nam As Variant
Global typ As Variant
Global bw As Variant
Global Q As Variant
Global w1 As Variant
Global w2 As Variant
```

ภาคผนวก ข

การหาสมการโดยโปรแกรมแมทแล็ป (Matlab)

การหาสมการที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมโดยหาจากกราฟในรูปที่ 3.4

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น A (ยากิยาว 0.4λ) ช่วง d/λ = 0.001-0.01

```
a=0.001;b=0.002;c=0.003;d=0.004;e=0.006;f=0.008;g=0.009;h=0.01;
A=[a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
   b.^7 b.^6 b.^5  b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
   c.^7 c.^6 c.^5  c.^4  c.^3  c.^2 c 1;
   d.^7 d.^6 d.^5  d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
   e.^7 e.^6 e.^5  e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
   f.^7 f.^6  f.^5  f.^4  f.^3  f.^2 f 1;
   g.^7  g.^6 g.^5  g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
   h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1];
B=[0.464;0.461;0.458;0.455;0.449;0.444;0.442;0.439];
inv(A)*B
ans = -1.653439153435290e+013
       3.472222222193331e+011
      -1.901455026428315e+009
      -3.720238095664479e+006
       6.739417989394750e+004
      -2.287698412724334e+002
      -2.690476190473924e+000
       4.668571428571423e-001
C=0.001:0.00001:0.01;
D=(-1.653439153435290e+013)*C.^7+(3.472222222193331e+011)*C.^6 +(-1.901455026428315e+009)*C.^5
  +(-3.720238095664479e+006)*C.^4+(6.739417989394750e+004)*C.^3+(-2.287698412724334e+002)*C.^2
  +(-2.690476190473924e+000)*C+(4.668571428571423e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น A (ยากิยาว 0.4λ) ช่วง d/λ = 0.01-0.04

```
a=0.01;b=0.014;c=0.017;d=0.02;e=0.024;f=0.027;g=0.03;h=0.034;k=0.037;l=0.04;
A=[ a.^9 a.^8 a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
    b.^9 b.^8 b.^7 b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
    c.^9 c.^8 c.^7 c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
    d.^9 d.^8 d.^7 d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
    e.^9 e.^8 e.^7 e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
    f.^9 f.^8 f.^7 f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
```

```
    g.^9 g.^8 g.^7 g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
    h.^9 h.^8 h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1;
    k.^9 k.^8 k.^7 k.^6 k.^5 k.^4 k.^3 k.^2 k 1;
    l.^9 l.^8 l.^7 l.^6 l.^5 l.^4 l.^3 l.^2 l 1];
B=[0.439;0.432;0.428;0.423;0.418;0.415;0.412;0.408;0.405;0.403];
inv(A)*B
ans = -4.858071755374128e+014
       1.240591424421564e+014
      -1.379885677072518e+013
       8.761894930153446e+011
      -3.493698913139870e+010
       9.050711240566544e+008
      -1.519045189268317e+007
       1.587894189125658e+005
      -9.366315352794060e+002
       2.809691994426919e+000
C=0.01:0.001:0.04;
D=(-4.858071755374128e+014)*C.^9+(1.240591424421564e+014)*C.^8+(-1.379885677072518e+013)*C.^7
  +(8.761894930153446e+011)*C.^6+(-3.493698913139870e+010)*C.^5+(9.050711240566544e+008)*C.^4
  +(-1.519045189268317e+007)*C.^3+(1.587894189125658e+005)*C.^2+(-9.366315352794060e+002)*C
  +(2.809691994426919e+000);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น B (ยาวิยาว 2.2λ) ช่วง d/λ = 0.001-0.01

```
a=0.001;b=0.002;c=0.003;d=0.004;e=0.006;f=0.008;g=0.009;h=0.01;
A=[a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
    b.^7 b.^6 b.^5  b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
    c.^7 c.^6 c.^5  c.^4  c.^3  c.^2 c 1;
    d.^7 d.^6 d.^5  d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
    e.^7 e.^6 e.^5  e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
    f.^7 f.^6  f.^5  f.^4  f.^3  f.^2 f 1;
    g.^7  g.^6 g.^5  g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
    h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1];
B=[0.458;0.454;0.450;0.445;0.439;0.433;0.430;0.428];
inv(A)*B
ans =-6.944444444445051e+014
       2.748015873016060e+013
      -4.375992063492638e+011
       3.582837301587628e+009
      -1.598789682540063e+007
```

```
    3.813968253968911e+004
   -4.832380952381860e+001
    4.810000000000046e-001
C=0.001:0.0001:0.01;
D=(-6.944444444445051e+014)*C.^7+(2.748015873016060e+013)*C.^6+(-4.375992063492638e+011)*C.^5
  +(3.582837301587628e+009)*C.^4+(-1.598789682540063e+007)*C.^3+(3.813968253968911e+004)*C.^2
  +(-4.832380952381860e+001)*C+(4.810000000000046e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น B (ยาวกิยาว 2.2λ) ช่วง d/λ = 0.01-0.04

```
a=0.01;b=0.014;c=0.017;d=0.02;e=0.024;f=0.027;g=0.03;h=0.034;k=0.037;l=0.04;
A=[ a.^9 a.^8 a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
    b.^9 b.^8 b.^7 b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
    c.^9 c.^8 c.^7 c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
    d.^9 d.^8 d.^7 d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
    e.^9 e.^8 e.^7 e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
    f.^9 f.^8 f.^7 f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
    g.^9 g.^8 g.^7 g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
    h.^9 h.^8 h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1;
    k.^9 k.^8 k.^7 k.^6 k.^5 k.^4 k.^3 k.^2 k 1;
    l.^9 l.^8 l.^7 l.^6 l.^5 l.^4 l.^3 l.^2 l 1];
B=[0.428;0.42;0.414;0.409;0.404;0.401;0.398;0.394;0.392;0.389];
inv(A)*B
ans =-6.327031283809248e+013
      1.023531357406499e+013
     -6.543388943944663e+011
      1.947563016375892e+010
     -1.518726985078655e+008
     -7.794898863207357e+006
      2.844918353235085e+005
     -4.344933062558279e+003
      3.084535957181171e+001
      3.487916314420640e-001
C=0.01:0.0001:0.04;
D=(-6.327031283809248e+013)*C.^9+(1.023531357406499e+013)*C.^8+(-6.543388943944663e+011)*C.^7
  +(1.947563016375892e+010)*C.^6+(-1.518726985078655e+008)*C.^5+(-7.794898863207357e+006)*C.^4
  +(2.844918353235085e+005)*C.^3+(-4.344933062558279e+003)*C.^2+(3.084535957181171e+001)*C
  +(3.487916314420640e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น C (ยากิยาว 0.8λ, 1.2λ, 3.2λ) ช่วง d/λ = 0.001-0.01

```
a=0.001;b=0.002;c=0.003;d=0.004;e=0.006;f=0.008;g=0.01;
A=[a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
   b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
   c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
   d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
   e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
   f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
   g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1];
B=[0.455;0.451;0.447;0.443;0.436;0.430;0.424];
inv(A)*B
ans = 3.554894179897383e+011
     -1.091269841271196e+010
      1.257027116403061e+008
     -6.721230158736779e+005
      1.765310846562273e+003
     -6.160714285717279e+000
      4.599523809523818e-001
C=0.001:0.00001:0.01;
D=(3.554894179897383e+011)*C.^6+(-1.091269841271196e+010)*C.^5+(1.257027116403061e+008)*C.^4
  +(-6.721230158736779e+005)*C.^3+(1.765310846562273e+003)*C.^2+(-6.160714285717279e+000)*C
  +(4.599523809523818e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น C (ยากิยาว 0.8λ, 1.2λ, 3.2λ) ช่วง d/λ = 0.01-0.04

```
a=0.01;b=0.013;c=0.015;d=0.017;e=0.02;f=0.024;g=0.027;h=0.03;k=0.034;l=0.037;m=0.039;n=0.04;
A=[ a.^11 a.^10 a.^9 a.^8 a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
    b.^11 b.^10 b.^9 b.^8 b.^7 b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
    c.^11 c.^10 c.^9 c.^8 c.^7 c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
    d.^11 d.^10 d.^9 d.^8 d.^7 d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
    e.^11 e.^10 e.^9 e.^8 e.^7 e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
    f.^11 f.^10 f.^9 f.^8 f.^7 f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
    g.^11 g.^10 g.^9 g.^8 g.^7 g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
    h.^11 h.^10 h.^9 h.^8 h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1;
    k.^11 k.^10 k.^9 k.^8 k.^7 k.^6 k.^5 k.^4 k.^3 k.^2 k 1;
    l.^11 l.^10 l.^9 l.^8 l.^7 l.^6 l.^5 l.^4 l.^3 l.^2 l 1;
    m.^11 m.^10 m.^9 m.^8 m.^7 m.^6 m.^5 m.^4 m.^3 m.^2 m 1;
    n.^11 n.^10 n.^9 n.^8 n.^7 n.^6 n.^5 n.^4 n.^3 n.^2 n 1];
  B=[0.424;0.418;0.414;0.411;0.406;0.401;0.398;0.394;0.391;0.388;0.387;0.386];
  inv(A)*B
```

```
ans =-2.517936277331894e+019
      6.683182506955628e+018
     -7.882566578601519e+017
      5.444259104877312e+016
     -2.442111615032894e+015
      7.455718813939347e+013
     -1.577511793940519e+012
      2.307951906921254e+010
     -2.282407376684115e+008
      1.449023090375013e+006
     -5.300382535273206e+003
      8.865854360761189e+000
C=0.01:0.00001:0.04;
D=(-2.517936277331894e+019)*C.^11+(6.683182506955628e+018)*C.^10+(-7.882566578601519e+017)*C.^9
  +(5.444259104877312e+016)*C.^8+(-2.442111615032894e+015)*C.^7+(7.455718813939347e+013)*C.^6
  +(-1.577511793940519e+012)*C.^5+(2.307951906921254e+010)*C.^4+(-2.282407376684115e+008)*C.^3
  +(1.449023090375013e+006)*C.^2+(-5.300382535273206e+003)*C+(8.865854360761189e+000);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น D (ยากิยาว 4.2λ) ช่วง d/λ = 0.001-0.01

```
a=0.001;b=0.0015;c=0.003;d=0.005;e=0.006;f=0.008;g=0.01;h=0.02;k=0.025;l=0.03;m=0.04;
A=[ a.^10 a.^9 a.^8 a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
    b.^10 b.^9 b.^8 b.^7 b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
    c.^10 c.^9 c.^8 c.^7 c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
    d.^10 d.^9 d.^8 d.^7 d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
    e.^10 e.^9 e.^8 e.^7 e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
    f.^10 f.^9 f.^8 f.^7 f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
    g.^10 g.^9 g.^8 g.^7 g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
    h.^10 h.^9 h.^8 h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1;
    k.^10 k.^9 k.^8 k.^7 k.^6 k.^5 k.^4 k.^3 k.^2 k 1;
    l.^10 l.^9 l.^8 l.^7 l.^6 l.^5 l.^4 l.^3 l.^2 l 1;
    m.^10 m.^9 m.^8 m.^7 m.^6 m.^5 m.^4 m.^3 m.^2 m 1];
B=[0.451;0.450;0.443;0.435;0.431;0.425;0.420;0.402;0.395;0.390;0.382];
inv(A)*B
ans =-5.828318334131208e+018
      8.497329326344392e+017
     -5.104577432489854e+016
      1.647658129755386e+015
     -3.132226387934898e+013
      3.632522799447501e+011
```

-2.589959490774282e+009
1.118232168445848e+007
-2.780202455014465e+004
3.124242376979201e+001
4.386337111143415e-001

```
C=0.001:0.0005:0.04;
D=( -5.828318334125877e+018)*C.^10+(8.497329326336276e+017)*C.^9+(-5.104577432485424e+016)*C.^8
 +(1.647658129753900e+015)*C.^7+(-3.132226387931590e+013)*C.^6+(3.632522799444200e+011)*C.^5
 +(-2.589959490772371e+009)*C.^4+(1.118232168445175e+007)*C.^3+(-2.780202455012777e+004)*C.^2
 +(3.124242376977832e+001)*C+(4.386337111143464e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวชี้นำคลื่นเส้น D (ยาวิยาว 4.2λ) ช่วง d/λ = 0.01-0.04

```
a=0.01;b=0.012;c=0.014;d=0.017;e=0.02;f=0.022;g=0.025;h=0.028;k=0.03;l=0.033;m=0.035;n=0.037;p=0.04;
A=[a.^12 a.^11 a.^10 a.^9 a.^8 a.^7 a.^6 a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
   b.^12 b.^11 b.^10 b.^9 b.^8 b.^7 b.^6 b.^5 b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
   c.^12 c.^11 c.^10 c.^9 c.^8 c.^7 c.^6 c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
   d.^12 d.^11 d.^10 d.^9 d.^8 d.^7 d.^6 d.^5 d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
   e.^12 e.^11 e.^10 e.^9 e.^8 e.^7 e.^6 e.^5 e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
   f.^12 f.^11 f.^10 f.^9 f.^8 f.^7 f.^6 f.^5 f.^4 f.^3 f.^2 f 1;
   g.^12 g.^11 g.^10 g.^9 g.^8 g.^7 g.^6 g.^5 g.^4 g.^3 g.^2 g 1;
   h.^12 h.^11 h.^10 h.^9 h.^8 h.^7 h.^6 h.^5 h.^4 h.^3 h.^2 h 1;
   k.^12 k.^11 k.^10 k.^9 k.^8 k.^7 k.^6 k.^5 k.^4 k.^3 k.^2 k 1;
   l.^12 l.^11 l.^10 l.^9 l.^8 l.^7 l.^6 l.^5 l.^4 l.^3 l.^2 l 1;
   m.^12 m.^11 m.^10 m.^9 m.^8 m.^7 m.^6 m.^5 m.^4 m.^3 m.^2 m 1;
   n.^12 n.^11 n.^10 n.^9 n.^8 n.^7 n.^6 n.^5 n.^4 n.^3 n.^2 n 1;
   p.^12 p.^11 p.^10 p.^9 p.^8 p.^7 p.^6 p.^5 p.^4 p.^3 p.^2 p 1];
B=[0.420;0.416;0.412;0.407;0.402;0.399;0.395;0.392;0.390;0.387;0.385;0.384;0.382];
inv(A)*B
ans =-4.443964218564210e+021
      1.321187392639954e+021
     -1.775421721790057e+020
      1.425116213826867e+019
     -7.605435136528023e+017
      2.841030467924279e+016
     -7.612188174774496e+014
      1.473041648941260e+013
     -2.041831161809925e+011
      1.975780483967996e+009
     -1.266017676256483e+007
```

```
      4.819696504885891e+004
     -8.195623847341639e+001
C=0.001:0.0005:0.04;
D=(-4.443963638986902e+021)*C.^12+(1.321187236502909e+021)*C.^11+(-1.775421533337970e+020)*C.^10
  +(1.425116079288822e+019)*C.^9+(-7.605434504912650e+017)*C.^8+(2.841030262928486e+016)*C.^7
  +(-7.612187704308069e+014)*C.^6+(1.473041572254619e+013)*C.^5+(-2.041831074060558e+011)*C.^4
  +(1.975780415622058e+009)*C.^3+(-1.266017642158898e+007)*C.^2+(4.819696408459064e+004)*C
  +(-8.195623733605746e+001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวสะท้อนคลื่นเส้น A, B, C (ยากิยาว 0.4λ, 0.8λ, 1.2λ, 2.2λ, 3.2λ)

-ช่วง $0.001 \leq d/\lambda \leq 0.006$

```
a=0.001;b=0.002;c=0.003;d=0.004;e=0.006;
A=[a.^4 a.^3 a.^2 a.^1 1;
   b.^4 b.^3 b.^2 b.^1 1;
   c.^4 c.^3 c.^2 c.^1 1;
   d.^4 d.^3 d.^2 d.^1 1;
   e.^4 e.^3 e.^2 e.^1 1];
B=[0.491;0.488;0.486;0.4848;0.483];
inv(A)*B
ans =-8.333333333337037e+006
      5.000000000008046e+004
      4.083333333329618e+002
     -4.449999999999013e+000
      4.949999999999994e-001
C=0.001:0.00001:0.006;
D=(-8.333333333337037e+006)*C.^4+(5.000000000008046e+004)*C.^3+(4.083333333329618e+002)*C.^2
  +(-4.449999999999013e+000)*C+(4.949999999999994e-001);
semilogx(C,D)
```

-ช่วง $0.006 \leq d/\lambda \leq 0.01$

```
a=0.006;b=0.007;c=0.008;d=0.009;e=0.01;
A=[a.^4 a.^3 a.^2 a.^1 1;
   b.^4 b.^3 b.^2 b.^1 1;
   c.^4 c.^3 c.^2 c.^1 1;
   d.^4 d.^3 d.^2 d.^1 1;
   e.^4 e.^3 e.^2 e.^1 1];
B=[0.483;0.482;0.4815;0.481;0.4805];
inv(A)*B
```

```
ans =2.083333333333523e+007
    -7.083333333334974e+005
     8.979166666668449e+003
    -5.079166666666819e+001
     5.905000000000015e-001
C=0.001:0.00001:0.006;
D=(2.083333333333523e+007)*C.^4+(-7.083333333334974e+005)*C.^3+(8.979166666668449e+003)*C.^2
  +(-5.079166666666819e+001)*C+(5.905000000000015e-001);
semilogx(C,D)
```

-ช่วง $0.01 \leq d/\lambda \leq 0.03$

```
a=0.01;b=0.015;c=0.02;d=0.025;e=0.03;
A=[a.^4 a.^3 a.^2 a.^1 1;
   b.^4 b.^3 b.^2 b.^1 1;
   c.^4 c.^3 c.^2 c.^1 1;
   d.^4 d.^3 d.^2 d.^1 1;
   e.^4 e.^3 e.^2 e.^1 1];
B=[0.4805;0.4785;0.477;0.476;0.475];
inv(A)*B
ans =-3.333333333331941e+004
      2.333333333332271e+003
     -4.916666666665432e+001
     -8.333333335807l7e-003
      4.835000000000007e-001
C=0.01:0.0001:0.03;
D=(-3.333333333331941e+004)*C.^4+(2.333333333332271e+003)*C.^3+(-4.916666666665432e+001)*C.^2
  +(-8.333333335807l7e-003)*C+(4.835000000000007e-001);
semilogx(C,D)
```

สมการสำหรับกราฟตัวสะท้อนคลื่นเส้น D (ยากิยาว 4.2λ)

-ช่วง $0.001 \leq d/\lambda \leq 0.01$

```
a=0.001;b=0.002;c=0.004;d=0.006;e=0.008;f=0.01;
A=[a.^5 a.^4 a.^3 a.^2 a 1;
   b.^5  b.^4 b.^3 b.^2 b 1;
   c.^5 c.^4 c.^3 c.^2 c 1;
   d.^5  d.^4 d.^3 d.^2 d 1;
   e.^5  e.^4 e.^3 e.^2 e 1;
   f.^5  f.^4 f.^3 f.^2 f 1];
B=[0.485;0.482;0.479;0.477;0.475;0.474];
```

```
inv(A)*B
ans = -2.810846560841642e+008
        1.364087301585678e+007
        -2.205687830686257e+005
        1.610119047618442e+003
        -6.482275132273801e+000
        4.900793650793646e-001
C=0.001:0.0005:0.01;
D=(-2.810846560841642e+008)*C.^5+(1.364087301585678e+007)*C.^4+(-2.205687830686257e+005)*C.^3
   +(1.610119047618442e+003)*C.^2+( -6.482275132273801e+000)*C+(4.900793650793646e-001);
```

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นายจาตุรนต์ โชคสวัสดิ์

วัน เดือน ปีเกิด 5 สิงหาคม พ.ศ 2518

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 208 หมู่ 4 ตำบลรอบเมือง
อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

การศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ศึกษาที่โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล
ระดับอุดมศึกษา กำลังศึกษาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 208 หมู่ 4 ตำบลรอบเมือง
อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ 36000

ชื่อ นายชัยรัตน์ ทองจับ

วัน เดือน ปี เกิด 26 พฤศจิกายน พ.ศ 2517

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 538-539 ญ ซอยท่าเรือพลี ตำบลบางปลาสร้อย
อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000

การศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ศึกษาที่โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
ระดับอุดมศึกษา กำลังศึกษาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 538-539 ซอยท่าเรือพลี ตำบลบางปลาสร้อย
อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี