การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

พิสิฐ สอนละ
รุ่งอรุณ พรเจริญ
อนุชา ไชยชาญ
ภาวนา ชูศิริ
วรรณภา มโนสืบ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้คณะ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Development of Parameters High Frequency Transmission Line Simulation Program with Matlab/Simulink

Pisit Sonla
Rungaroon Porncharoen
Anucha Chaichan
Pawana Choosiri
Wannapa Manosueb

This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
Fiscal Year 2017

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink
ผู้วิจัย : นายพิสิฐ สอนละ และคณะ
พ.ศ. : 2560

บทคัดย่อ

มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink 2) เพื่อหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ ค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงที่นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมนั้น แบ่งตามประเภทของสายส่งในอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่และการใช้งาน ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ ส่วนประกอบของโปรแกรม แบ่งเป็น 3 หน้าจอ ได้แก่ หน้าจอหลัก หน้าจอแสดงโปรแกรมหลัก และหน้าจอคำนวณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบหาคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การทดสอบโปรแกรม และส่วนที่ 2 การทดสอบระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink มีโครงสร้างของการออกแบบโปรแกรม แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณสองสาย ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณระนาบคู่ และส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณโคแอกซ์ ซึ่งในการคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม ซึ่งการคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม แบ่งออกเป็น กำหนดเงื่อนไขของขอบเขตของสายส่ง คำนวณค่าความจุ คำนวณค่าความนำ คำนวณค่าความเหนี่ยวนำ คำนวณค่าความต้านทาน และคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ ซึ่งการคำนวณทุกส่วนสามารถแสดงผลการคำนวณ เลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ ซึ่งโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยทำการพัฒนานี้ แบ่งสายส่งสัญญาณตามประเภทการใช้งานและความถี่ จำนวน 3 สายส่งสัญญาณ ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

2. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink แบ่งออกเป็น 2 ส่วน พบว่า

ส่วนที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงานส่วนย่อยทั้ง 5 กระบวนการทำงาน มีความถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาดในกระบวนการ ซึ่งกระบวนการทำงานแต่ละกระบวนการทำงานมีความเชื่อมโยงกันตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยภาพรวมการพัฒนาระบบสามารถทำงานได้ไม่เกิดข้อผิดพลาด และเมื่อทำการประเมินการยอมรับระบบ พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือวิจัยได้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบเรื่องมาตรฐานการออกแบบ คุณภาพการออกแบบ และโครงสร้างที่ออกแบบไม่ซับซ้อนเป็นที่ยอมรับ

จากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 80% - 83% ด้านกระบวนการทำงานเรื่องการเรียงลำดับกระบวนการทำงาน การเข้าใจในภาษาที่ใช้ในการทำงานเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 84% - 80% และด้านหน้าที่การทำงานเรื่องวิธีการทำงานในแต่ละการทำงาน ความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 89% - 79% และส่วนที่ 2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น พบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.04, S.D. = 0.36$)

3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ มีผลการคำนวณที่ตรงกัน จึงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้แทนการคำนวณด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายฝ่ายที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครอย่างยิ่ง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ และตรวจเครื่องมือวิจัยที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือการวิจัยให้ถูกต้องสมบูรณ์

นอกจากนี้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่เสียสละเวลาในการทดสอบเครื่องมือวิจัยจนสามารถนำเสนอผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ได้

ผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ก
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
3. ขอบเขตของการวิจัย 2
4. นิยามศัพท์เฉพาะ 3
5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 3
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
1. ทฤษฎีสายส่งความถี่สูง 5
2. ประเภทความยาวของสายส่ง 8
3. หลักการใช้งานโปรแกรม Matlab 16
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 32
1. ขั้นตอนการออกแบบ 32
2. การพัฒนาโปรแกรม 34
3. การตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม 37
4. วิธีดำเนินการทดลอง 39
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 39
บทที่ 4 ผลการวิจัย 41
1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง โดยใช้ Matlab/Simulink 41
2. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink 44
3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ 46

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 49
1. สรุปผลการวิจัย 49
2. อภิปรายผล 50
3. ข้อเสนอแนะ 51
บรรณานุกรม 53
ภาคผนวก 54
ภาคผนวก ก 55
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่การวิจัย 56
ภาคผนวก ข 57
แบบตรวจสอบคุณภาพและหาประสิทธิภาพของการทำงานของโปรแกรม 58
ภาคผนวก ค 66
คู่มือการใช้งาน 67
ประวัติผู้วิจัย 71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การกำหนดชื่อ Tag ให้เหมาะสมกับการทำงาน	28
2	ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น	46
3	ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมกับคำนวณด้วยตนเอง ในสายส่งสัญญาณแบบสองสาย	46
4	ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมกับคำนวณด้วยตนเอง ในสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ชนิดของสายส่ง	5
2	สายคู่ขนาน	6
3	สายโคแอกเชียล	6
4	สายไมโครสตริป	7
5	ท่อนำคลื่น	7
6	สายใยแก้วนำแสง	8
7	โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย	8
8	โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่	11
9	โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์	13
10	หน้าจอของโปรแกรม MATLAB GUI	20
11	หน้าต่าง GUI Options	21
12	หน้าต่าง Alignment Tool	23
13	หน้าจอแสดง Property Inspector	25
14	หน้าจอ Object Browser	26
15	หน้าจอ Menu Editor	26
16	การกำหนด Label และ Tag	27
17	โครงสร้างของการออกแบบโปรแกรม	32
18	หลักการทำงานของโปรแกรม	33
19	ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย	34
20	ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่	35
21	ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์	36
22	ขั้นตอนการหาคุณภาพของโปรแกรม	38
23	หน้าแรกของโปรแกรมการคำนวณค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง	41
24	หน้าจอแสดงการเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ	42
25	การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย	43
26	การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่	43
27	การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์	44
28	ผลการประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ	45

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบการสื่อสารมีความจำเป็นในการถ่ายโอนข้อมูลรูปแบบสัญญาณต่างๆ เพื่อให้สัญญาณเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังที่อื่นๆ ได้ เช่น การส่งสัญญาณระหว่างสายอากาศไปยังเครื่องขยายสัญญาณ หรือการติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศที่ห่างไกลกันโดยผ่านเส้นใยนำแสงเป็นต้น สายส่งสัญญาณมีหลากหลายชนิดเช่น สายคู่ขนานช่องเปิด สายคู่ขนานช่องปิด สายตีเกลียวคู่ สายคู่หุ้มด้วยฉนวน สายแกนร่วมและเส้นใยนำแสง เป็นต้น การเลือกใช้สายส่งสัญญาณจะขึ้นกับคุณสมบัติที่ต้องการต่างๆ เช่น ความกว้างของแถบความถี่สัญญาณที่ใช้ ระยะทางที่ใช้สายส่ง งบประมาณและสภาพแวดล้อมของจุดติดตั้ง รวมถึงคุณสมบัติเฉพาะของสาย เช่นการลดทอนภายในสาย ลักษณะเฉพาะของอิมพีแดนซ์ของสายการเหนี่ยวนำข้ามช่องสัญญาณ หรือครอสทอล์กและการสะท้อนภายในสาย เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ

การสื่อสารระหว่างบุคคล หรือระหว่างอุปกรณ์ทางระบบโทรคมนาคมนั้น การรับส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับจะมีตัวกลางเป็นสื่อเพื่อนำข่าวสารที่ทำให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อสื่อสารกันได้คือ”ช่องสัญญาณสื่อสาร”โดยสัญญาณที่ส่งผ่านช่องทางสื่อสารนี้อยู่ในรูปแบบของพลังงานต่าง ๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น โดยทั่วไประบบโทรคมนาคมนั้นมีการใช้งานสายส่งสัญญาณสำหรับการถ่ายโอนพลังงานจากตัวกำเนิดไปยังตัวใช้พลังงานเช่น สัญญาณเสียงจากห้องจัดรายการวิทยุส่งสัญญาณผ่านสายส่งสัญญาณไปยังเครื่องส่งและเครื่องขยายสัญญาณวิทยุ เพื่อขยายสัญญาณและส่งผ่านสายส่งสัญญาณไปยังสายอากาศที่ควบคุมสัญญาณ

การศึกษาในระดับอุดมศึกษา ในหลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าได้บรรจุวิชาสายส่งความถี่สูงโดยที่ลักษณะรายวิชามีเนื้อหาที่มุ่งเน้นถึงการคำนวณ การวิเคราะห์และการออกแบบสายส่ง เช่น วงจรเรโซแนนท์ วงจรกรองความถี่ วงจรแบ่งกำลังงาน วงจรคัปเปลอร์ วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรขยาย เป็นต้น ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างสายส่งความถี่สูงไมโครสตริป พื้นฐานของวงจรกรองความถี่ไมโครเวฟคือวงจรเรโซแนนท์ที่ถูกประยุกต์ใช้ในวงจรคลัปเปลอร์ ออสซิลเลเตอร์ และวงจรขยาย (David M. Pozar, 2004) ดังนั้นหากนักเรียนมีความรู้เรื่องการคำนวณ การวิเคราะห์และการออกแบบวงจรแล้ว สามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับการออกแบบและสร้างสายส่งความถี่สูงไมโครสตริปได้ การเรียนการสอนเนื้อหาบางส่วนของสายส่งความถี่สูงไมโครสตริปนักศึกษาต้องเข้าใจปรากฏการณ์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นในวงจร แต่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นนักศึกษาต้องใช้จินตนาการในการรับรู้ปรากฏการณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของสมมารถและสมศักดิ์ (Sommart Kamkleing , Somsak Akatimagool, 2008) ได้ทำการวิจัยโปรแกรมจำลองแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น (Wave Iterative Method) สำหรับการศึกษาการสร้างสายส่งความถี่สูงไมโครสตริปที่สามารถปฏิสัมพันธ์ตอบโต้กับนักเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารได้รับการ

พัฒนาก้าวหน้ามากและถูกนำมาบูรณาการเป็นเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา และสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียน มีความรู้ มีทักษะเพิ่มมากขึ้น (ดุสิต ขาวเหลือง, 2549)

อีกทั้งสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ ได้มีการเปิดจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมเพื่อผลิตบุคลากรเข้าสู่ตลาดแรงในยุคเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว แต่ด้วยรายวิชาในหลักสูตรส่วนใหญ่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การคำนวณ การออกแบบ และสังเคราะห์ที่ยากต่อความเข้าใจ นักศึกษาต้องใช้จินตนาการและสร้างมโนภาพกับเนื้อหาวิชาทางด้านโทรคมนาคมและจากการสำรวจอาจารย์ผู้สอนในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมทั้งระดับปริญญาตรีและระดับอาชีวศึกษาพบว่าการสอนส่วนใหญ่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาทฤษฎีเป็นหลัก ขาดการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้งานจริง ขาดสื่อหรือเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนที่จำเป็น ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงทำให้นักศึกษาไม่สามารถวิเคราะห์ คำนวณ หรือออกแบบในรายวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับทางด้านโทรคมนาคม (*จงรัก สามารถ* และคณะ, 2556)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink เพื่อให้ผู้ที่ต้องการออกแบบสายส่งความถี่สูงได้หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาสร้างได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้ให้นักศึกษาสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างสายส่งความถี่สูงให้สะดวกในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ได้ เนื่องจากข้อดีของโปรแกรมคำนวณ คือ มีความง่ายและสะดวกเมื่อต้องการแสดงภาพความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของพารามิเตอร์ ทำให้ผู้สนใจหรือนักศึกษามีความเข้าใจอย่างชัดเจนและสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการของผู้สนใจหรือนักศึกษาการออกแบบสายส่งความถี่สูง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink
2. เพื่อหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงที่นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมนั้น แบ่งตามประเภทของสายส่งในอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่และการใช้งาน

    1.1 สายส่งสัญญาณแบบสองสาย

    1.2 สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

    1.3 สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

2. ส่วนประกอบของโปรแกรม

ส่วนประกอบของโปรแกรม แบ่งเป็น 3 หน้าจอ ได้แก่ หน้าจอหลัก หน้าจอแสดงโปรแกรมหลัก และหน้าจอคำนวณค่าพารามิเตอร์

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โปรแกรมจำลอง หมายถึง คือ เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่ใช้จำลองสถานการณ์จริง หรือพฤติกรรมของระบบต่างๆมาไว้บนคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วย เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์หา รูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงในอนาคต

2. สายส่งความถี่สูง หมายถึง การสื่อสารข้อมูลในย่านความถี่วิทยุหรือความถี่สูงเท่านั้น ซึ่งสามารถจัดจำพวกและชนิดของสายส่งได้หลายประเภท เช่น สายส่ง Twin line หรือ Parallel wires สายส่ง Coaxial line สายส่งแบบ Strip และ Slot line ท่อนำคลื่นแบบ Metallic waveguide และท่อนำคลื่นแบบ Dielectric waveguide

3. พารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูง หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสบนสายส่ง ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสมการของ Sending - end value

4. สายส่งสัญญาณแบบสองสาย (Two Line Transmission Lines) เป็นสายส่งที่มีตัวนำขนาดเท่ากันสองสายมีรัศมี a และสภาพนำ σ_c โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง d อยู่ในตัวกลางมีสภาพให้ซึมได้ μ สภาพยอม ε และสภาพนำ σ

5. สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ (Two Wire Transmission Lines) เป็นสายส่งที่เป็นระนาบขนานกัน ซึ่งระนาบที่ขนานกันเป็นตัวนำที่มีสภาพนำ σ_c หนา t และห่าง d ไดอิเล็กตริกคั่นมีสภาพให้ซึมได้ μ สภาพยอม ε และสภาพนำ σ

6. สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ (Coaxial Transmission Lines) เป็นสายส่งที่มีลักษณะทรงกระบอกมีตัวนำซ้อนกันและมีไดอิเล็กตริกคั่นกลาง มีการใช้งานในย่านความถี่ 3 ประเภท ได้แก่ ย่านความถี่สูง ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่ต่ำ

7. โปรแกรม MATLAB คือ โปรแกรมทางด้านตัวเลข กราฟฟิกที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับงานทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมขั้นสูงทำให้การคำนวณที่ยุ่งยากกลายเป็นเรื่องง่าย แทนที่จะต้องไปเขียนโปรแกรมเช่น ภาษา C, Fortran และ Pascal การทำงานของโปรแกรม MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง (Interactive) คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่งเพื่อให้ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อย ๆ หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งนั้น เป็นโปรแกรมก็สามารถทำได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บอยู่ในลักษณะของ Array คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น (หรืออาจจะได้รับการแบ่ง Element นั่นเอง) ซึ่งการใช้ตัวแปร Array ใน MATLAB นั้น จำเป็นต้องจอง Dimension เหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำตัวทั่วไป ซึ่งทำให้สามารถที่แก้ไขปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของ Matrix และ Vector โดยง่าย ทำให้สามารถลดเวลาของการทำลงไปได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดย C หรือ Fortran

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. โปรแกรม MATLAB

3. โปรแกรมจำลอง CST Microwave Studio®

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักศึกษาหรือผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับการออกแบบพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูง สามารถเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่าย และมีเจตคติที่ดีต่อทางด้านโทรคมนาคมเพิ่มขึ้น

2. อาจารย์ผู้สอนได้โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงเพื่อให้การออกแบบสายส่งความถี่สูงได้สะดวกขึ้นและใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม

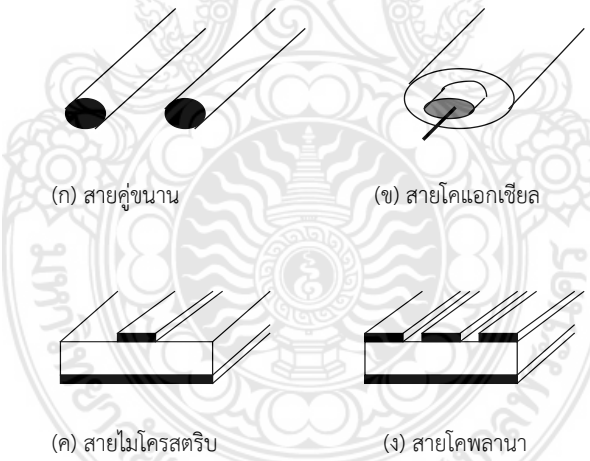
บทที่ 2
ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลอง หาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง และเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยครอบคลุมในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีที่สายส่งความถี่สูง
2. ประเภทความยาวของสายส่ง
3. หลักการใช้งานโปรแกรม MATLAB
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่สายส่งความถี่สูง

การสื่อสารข้อมูลในย่านความถี่วิทยุหรือความถี่สูงเท่านั้น ซึ่งสามารถจัดจำพวกและชนิดของสายส่งได้หลายประเภท ดังภาพที่ 1



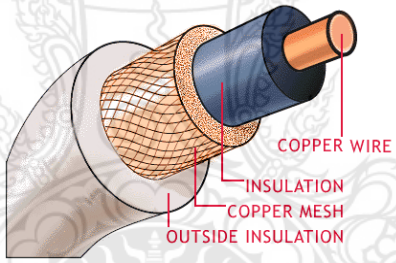
ภาพที่ 1 ชนิดของสายส่ง

1. สายส่ง Twin line หรือ Parallel wires ประกอบด้วยโครงสร้างที่มีตัวนำสองตัววางขนานกัน โดยมีอากาศเป็นตัวกลางระหว่างตัวนำทั้งสอง

ภาพที่ 2 สายคู่ขนาน

โครงสร้างประกอบด้วยเส้นลวดตัวนำ 2 เส้นวางขนานกัน โดยไม่มีการปิดกันคลื่นทำให้คลื่นแพร่กระจายออกมาภายนอกได้ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงาน และผลกระทบของความลึกผิว ซึ่งการออกแบบต้องให้ระยะห่างระหว่างตัวนำต้องน้อยกว่าความยาวคลื่นมากๆ ทำได้ยุ่งยากในการออกแบบใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟเพราะมีความยาวคลื่นสั้นมาก ดังนั้นสายคู่ขนานจึงไม่ถูกใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟ

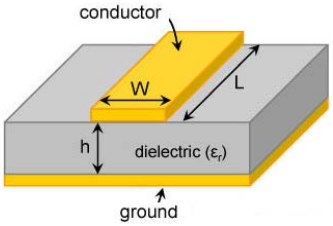
2. สายส่ง Coaxial line ประกอบด้วยโครงสร้างที่มีตัวกลาง (Dielectric) อยู่ระหว่างตัวนำทั้งสอง ซึ่งลักษณะของตัวกลาง (Dielectric) จะเป็นแบบทรงกระบอก (Cylindrical Dielectric)



ภาพที่ 3 สายโคแอคเชียล

สายโคแอคเชียล (Coaxial Cable) เป็นสายสัญญาณประเภทแรกที่ใช้ และเป็นที่นิยมมากในระบบการสื่อสารวิทยุและโทรทัศน์ สายโคแอกเชียลส่วนใหญ่จะเรียกสั้น ๆ ว่าสายโคแอคซ์ (Coax) ซึ่งมีความหมายว่ามีแกนร่วมกัน โครงสร้างของสายโคแอคซ์ประกอบด้วยสายทองแดงเป็นแกนกลาง แล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน ชั้นต่อมาจะเป็นตัวนำไฟฟ้าอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะเป็นแผ่นโลหะบาง ๆ หรืออาจจะเป็นใยโลหะที่ถักเปียปุ้มอีกชั้นหนึ่ง สุดท้ายหุ้มด้วยฉนวนและวัสดุป้องกันสายสัญญาณไม่ให้ฉีกขาดหรือถูกทำลายจากภายนอก

3.สายส่งแบบ Strip และ Slot line ใช้ในระบบงานความถี่สูงย่านไมโครเวฟ ที่มีลักษณะคล้ายกับแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed circuit) และนำไปใช้งานกับวงจรไมโครเวฟที่ใช้กำลังงานต่ำ (Low power active microwave circuit) ได้แก่ อุปกรณ์จำพวก Microstrip line, Coplanar line เป็นต้น



ภาพที่ 4 สายไมโครสตริป

โครงสร้างของสายส่งประเภทนี้เป็นสายนำสัญญาณมีลักษณะคล้ายกับลายวงจรบนแผ่นวงจร และ ใช้สารไดอีเล็กตริคคั่นระหว่างแผ่นกราวนด์กับสายตัวนำแบบสตริป

4. ท่อนำคลื่นแบบ Metallic waveguide เป็นท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular) และแบบวงกลม (Circular) ซึ่งใช้กับคลื่นความถี่ 1-60 GHz โดยมีอากาศเป็นตัวกลาง (Dielectric) ซึ่งจะมีการสูญเสียต่ำมาก เนื่องจากภายในของท่อนำคลื่นจะเคลือบด้วยตัวนำที่ดีประเภททองหรือเงิน

ภาพที่ 5 ท่อนำคลื่น

สายคู่นำสัญญาณที่ใช้กันในวงจรโดยทั่วไป มักไม่มีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ไมโครเวฟ ที่ความถี่นี้พลังงานจะถูกปล่อยออกมาโดยการแผ่รังสีเพราะสนามไม่ได้จำกัดในทุก ๆ ด้าน ซึ่งสายโคแอคเชียลมีประสิทธิภาพมากกว่าสายคู่นำสัญญาณในการส่งถ่ายพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเพราะมีการจำกัดขอบเขตด้วยตัวนำ ดังนั้นท่อนำคลื่นเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการส่งถ่ายพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ท่อนำคลื่นมีลักษณะเป็นสายโคแอคเชียลที่ไม่มีตัวนำตรงกลาง สร้างขึ้นจากสารตัวนำและอาจมีรูปร่างลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม วงกลม หรือวงรี ดังแสดงในภาพที่ 5 ท่อนำคลื่นมีข้อดีมากกว่าสายคู่นำสัญญาณและสายโคแอคเชียล เช่น มีพื้นที่ผิวมากกว่าทำให้ลดการเกิด Copper losses ดังนั้นที่ความถี่ไมโครเวฟ กระแสจะเดินทางที่ผิวด้านในของตัวนำ ที่เรียกว่า Skin effect โดยที่ค่าของ Skin effect จะเป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านทานของตัวนำ นอกจากนั้น Dielectric ในท่อนำคลื่นคืออากาศซึ่งมีการสูญเสียน้อยกว่าในฉนวนอื่นๆ

5. ท่อนำคลื่นแบบ Dielectric waveguide หรือที่เรียกกันว่า Optical fibers นิยมใช้งานในย่านของความยาวคลื่นแสง (Optical wavelengths) เช่น การสื่อสารข้อมูลในระบบเครือข่าย เป็นต้น

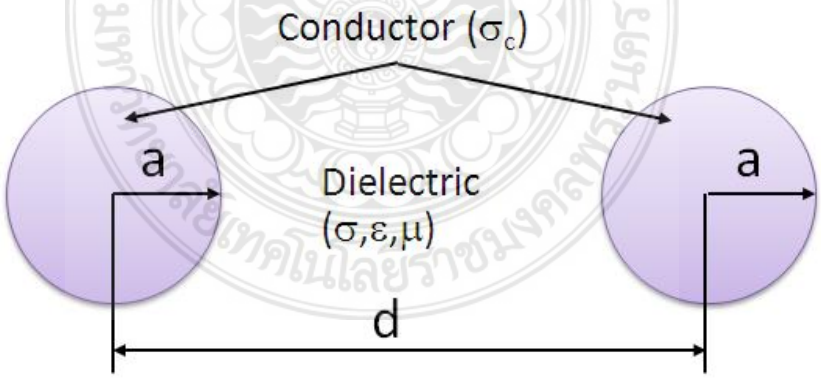
ภาพที่ 6 สายใยแก้วนำแสง

ส่วนประกอบของใยแก้วนำแสงประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ส่วนที่เป็นแกน (Core) ซึ่งจะอยู่ตรงกลางหรือชั้นในแล้วหุ้มด้วยส่วนห่อหุ้ม (Cladding) แล้วถูกห่อหุ้มด้วยส่วนป้องกัน (Coating) อีกชั้นหนึ่งโดยที่แต่ละส่วนนั้นทำด้วยวัสดุที่มีค่าดัชนีหักเหของแสงต่างกัน ทั้งนี้ก็เพราะต้องคำนึงถึงหลักการหักเหและสะท้อนกลับหมดของแสง ส่วนที่เหลือก็จะเป็นส่วนที่ช่วยในการติดตั้งสายสัญญาณได้ง่ายขึ้น เช่น Strengthening Fiber ก็เป็นส่วนที่ป้องกันไม่ให้สายไฟเบอร์ขาดเมื่อมีการดึงสายในตอนติดตั้งสายสัญญาณ

2. ประเภทความยาวของสายส่ง

การวิเคราะห์สมรรถนะของสายส่งเราสามารถที่จะแบ่งสายส่งในอากาศออกเป็น 3 ประเภท โดยการจัดประเภทขึ้นอยู่กับความถี่และการใช้งาน

1. สายส่งสัญญาณแบบสองสาย (Two Line Transmission Lines) เป็นสายส่งที่มีตัวนำขนาดเท่ากันสองสายมีรัศมี a และสภาพนำ σ_c โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง d อยู่ในตัวกลาง มีสภาพให้ซึมได้ μ สภาพยอม ε และสภาพนำ σ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย

กรณีย่านความถี่สูง

ความจุต่อหนึ่งหน่วยความยาวมีค่าดังนี้

$$c = \frac{\pi\varepsilon}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

เมื่อ a << d จะได้

$$c = \frac{\pi\varepsilon}{In(d/a)}$$

สำหรับความเหนี่ยวนำภายนอกต่อหนึ่งหน่วยความยาวหาได้จาก

$$L_{ext}C = \mu\varepsilon$$

$$L_{ext} = \frac{\mu\varepsilon}{C}$$

$$L_{ext} = \frac{\mu}{\pi}cosh^{-1}(d/2a)$$

เมื่อ a << d จะได้

$$L_{ext} = \frac{\mu}{\pi}In(d/a)$$

ส่วนความนำต่อหนึ่งหน่วยความยาวอาจเขียนได้จากการตรวจนิพจน์ความจุ จะได้

$$G = \frac{\pi\sigma}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

เมื่อ a << d จะได้

$$G = \frac{\pi\sigma}{In(d/a)}$$

ความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวเป็นสองเท่าของกรณีความต้านทาต่อหนึ่งหน่วยความยาวของตัวนำในของทรงกระบอกที่มีแกนร่วมกัน

$$R = \frac{1}{\pi a \delta \sigma_c}$$

จากค่าความจุต่อหนึ่งหน่วยความยาว และความเหนี่ยวนำภายนอกต่อหนึ่งหน่วยความยาว จะได้ค่าความต้านทานเชิงซ้อนเฉพาะดังนี้

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_{ext}}{C}} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} cosh^{-1}(d/2a)$$

เมื่อ a << d จะได้

$$Z_0 = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} In(d/a)$$

กรณีย่านความถี่ต่ำ

ที่ย่านความถี่ต่ำ สมมติการแจกแจงกระแสเป็นแบบสม่ำเสมอ จะได้ C และ G เหมือนกับกรณีความถี่สูง ดังนี้

$$c = \frac{\pi\varepsilon}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$G = \frac{\pi\sigma}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

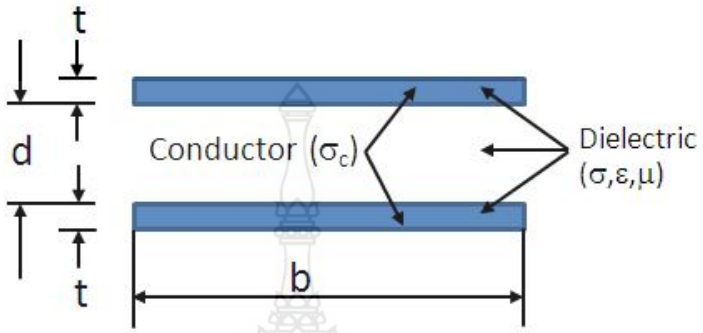
แต่ค่าความเหนี่ยวนำต่อหนึ่งหน่วยความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของความเหนี่ยวนำภายในของลวดกลมตรง

$$L = \frac{\mu}{\pi}\left[\frac{1}{4} + cosh^{-1}(d/2a)\right]$$

และค่าความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวเป็น 2 เท่าของความต้านทานของลวดที่มีรัศมี a สภาพนำ σ_c และยาวหนึ่งหน่วย ในวงจรกระแสตรง

$$R = \frac{2}{\sigma_c \pi a^2}$$

2. สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ (Two Wire Transmission Lines) เป็นสายส่งที่เป็นระนาบขนานกัน ซึ่งระนาบที่ขนานกันเป็นตัวนำที่มีสภาพนำ σ_c หนา t และห่าง d ไดอิเล็กตริกคั่นมีสภาพให้ซึมได้ μ สภาพยอม ε และสภาพนำ σ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

กรณีย่านความถี่สูง

สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่แต่ละตัวนำมีรัศมี a มีค่าสภาพความนำ σ_c มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของตัวนำหนึ่งไปยังอีกตัวนำหนึ่งเป็น d วางอยู่ในตัวกลางที่มีค่าความซึมซับแม่เหล็กเป็น μ ความยินยอมไฟฟ้าเป็น ε และสภาพความนำ σ จะหาค่าความจุไฟฟ้าได้ดังนี้

$$C = \frac{\pi\varepsilon}{\cosh^{-1}(d/2a)}$$

เมื่อ a << d จะได้

$$C = \frac{\pi\varepsilon}{In(d/a)}$$

สำหรับความเหนี่ยวนำภายนอกต่อหนึ่งหน่วยความยาวหาได้จาก

$$L_{ext}C = \mu\varepsilon$$

$$L_{ext} = \frac{\mu}{\pi}\cosh^{-1}(d/2a)$$

เมื่อ a << d จะได้

$$L_{ext} = \frac{\mu}{\pi}In(d/a)$$

ค่าความนำไฟฟ้าต่อหน่วยความยาวอาจจะหาได้ทันที จากการใช้สมการของค่าความจุไฟฟ้าเป็นตัวแทน

$$G = \frac{\pi\sigma}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

ค่าความต้านทานต่อหน่วยความยาวมีค่าเป็นสองเท่าของตัวนำตรงกลางของสายโคแอกซ์

$$R = \frac{1}{\pi a \delta \sigma_c}$$

สำหรับค่าสุดท้ายนั้นใช้สมการค่าความจุไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำแม่เหล็กมาหาค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_{ext}}{C}} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}cosh^{-1}(d/2a)$$

กรณีย่านความถี่ต่ำ

ที่ย่านความถี่ต่ำ กระแสไหลกระจายอย่างสม่ำเสมอ ต้องทำการปรับสมการสำหรับ L และ R แต่ไม่ต้องปรับค่าของ C และ G ซึ่งสามารถใช้สมการได้ดังนี้

$$C = \frac{\pi\varepsilon}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$G = \frac{\pi\sigma}{cosh^{-1}(d/2a)}$$

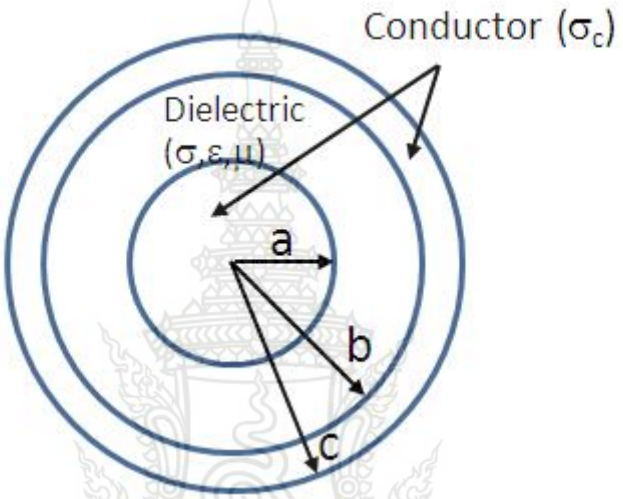
ค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็กต่อหน่วยความยาว จะต้องเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของความเหนี่ยวนำภายในของสายตัวนำกลม จะได้เป็น

$$L = \frac{\mu}{\pi}\left[\frac{1}{4} + cosh^{-1}(d/2a)\right]$$

ค่าความต้านทานเป็นสองเท่าของความต้านทานกระแสตรงของสายตัวนำที่มีรัศมี a ค่าสภาพความนำเป็น σ_c และค่าต่อหน่วยความยาว คือ

$$R = \frac{1}{\pi a^2 \sigma_c}$$

3. สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ (Coaxial Transmission Lines) เป็นสายส่งที่มีลักษณะทรงกระบอกมีตัวนำซ้อนกันและมีไดอิเล็กตริกคั่นกลาง มีการใช้งานในย่านความถี่ 3 ประเภท ได้แก่ ย่านความถี่สูง ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่ต่ำ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

กรณีย่านความถี่สูง

ทรงกระบอกมีแกนร่วมกันเป็นสายเคเบิ้ล (Cable) ซึ่งเป็นทรงกระบอกตัวนำซ้อนกันและมีไดอิเล็กตริกคั่น จะได้ความจุต่อหนึ่งหน่วยความยาวของทรงกระบอกที่มีแกนร่วมกันมีค่าดังนี้

$$C = \frac{2\pi\varepsilon}{In(b/a)}$$

ค่าของสภาพยอม ε ที่ใช้ควรเหมาะสมกับช่วงความถี่ที่ใช้
จึงทำให้ความนำต่อหนึ่งหน่วยความยาวมีค่าดังนี้

$$G = \frac{2\pi\sigma}{In(b/2)}$$

เมื่อ σ เป็นสภาพนำของไดอิเล็กตริกที่อยู่ระหว่างตัวนำที่มีความถี่ที่กำลังใช้งาน

ความเหนี่ยนนำต่อหนึ่งหน่วยความยาวของสายเคเบิลที่มีแกนร่วมกันมีค่าดังนี้

$$L_{ext} = \frac{\mu}{2\pi} In(b/a)$$

เมื่อ μ เป็นสภาพให้ซึมได้ของไดอิเล็กตริกที่อยู่ระหว่างตัวนำ โดยทั่ว ๆ ไป μ มีค่าเท่ากับ μ_0

L_{ext} เป็นความเหนี่ยวนำภายนอก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับฟลักซ์ภายในตัวนำทั้งสอง

สมการดังกล่าวเป็นการประมาณค่าที่ดีมากของความเหนี่ยวนำสำหรับสายส่งความถี่สูง เมื่อความลึกจากผิวมีค่าน้อย อาจทำให้ฟลักซ์ภายในตัวนำทั้งสองและความเหนี่ยวนำภายในได้

$$L_{ext}C = \mu\varepsilon = \frac{1}{v^2}$$

ดังนั้น จึงสามารถหาความเหนี่ยวนำภายนอกสำหรับสายส่งได้ ถ้าทราบความจุและลักษณะเฉพาะของฉนวน หรือทราบค่า μ และ ε ของฉนวน

ความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาว R ถ้าความถี่มีค่าสูงมากและความลึกจากผิวมีค่าน้อยมาก จะได้ค่าสำหรับ R โดยการแจกแจงกระแสที่มีค่าสม่ำเสมอทั้งหมดโดยทั่วความลึก δ สำหรับตัวนำที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นวงกลมรัศมี a และสภาพนำ σ_c จะได้

$$R_{inner} = \frac{1}{2\pi a\delta\sigma_c}$$

เมื่อ R_{inner} เป็นความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวของตัวนำอันในซึ่งมีรัศมี a ส่วนตัวนำอันนอกซึ่งมีรัศมีภายใน b สภาพนำ σ_c และความลึกจากผิว δ จะมีความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวดังนี้

$$R_{outer} = \frac{1}{2\pi b\delta\sigma_c}$$

เนื่องจากเส้นทางการไหลของกระแสผ่านความต้านทานที่ต่ออนุกรม ความต้านทานทั้งหมดจึงมีค่า

$$R = R_{inner} + R_{outer}$$

$$\mathrm{R} = \frac{1}{2\pi\delta\sigma_c}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)$$

กรณีที่ R << ωL และ G << ωC จะได้ความต้านทานเชิงซ้อนสำหรับทรงกระบอกที่มีแกนร่วมกัน ดังนี้

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L_{ext}}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{L_{ext}}{C}}$$

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} In\left(\frac{b}{a}\right)$$

กรณีย่านความถี่ต่ำ

ที่ความถี่ต่ำ การแจกแจงกระแสจะสม่ำเสมอโดยทั่วภาคตัดขวาง การแจกแจงกระแสจะไม่มีผลต่อความจุหรือความนำต่อหนึ่งหน่วยความยาว ดังนั้นจะได้

$$C = \frac{2\pi\varepsilon}{In(b/a)}$$

$$G = \frac{2\pi\sigma}{In(b/a)}$$

ความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวอาจคำนวณได้โดยวิธีของกระแสตรง

$$R = \frac{L}{\sigma_c A} = \rho\frac{L}{A}$$

เมื่อ L = 1 เมตร σ_c เป็นสภาพนำของตัวนำในและตัวนำนอก และ A เป็นพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวนำ ตัวนำในมีพื้นที่ภาคตัดขวาง

$$A_{inner} = \pi a^2$$

ความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวของตัวนำในมีค่า

$$R_{inner} = \frac{1}{\sigma_c \pi a^2}$$

ตัวนำนอกมีพื้นที่ภาคตัดขวาง

$$A_{outer} = \pi(c^2 - b^2)$$

ความต้านทานต่อหนึ่งหน่วยความยาวของตัวนำนอกมีค่า

$$R_{outer} = \frac{1}{\sigma_c \pi(c^2 - b^2)}$$

ดังนั้น ความต้านทานทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยความยาวมีค่า

$$R = R_{inner} + R_{outer}$$

$$\mathrm{R} = \frac{1}{\pi\sigma_c}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2 - b^2}\right)$$

กรณีย่านความถี่ปานกลาง

ที่ความถี่ในช่วงที่ความลึกจากผิวไม่มากและไม่น้อยกว่ารัศมี ในกรณีนี้การแจกกจงกระแสถูกควบคุมโดยเบสเซลฟังก์ชัน (Bessel's Function) และทั้งความต้านทานและความเหนี่ยวนำภายในมีค่าซับซ้อน และจำเป็นต้องใช้ค่านี้สำหรับตัวนำที่มีขนาดเล็กมากที่ความพี่สูง และตัวนำที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ใช้ในการส่งกำลังที่ความถี่ต่ำ

3. หลักการใช้งานโปรแกรม MATLAB

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้สร้างโปรแกรมมาเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาในเชิงตัวเลข โดยมีภาษาทางคอมพิวเตอร์หลายตัวที่ช่วยในการแก้ปัญหา เช่น ภาษา C, Fortran, Pascal เป็นต้น การใช้โปรแกรมภาษา C, Fortran และ Pascal ในการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขและกราฟิกที่มีความซับซ้อนค่อนข้างจะยุ่งยากและเสียเวลามาก เพราะต้องใช้คำสั่งเป็นจำนวนมาก และมีรูปแบบคำสั่งที่แน่นอน บริษัท Math Works Inc, จึงได้พัฒนาโปรแกรมที่มีชื่อว่า MATLAB เพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟิกที่ซับซ้อนให้ง่ายต่อการใช้งานมีความรวดเร็วและการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก

เนื่องจากโปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง และเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อความเข้าใจ และเขียนโปรแกรมไม่ซับซ้อน และเมื่อนำไปใช้งานและสามารถเห็นผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้โปรแกรม MATLAB ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High Level Language) สำหรับคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อนและการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจนชื่อของ MATLAB เดิมโปรแกรม MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง Matrix ที่พัฒนาจากโปรเจคที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK

MATLAB ได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาที่ส่งมาจากหลาย ๆ ผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปี จึงทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันให้เลือกใช้มากมายในบางมหาวิทยาลัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ แขนงต่าง ๆ ตลอดจนทางด้านอุตสาหกรรมได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย พัฒนาและวิเคราะห์

โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบที่เรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี Toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ การประมวลผลภาพ ระบบควบคุม โครงข่ายประสาท ฟัซซี่ลอจิก เวฟเลท การติดต่อสื่อสาร สถิติ และสาขาอื่น ๆ มากมาย ภายใน Toolbox แต่ละสาขาจะมีฟังก์ชันต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้น ๆ ให้เลือกประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมาก

2.1 โปรแกรมคำนวณ MATLAB

MATLAB คือ โปรแกรมทางด้านตัวเลข กราฟฟิกที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับงานทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมขั้นสูงทำให้การคำนวณที่ยุ่งยากกลายเป็นเรื่องง่าย แทนที่จะต้องไปเขียนโปรแกรมเช่น ภาษา C, Fortran และ Pascal การทำงานของโปรแกรม MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง (Interactive) คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่งเพื่อให้ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อย ๆ หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งนั้น เป็นโปรแกรมก็สามารถทำได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บอยู่ในลักษณะของ Array คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น (หรืออาจจะได้รับการแบ่ง Element นั่นเอง) ซึ่งการใช้ตัวแปร Array ใน MATLAB นั้น จำเป็นต้องจอง Dimension เหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำตัวทั่วไป ซึ่งทำให้สามารถที่แก้ไขปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของ Matrix และ Vector โดยง่าย ทำให้สามารถลดเวลาของการทำลงไปได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดย C หรือ Fortran

2.2 โครงสร้างของ MATLAB

โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ

1) ภาษาโปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุม Flow Statement ฟังก์ชันโครงสร้างข้อมูลอินพุทเอาท์พุท และลักษณะโปรแกรม Object-Oriented Programming ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่น ๆ เช่น C , Fortran, Basic เป็นต้น

2) สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB

MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือที่มีเป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้โปรแกรม หรือโปรแกรมเมอร์ประโยชน์ที่กล่าวนี้ก็คือการจัดการตัวแปรใน Workspace การนำข้อมูลหรือการผ่านค่าตัวแปรเข้า ออกและกลุ่มของเครื่องมือต่าง ๆ นี้ก็จะใช้สำหรับพัฒนาจัดการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม Debugging ที่ได้เขียนขึ้น

3) ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณอย่างกว้างขวาง เช่น Sine, Cosine และพีชคณิตเชิงซ้อน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันหรือไลบรารีเพิ่มเติมขึ้นจากไลบรารีที่ใช้กัน

โดยทั่วไป เช่น ฟังก์ชันในการหา Eigenvalues และ Eigenvectors การแยกตัวประกอบและส่วนประกอบของเมตริกซ์ด้วยวิธีต่าง ๆ การวิเคราะห์ข้อมูล การหาความน่าจะเป็น และการแก้ปัญหาระบบของสมการเชิงเส้นที่เป็นพื้นฐานของสาขาวิชาต่าง ๆ เป็นต้น ทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันสำหรับใช้งานค่อนข้างมากและครอบคลุมในรายละเอียดของการคำนวณสาขาต่าง ๆ ได้มากขึ้น

4) Handle Graphics

ระบบกราฟิกของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟ โดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่ว่าทุก ๆ สิ่งบนหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB จะเป็นวัตถุ (Object) ซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว Handle Graphics ประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงให้ได้เลือกใช้ในการสร้าง Graphic User Interface บนพื้นฐานการประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้โปรแกรม MATLAB ยังมีฟังก์ชันที่ใช้แสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติ และการสร้างภาพเคลื่อนไหว

5) The MATLAB Application Program Interface (API)

API จะใช้เพื่อสนับสนุนการติดต่อจากภายนอกโดยใช้โปรแกรมที่เป็น Mix ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ Mix ฟังก์ชันใน MATLAB ซึ่งจะเรียกใช้จากโปรแกรมภาษา C และ Fortran หรืออาจกล่าวได้ว่า API เป็นไลบรารีที่เขียนด้วยโปรแกรมภาษา C และ Fortran ที่มีการเชื่อมต่อโปรแกรม MATLAB ด้วยไฟล์ที่เป็น Mix ฟังก์ชันอีกทั้ง MATLAB API นี้ยังมีความสามารถสำหรับเรียก routine จาก MATLAB

นอกจากลักษณะเด่นของโปรแกรม MATLAB ทั้ง 5 ข้อที่ได้กล่าวข้างต้น แล้วโปรแกรม MATLAB ยังมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบระบบโดยการจำลองขึ้นมาซึ่งก็คือ Simulink

Simulink เป็นโปรแกรมที่ควบคู่กับ MATLAB ซึ่งเป็นระบบ Interactive สำหรับการจำลองและวิเคราะห์ระบบไดนามิคต่าง ๆ ที่เป็นระบบเชิงเส้น ระบบไม่เชิงเส้น

Simulink เป็นโปรแกรม Mouse-Driver ที่ใช้ระบบโมเดลโดยการวาดบล็อกไดอะแกรมบนจอภาพด้วยการใช้เมาส์ ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการจำลองระบบได้หลายรูปแบบเช่น เชิงเส้น ไม่เชิงเส้น เวลาต่อเนื่อง เวลาไม่ต่อเนื่อง และระบบหลายอัตรา ซึ่งแต่ละรูปแบบที่นำมาสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์นี้ผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของบล็อกแต่ละบล็อกได้เป็นอย่างดี ตลอดจนเข้าใจระบบโดยรวมของงานที่จะกระทำการ

Blocksets เป็นสิ่งที่เพิ่มเติมใน Simulink โดยจะเป็นไลบรารีของบล็อก สำหรับการประยุกต์เฉพาะเช่น การติดต่อสื่อสาร การประมวลผลข้อมูล และระบบไฟฟ้ากำลัง Real-time Workshop เป็นโปรแกรมที่ให้คุณสร้าง C Code จากบล็อกไดอะแกรม และสามารถกระทำกับบล็อกไดอะแกรมได้หลากหลายด้วยระบบเวลาจริง

คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับการโปรแกรม MATLAB

โปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และกราฟิกที่ซับซ้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูง คอมพิวเตอร์พีซีที่เหมาะสมกับโปรแกรม MATLAB คือ มีซีพียูรุ่นเพนเทียมขึ้นไป แรมควรมีอย่างต่ำ 32 เมกกะไบต์ ส่วนฮาร์ดดิกส์ควรมีเนื้อที่ว่างเกินกว่า 80 เมกกะไบต์ขึ้นไป

2.3 MATLAB GUI

1. การสร้าง GUI ด้วย GUIDE

MATLAB จะสร้าง GUI อยู่บนหน้าต่างรูปภาพ (Figure Window) ซึ่งภายใต้หน้าต่างนี้จะมีส่วนประกอบต่าง ๆ อยู่ได้ไม่ว่าจะเป็น Axes, Uincontrol หรือวัตถุอื่น ๆ เราสามารถสร้าง Uicontrol, Uimenu แบบต่าง ๆ ลงในหน้าต่างรูปภาพได้แต่เป็นไปด้วยความลำบากเพราะการสร้างเป็น Text Base ต่อมาจนกระทั่ง ปัจจุบัน MATLAB ได้สร้าง Graphical User Interface Development Environment หรือ GUIDE ขึ้นเพื่อช่วยให้สร้างบันทึก และแก้ไข GUI ได้สะดวกขึ้น

การสร้าง GUI จะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดและวางส่วนประกอบต่าง ๆ ลงบน GUI
2) เขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานของส่วนต่าง ๆ ใน GUI

GUIDE โดยหลักใหญ่จะมีหน้าที่ในการวางส่วนประกอบทีต้องการให้มีลงใน GUI จากนั้น GUIDE จะสร้าง M-file ที่บรรลุ Handle ของวัตถุหรือ Object ทั้งหมดที่สร้างขึ้นรวมทั้งคำสั่ง GUI ทำงาน นอกจากนั้น M-file จะให้แนวทางในการเขียนฟังก์ชัน ที่ทำงานหลังจากผู้ใช้กดเมาส์ปุ่มซ้ายหรือปรับเปลี่ยนค่าของวัตถุนั้น เรียกว่า Callback ของวัตถุนั้น

2. ส่วนประกอบของ GUI ในเครียด MATLAB

การสร้าง GUI ขึ้นมาได้โดยการเขียนเป็น M-File ขึ้นมาล้วนๆ แต่การใช้ GUIDE จะทำให้การทำงานง่ายขึ้นมากเพราะจะช่วยให้กำหนดตำแหน่งของวัตถุต่างๆ ได้โดยง่าย หลังจากนั้น GUIDE จะสร้างไฟล์ขึ้นมา 2 ไฟล์ เพื่อเก็บและนำ GUI มาใช้ต่อไป ซึ่งจะประกอบด้วย

1) FLG-File จะบรรจุรายละเอียดของวัตถุต่างที่องค์ประกอบอยู่ในหน้าต่างรูปภาพที่เป็น GUI
2) M-File ที่บรรจุฟังก์ชันที่กำหนดการทำงานของ GUI รวมถึง Callback ทั้งหมดซึ่ง Callback เหล่านี้จะบรรจุเป็น Sub Function อยู่ใน M-File และเรียก M-File ที่ควบคุมการทำงานของ GUI นี้ Application M-File

ดังนั้น Application M-File จะไม่มีข้อมูล จะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของส่วนประกอบที่บรรจุอยู่ใน GUI เช่น สี ขนาด ตำแหน่ง อื่นๆเลย เพราะข้อมูลเหล่านั้นจะบรรจุอยู่ใน Fig-File

ส่วนประกอบสำคัญของ Application M-File ที่สร้างโดย GUIDE

GUIDE จะรวบรวมองค์ประกอบต่างๆ ภายใน GUI แล้วสร้าง Application M-File โดยอัตโนมัติโดยรูปแบบของการสร้างที่ชัดเจน เพื่อให้ได้โครงสร้างของ Application M-File จากนั้นสามารถนำโครงสร้างโดยอัตโนมัตินั้นมาปรับแก้ เพื่อให้เกิดการควบคุม GUI ตามต้องการ การกระทำดังกล่าวทำให้ได้ข้อได้เปรียบหลายประการ

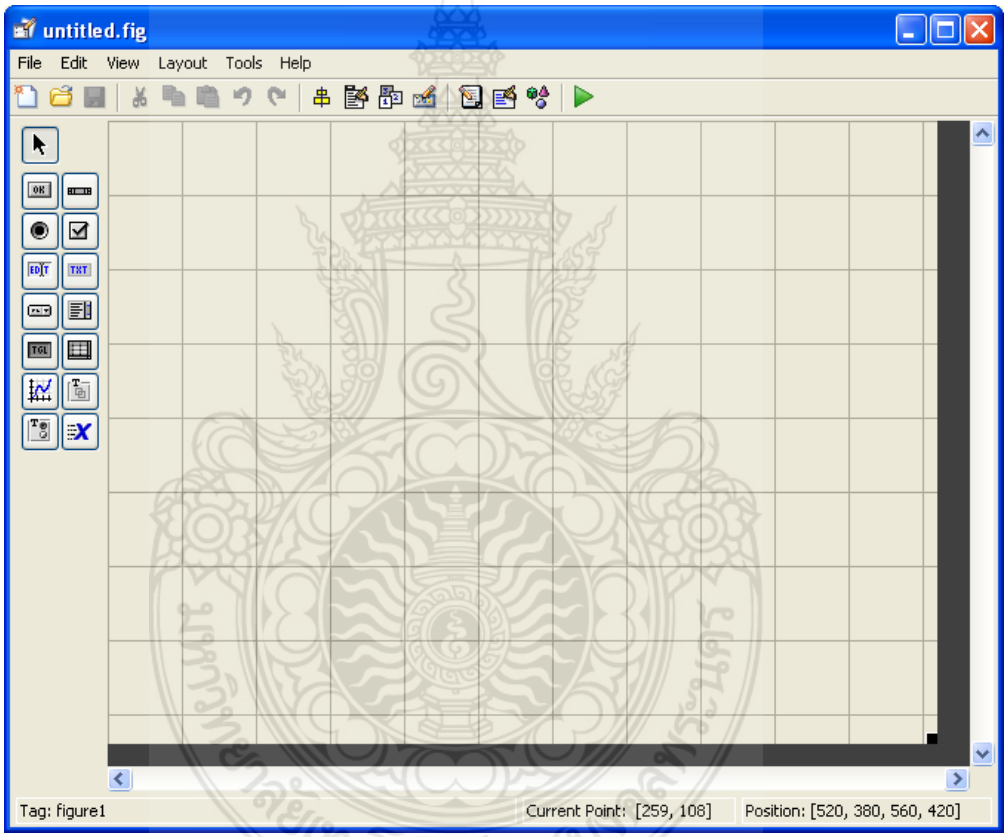
- M-File จะประกอบด้วยคำสั่งที่จำเป็นในการควบคุม GUI ครบถ้วน
- M-File จะทำให้เราส่งข้อมูลไปที่ส่วนต่างๆ ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว
- M-File จะทำให้เราส่งข้อมูลไปที่ส่วนต่างๆภายใต้ MATLAB ได้
- Application M-File จะสร้าง Sub Function สำหรับ Uicontrols ทุกแบบที่มีใน GUI เพื่อทำให้เราเขียน Callback ต่างๆ ได้สะดวกขึ้น

3. การเลือก GUIDE Application Options

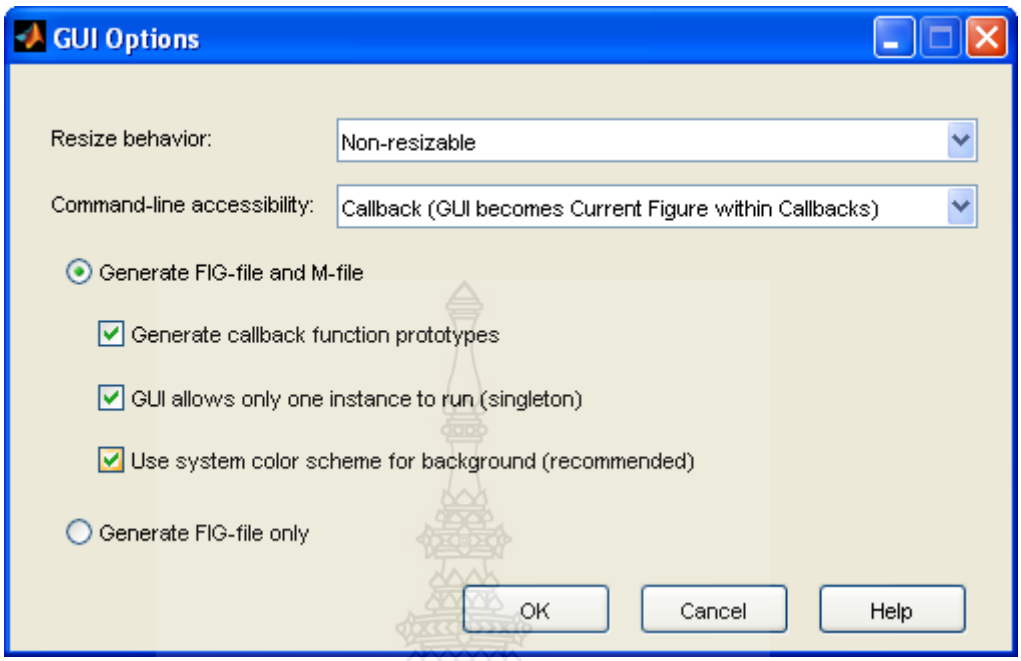
เมื่อต้องการจะใช้ งาน GUIDE ครั้งแรกบน MATLAB COMMAND WONDOW ที่ Prompt สั่ง

>> guide

จากนั้น Layout Editor จะปรากฏขึ้น ซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 10 ก่อนทำการเพิ่มส่วนประกอบต่างๆ ลงใน GUI ควรกำหนดตัวเลือกต่างๆก่อนโดยภายใต้เมนู TOOL เลือก GUI Options แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 10 หน้าจอของโปรแกรม MATLAB GUI



ภาพที่ 11 หน้าต่าง GUI Options

นอกเหนือจากการเลือกให้ GUIDE จะสร้าง FIG-file หรือสร้างทั้ง Fig-File และ M-File แล้ว ยังสามารถ กำหนดค่าต่างๆ ในหน้าต่างตัวเลือกนี้ได้ ซึ่งรายละเอียดมี ดังนี้ Resize Behavior เป็นการกำหนดว่าให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนขนาดของหน้าต่าง GUI ที่สร้างขึ้นได้หรือไม่ และได้จะให้ MATLAB ควบคุมการเปลี่ยนขนาดใหญ่ใช้อย่างไร ซึ่ง GUIDE ให้เลือก 3 แบบ

1) Non-Resizable ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างได้
2) Proportional ให้ผู้ใช้สามารถปรับขนาดหน้าต่าง GUI ได้โดย MATLAB จะปรับขนาดองค์ประกอบต่างๆ ใน GUI ให้มีสัดส่วนตามขนาดของหน้าต่าง GUI ให้มีสัดส่วนตามขนาดของหน้าต่าง GUI ที่เปลี่ยนไป
3) User-Specifide เป็นการเขียนโปรแกรม ที่จะกำหนดให้ GUI ปรับเปลี่ยนขนาดและตำแหน่งขององค์ประกอบต่างๆใน GUI ซึ่งการเลือกตัวเลือกนี้ผู้เขียน GUI ต้องเขียนคำสั่งเพื่อปรับขนาดและตำแหน่งองค์ประกอบต่างๆใน GUI ให้ชัดเจน

การสร้าง GUI ของเรานั้นส่วนกลางแล้วคงไม่ต้องการให้ผู้ใช้เขียนกราฟลงใน AXES ที่ปรากฏอยู่ใน GUI แต่บางกรณีเราอาจจะต้องการให้ผู้ใช้เขียนกราฟลงใน AXES ที่ปรากฏอยู่ใน GUI ดังนั้น GUIDE จึงมีตัวเลือกสำหรับ Command-Line Accessibility

4. การสร้าง Application M-file ของ GUIDE

เมื่อสร้าง GUI โดย GUIDE เลือก GUIDE สร้าง FIG-File และ M-File เมื่อเลือกตัวเลือกนี้จะมีตัวเลือกให้ผู้ใช้เลือกเพิ่มขึ้นได้อีก 4 ตัวเลือก เพื่อกำหนดลักษณะของ

1) Generate Callback Function Prototypes
2) Application Allows Only One Instance To Run

3) Use system Color Scheme For Background

4) Function Does Not Return Until Application Window Dismissed

5. การสร้างต้นแบบของ Application M-File

เมื่อเลือกตัวเลือก Generate Callback Function Prototype ในการเลือกตัวของ GUIDE Application Option ก็จะทำให้ GUIDE เพิ่ม Sub Function ให้ Application M-File สำหรับทุกวัตถุที่สร้างใน (GUI) ยกเว้น Frame และ Static Text อย่างไรก็ตาม GUEDE จะสร้างเฉพาะ sub function เป็นต้น แบบไว้เท่านั้น ส่วนคำสั่งต่างๆนั้นต้องเป็นผู้เขียนใน Sub Function นอกเหนือจากนั้น GUIDE ยังเพิ่ม Sub Function ทุกครั้งเมื่อแก้ไข Callback จากการใช้เมาส์ในเมนู Context สำหรับการสร้างต้นแบบของ Callback Sub Function นั้นจะสร้างขึ้นโดยมีลักษณะดังนี้

Function (object.Tag_Callback)h,eventdata,handles.varagin

6. ใช้สีพื้นที่กำหนดด้วย System ที่ MATLAB ทำงานอยู่

สีที่ใช้ในระบบและส่วนประกอบของ GUI จะเปลี่ยนตามระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตัวเลือกนี้ยอมให้ใช้สีพื้นของ Unicontrol เป็นสีเดียวกับสีพื้นของ Figure ซึ่งจะทำให้ GUI ดูมีความกลมกลืนเข้ากับสีพื้น แต่หากต้องการปรับเปลี่ยนสีพื้นของ Unicontrol ที่ใช้ให้เป็นไปตามต้องการ

7. การตั้งชื่อไฟล์และ Tag

การกำหนดชื่อไฟล์หรือวัตถุต่างๆใช้ใน GUI ซึ่งจะตั้งชื่อโดยคุณสมบัติ Tag สำหรับ GUIDE กำหนดค่าคุณสมบัติ (Tag) หรือกำหนดชื่อของกำหนดของวัตถุนั้นให้กับวัตถุทุกแบบที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติเช่น Pushbutton และให้ String นี้นำไปใช้เป็นชื่อ Callback Sub Function เช่น Pushbutton_Callback อย่างไรก็ดี เพื่อให้ชื่อของวัตถุบ่งบอกถึงหน้าที่ของมันมากขึ้น อาจจะตั้งชื่อของวัตถุนั้นให้สื่อถึงหน้าที่ของมันมากขึ้น ดังนั้นแนะนำว่า หลังจากที่สร้างวัตถุนั้นขึ้นมาแล้ว ควรตั้งชื่อให้มันด้วย การตั้งชื่อของมันก็คือ การกำหนดคุณสมบัติ Tag ของมันนั่นเอง และควรจะทำก่อนที่จะ Active หรือ Save GUI นี้ด้วย

การใช้ Save As จะทำให้ GUIDE ได้สร้าง Application M-File ขึ้นมาใหม่ และปรับค่าคุณสมบัติ Callback ให้เหมาะสมกับ Callbacks ที่มีอยู่

การเปลี่ยนชื่อคุณสมบัติ Tag ควรจะมีการปรับเปลี่ยนก่อน Activate หรือ Save รูป GUI และสร้าง Application M-File เพื่อป้องกันการสับสน อย่างไรก็ตามหากว่าทำการปรับเปลี่ยน Tag ของคุณสมบัติใดๆ หลังจากเคยสร้าง Application M-File ขึ้นมาแล้วอาจมีปัญหาบางประการเกิดขึ้น เพราบางส่วน GUIDE จะไม่เปลี่ยนแปลงชื่อ ใน Application M-File ให้โดยอัตโนมัติ ทำให้ต้องตามเขาไปแก้ไขใน Application M-File

ถ้าเปลี่ยน Tag หลังจากสร้าง Application M-File GUIDE จะไม่สร้าง Sub Function ใหม่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก Handles นั้นจะสร้างขึ้นในเวลาที่ MATLAB ทำงาน ดังนั้น GUIDE จะสามารถใช้ชื่อ Tag ใหม่ในการสร้าง File ในตัวแปร Handles ดังนั้น ถ้าเติมใน Application M-File ที่ใช้คำสั่ง

X = (get) handles, listbox1,’string’

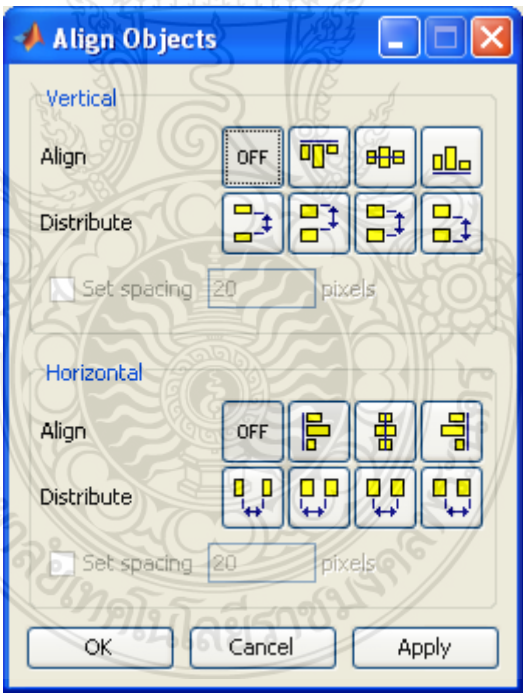
ถ้าเปลี่ยน Tag จาก Listbox1 เป็น Graph ต้องเป็นคำสั่งใหม่เป็น

X = (get) handles, listbox1,’string’

เพราะในการทำงานใหม่ของ GUI จะไม่มี File ใน Structure Handles ที่ชื่อ Listbox1 อีกต่อไปแล้วและจะเกิด Error เมื่อสั่ง MATLAB ทำงาน ถ้าไม่เปลี่ยนคำสั่งตามที่กล่าวไว้ ดังนั้นแนะนำให้มีการเปลี่ยนชื่อที่สร้างโดยอัตโนมัติหรือสร้างเป็นคำสั่งในภายหลังให้เหมาะสม

8. Aligning Component in the Layout Editor

การจัดเรียงส่วนประกอบต่างๆที่มีอยู่ แม้ว่าสามารถที่จะใช้เมาส์เลื่อนวัตถุต่าง ๆ ได้อยู่แล้วแต่การจัดเรียงส่วนประกอบต่าง ๆ ให้วางอยู่ในแนวเดียวกัน มีระยะห่างเท่า ๆ กันนั้น จะมีความสะดวกขึ้นหากใช้ Alignment Tool สามารถเลือก Alignment Tool ได้โดยเลือก Alignment Tool จากปุ่มบนเมนู แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 หน้าต่าง Alignment Tool

ก่อนใช้ Alignment Tool ต้องเลือกกลุ่มวัตถุที่จัดเรียงเสียก่อนซึ่งสามารถทำได้โดย

- เลือกลูกศรจาก Component Palette แล้วกำหนดพื้นที่กรอบสี่เหลี่ยมที่บรรจุวัตถุทั้งหมดที่ต้องการ Align เมื่อปล่อยเมาส์ วัตถุเหล่านั้นจะถูกเลือก

- เลือกวัตถุทีละอัน โดยกดแป้น Shift บนแป้นพิมพ์ค้างไว้ แล้วเลือกวัตถุที่ต้องการไปเรื่อยๆ เมื่อเลือกกรอบแล้วจึงปล่อยแป้นพิมพ์

หลังจากเลือกวัตถุครบถ้วนแล้ว เลือกวิธีการจัดเรียงวัตถุเหล่านั้นว่าต้องการให้จัดเรียงอย่างไร ทั้งในแนว Vertical และ Horizontal เมื่อเลือกลักษณะการจัดเรียงเรียบร้อยแล้วกดปุ่ม Apply เพื่อจัดแนวและตั้งระยะห่างวัตถุทั้งในแนวตั้งและแนวนอนให้เป็นไปตามต้องการ นอกเหนือจากการใช้ Alignment Tool เพื่อจัดเรียงวัตถุนั้นแล้วยังสามารถใช้ Grids และ Rulers เพื่อช่วยในการจัดเรียงโดย Grid ที่สร้างขึ้นนั้นสามารถปรับปรุงได้โดยเรียก Grid and Rulers ภายใต้เมนู Layout

โดยสามารถกำหนด Grid Size ได้ระหว่าง 10 57’200 pixel โดยค่า 50 เป็น Default นอกจากนี้ยังมีตัวเลือก Snap-To-Grid เพื่อกำหนดให้วัตถุที่มีการเคลื่อนที่การเคลื่อนที่หรือปรับขนาดที่อยู่ในระยะ 9 Pixels ของเส้น Grid จะเคลื่อนที่เข้าเส้น Grids เพื่อการเลือก Snap-To-Grid นี้จะทำงานทั้งที่แสดงหรือไม่แสดงเส้น Grid บน Layout Editor

นอกจากนั้นยังสามารถสร้าง Guide Line ขึ้นมาเพื่อสะดวกในการกำหนด ตำแหน่ง การสร้าง GUIDE Line นี้ทำได้โดยใช้เมาส์ปุ่มซ้ายกดที่ Ruler ด้านบนหรือด้านซ้ายมือ จากนั้นดึงเส้นเข้ามาภายในพื้นที่ GUI จะมีเส้นตรงตามเมาส์เข้ามาได้ เมื่อปล่อยเมาส์ เส้นตรงใหม่ก็จะกลายเป็นเส้น Grid gเส้นใหม่แต่แสดงสีที่แตกต่างออกไป

การจัดเรียงวัตถุใน GUI เป็นแบบสุดท้ายในที่นี้คือการจัดเรียงลำดับการวางทับกันบน GUI ซึ่งปกติวัตถุที่สร้างทีหลังจะวางอยู่ด้านบนวัตถุที่สร้างก่อน แต่สามารถปรับลำดับได้โดยกดเมาส์ปุ่มขวาเมื่อเลือก Context Menu แล้วเลือก

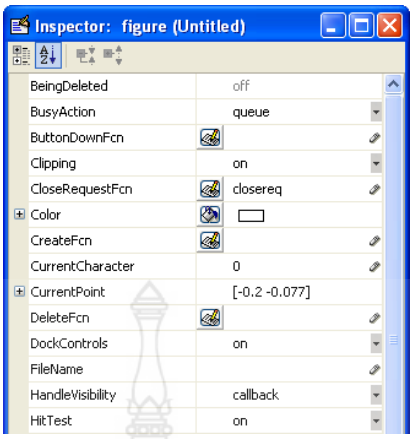
9 .Bring to Front, Send to back, Bring Forward

การกำหนดค่าคุณสมบัติของส่วนประกอบต่างๆ สามารถที่จะกำหนดค่าคุณสมบัติของส่วนประกอบต่าง ๆ ใน GUI ได้ด้วยการใช้ Property Inspector ซึ่งจะให้รายการคุณสมบัติทั้งหมดของวัตถุที่เลือกและแสดงค่าปัจจุบันของคุณสมบัติเหล่านั้น สำหรับคุณสมบัติแต่และตัวในรายการนั้น จะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ไขคุณสมบัติแต่ละตัวไว้ด้วย คุณสมบัติบางตัวซึ่งมีตัวเลือกอุปกรณ์แก้ไขก็จะแสดงตัวเลือกไว้ให้ส่วนคุณสมบัติบางตัวต้องเป็นการกำหนดค่า ก็จะเป็นการกำหนดค่าลงไป

การที่จะให้ Property Inspector ปรากฏขึ้นสามารถทำได้หลายวิธีคือ

- กดเมาส์ปุ่มซ้ายสองครั้ง ส่วนประกอบที่ต้องการแสดงคุณสมบัติ
- เลือก Property Inspector ภายใต้เมนู Tools
- เลือก Inspect Property ภายใต้เมนู Edit
- กดเมาส์ปุ่มขวาบนวัตถุนั้น แล้วเลือก Inspect Properties จาก Context
- กดเมาส์ปุ่มซ้ายที่ Property Inspector ที่ Toolbar

Property Inspector แสดงคุณสมบัติของวัตถุที่เลือกบน Layout Editor เมื่อเปลี่ยนวัตถุที่เลือกไป Property ที่แสดงก็จะเปลี่ยนไปตามวัตถุนั้นด้วย แสดงดังภาพที่ 13



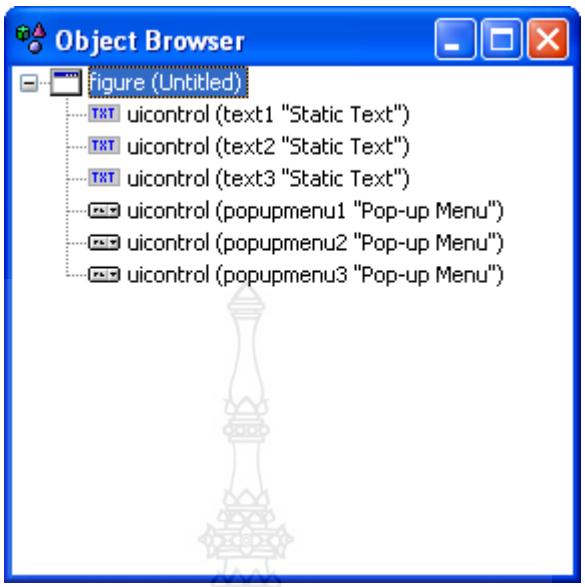
ภาพที่ 13 หน้าจอแสดง Property Inspector

เมื่อตรวจคุณสมบัติเหล่านั้นก็สามารถปรับแก้คุณสมบัติต่างๆ ได้ตามต้องการสำหรับคุณสมบัติที่มีเครื่องหมายอยู่ด้านหน้าชื่อคุณ หมายความว่าสามารถขยายคุณสมบัติเหล่านั้นได้ เพื่อปรับแก้คุณสมบัติย่อยแต่ละตัวอย่างอิสระ

กรณีที่เลือกวัตถุหลายวัตถุพร้อมกัน Property Inspector จะแสดงคุณสมบัติที่วัตถุนั้นมีร่วมกัน ส่วนค่าที่แสดงนั้นหากวัตถุหากวัตถุแต่ละชิ้นมีค่าไม่เท่ากัน ค่าที่แสดงจะปรากฏเป็น Mixed ขึ้นหมายความว่าเป็นค่ารวมหลายๆ ค่าอยู่โดยแต่ละวัตถุนี้มีคุณสมบัตินี้ไม่เท่ากันถ้าปรับเปลี่ยนค่าดังกล่าว คุณสมบัติของวัตถุทุกตัวที่เลือกก็จะเปลี่ยนไปมีค่าเท่ากัน ซึ่งจะมีประโยชน์ในการกำหนดขนาด แบบตัวอักษร วัตถุหลายๆชนิด ที่ต้องการให้มีคุณสมบัติบางอย่างเหมือนกันในการกำหนดครั้งเดียวแทนที่จะปรับแก้ทีละตัว

10. The Object Browser

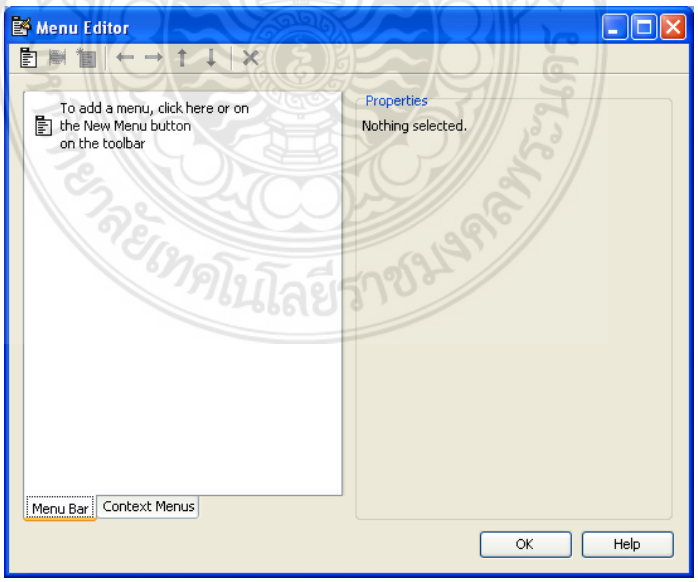
OBJECT BROWSER จะแสดงลำดับขั้นของวัตถุต่างๆ ที่มีอยู่ในรูปต่อไปแสดงรายการแสดงของวัตถุที่มีอยู่โดยจะแสดง Figure และ Children ของ Figure ทั้งหมดตามขั้นและลำดับการแสดง สามารถใช้ Object Browser ในการเลือกวัตถุต่างๆบน GUI แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 หน้าจอ Object Browser

สามารถที่จะสร้างเมนูได้สองแบบใน MATLAB คือ

- Menu Bar Object เป็นเมนูที่จะแสดงผลบน Figure Menu Bar
- Context Menu เป็นเมนูที่ปรากฏขึ้นเมื่อผู้ใช้กดเมาส์ปุ่มกดในวัตถุสามารถสร้างเมนูทั้งสองแบบโดยการใช้ Menu Editor ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้โดยการกดเลือก Menu Editor บน Layout Editor Toolbar หรือ เรียก Edit Menu Bar ภายใต้เมนู Layout ซึ่ง Menu Editor แสดงดังภาพที่ 15

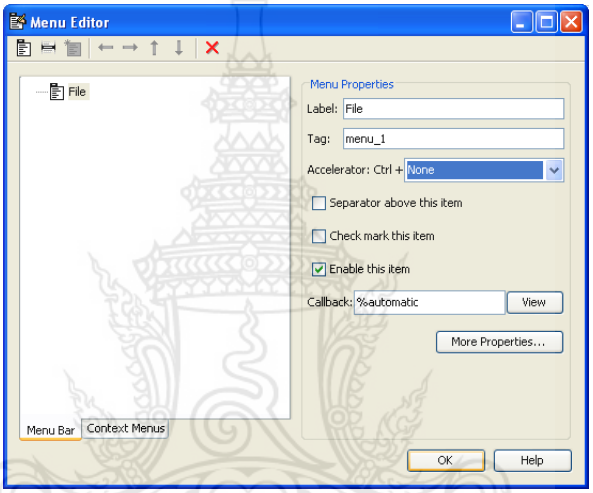


ภาพที่ 15 หน้าจอ Menu Editor

11. การกำหนดเมนูบน Menu bar

เมื่อสร้างเมนู MATLAB จะเพิ่มเมนูเหล่านั้นลงใน Figure Menu Bar จากนั้นสามารถจะสร้างรายการให้แต่ละเมนูที่สร้างขึ้น และแต่ละรายการที่สร้างขึ้นสามารถมีในการสร้างเมนูขั้นแรกกำหนดเลือก New Menu บน Toolbar

จากนั้นเมื่อกดเมาส์ไปที่เมนูที่กำหนดขึ้นใหม่จะมี UI MENU Property ปรากฏขึ้น เพื่อให้กำหนด Label (ชื่อที่แสดง) Tag (ชื่อที่จะเรียก) Separator (การแบ่งเมนูออกเป็นส่วนๆ) Checked Menu property (กำหนดว่าเป็นตัวที่ถูกเลือกไว้ก่อนหรือไม่) และสุดท้ายคือการกำหนด Callback ของ Menu นั้น แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16การกำหนด Label และ Tag

หากต้องการสร้างรายการให้กับเมนูที่เราสร้างขึ้นให้เลือก New Menu Item เพื่อกำหนดรายการสำหรับเมนูที่เพิ่งสร้างขึ้นนั้น ยกตัวอย่างคำสั่ง Print ภายใต้เมนู File

หากต้องการสร้างรายการเพิ่มให้กับเมนูเดิม ให้เลือกที่เมนูเดิมก่อนนั้น จึงเลือก New Menu Item แต่ถ้าอยู่ที่รายการภายใต้เมนูแล้วเลือก New Menu Item มันจะเป็นการสร้างรายการย่อยต่อลงจากรายการนั้น

12. การกำหนด Callback ของเมนู

คำสั่งในเมนูที่ปรากฏอยู่จะสั่งให้ Callback ทำงานเมื่อผู้ใช้เลือกรายการในเมนู สามารถเขียนคำสั่ง MATLAB ลงในช่องของ Callback ของ Menu Editor ซึ่งปกติการกำหนดแบบนี้จะสะดวก ถ้าคำสั่งเป็นคำสั่งง่ายๆ เช่น Print-Dsp อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปจะดีกว่าถ้าเพิ่ม Sub Function ลงไปใน Application-M-File เหมือนกับที่ GUIDE สร้าง UI Control Callback

การกำหนด Callback ของเมนู

คำสั่งในเมนูที่ปรากฏอยู่จะสั่งให้ Callback ทำงานเมื่อผู้ใช้เลือกรายการในเมนู สามารถเขียนคำสั่ง MATLAB ลงในช่องของ Callback ของ Menu Editor ซึ่งปกติการกำหนดแบบนี้จะ

สะดวก ถ้าคำสั่งเป็นคำสั่งง่ายๆ เช่น Print-Dsp อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปจะดีกว่าถ้าเพิ่ม Sub Function ลงไปใน Application-M-File เหมือนกับที่ GUIDE สร้าง UI Control Callback

13. การสร้าง Context Menu

การสร้าง Context Menu เพื่อใช้กับวัตถุต่างๆ เมื่อกดเมาส์ปุ่มขวาลงบนวัตถุนั้น สามารถสร้างได้จาก Menu Editor ลำดับขั้นในการสร้าง Context Menu ดังนี้

1) สร้าง Parent Menu รายการต่างๆ ที่บรรจุอยู่ใน Context Menu จะเป็น Children ของ Context Menu ซึ่งจะไม่แสดงบนเมนูของ Figure ในการสร้าง Parent Menu เลือก Context Menus Tab ใต้ Menu Editors แล้วเลือก New Context Menu

2) เลือก Tag สำหรับ Context Menu นั้น

3) กำหนดชื่อที่ปรากฏ และกำหนด Callback String

4) สามารถสร้างรายการในเมนูนี้ได้เรื่อยๆ

5) กำหนดว่าวัตถุใดจะใช้ Context Menu นี้ ซึ่งทำได้โดยเลือกวัตถุนั้นบน Layout Editor จากนั้นภายใต้ Property Inspector ของวัตถุนั้นเลือกคุณสมบัติ ของ UI Context Menu ให้ตรงกับ Context Menu ที่ต้องการ

6) สร้าง Callback Sub Function ให้กับเมนูนั้นถ้าจำเป็น โดยมีขั้นตอนเหมือนกับการสร้างให้เมนูปกติ

14. User Interface Controls

สำหรับ User Interface Control นั้นจะประกอบด้วย Check Boxes, Editable Text, Frames, List Boxes, push Buttons, Radio Buttons, Sliders, Static Text, Toggle Buttons

ซึ่งรายละเอียดของคุณสมบัติเหล่านี้ ได้กล่าวไปแล้วใน ส่วนของ Object Properties ที่มา ดังนั้นจะไม่ขอกล่าวถึงคุณสมบัติ และวิธีการใช้ของมันอีก เพียงแต่ใน GUIDE ของ MATLAB มีการสร้าง Callback Sub Function ให้กับวัตถุต่างเหล่านี้ ยกเว้น Frame และ Static Text โดยอัตโนมัติซึ่งต้องใช้ชื่อ Tag เป็นองค์ประกอบในชื่อ Sub function นั้นด้วย ดังนั้นจะขอแสดงชื่อที่ DUIDE ตั้งให้ Control แต่ละตัว เป็นDefault ให้กับวัตถุเหล่านี้อย่างไรก็ตามอย่าลืมว่าควรจะกำหนดชื่อ Tag เหล่านี้ใหม่ให้เหมาะสมกับการทำงาน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดชื่อTag ให้เหมาะสมกับการทำงาน

Tag	ชื่อที่กำหนด
Check Boxes	checkbox1, checkbox2, ….
Editable Text	edittext1, …
Frames	frame1, …
List Boxes	listbox1, …
Push Buttons	pushbutton1, …
Radio Buttons	radiobutton1, …
Slider	slider1, …
Static Text	text1, …

Tag	ชื่อที่กำหนด
Toggle Buttons	togglebottom1, …

15. Understanding the Application M-File

Application M-File เป็นโครงร่างโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของ GUI ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติพร้อมกับ Fig-File เมื่อใช้ GUIDEในการสร้าง GUI โดยที่ Application M-File จะช่วยให้ มีความสะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งโปรแกรมหรือ Code ทุกส่วนรวมถึง Sub Function จะรวมอยู่ใน Application M-File โดย Callback ทั้งหมดจะถูกเขียน M-File ที่ใช้ควบคุม GUI ไม่ว่าจะสร้างขึ้นเอง หรือจะเป็น Application M-File ที่สร้างขึ้นโดย GUIDE

ข้อดีของโปรแกรม MATLAB สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

สำหรับผู้ที่ยังไม่เคยใช้งานโปรแกรม MATLAB อาจสงสัยว่าโปรแกรม MATLAB มีข้อดีอย่างไร ทำไมถึงไม่ใช้งานภาษาโปรแกรมอื่นๆ และแตกต่างจากโปรแกรมภาษาอื่นๆ อย่างไรดังนั้นในหัวข้อนี้จำได้จำแนกลักษณะเด่นที่ง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม MATLAB ดังนี้ คือ

1. มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานในสาขาที่ต้องการ โดยฟังก์ชันที่สร้างขึ้น M-File จะมีนามสกุลเป็น .M

2. Algorithm สามารถพัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก และยังสามารถ แก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่าย และรวดเร็วกว่าโปรแกรมภาษาอื่น ๆ

3. มีโครงสร้างแบบจำลองซึ่ง สามารถนำไปใช้สร้างเป็นบล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบและประเมินผลระบบ Dynamic ต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจริง

4. สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

5. นำไปใช้งานในทางด้านกราฟิก ได้เป็นอย่างดีทั้งในด้านการแสดงภาพ ตั้งแต่สองมิติ ภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว และระดับสูงต่ำตลอดจนสามารถนำภาพมาต่อกัน และเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย

6. สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical User Interface ได้โดยการเลือกใช้ Object และเมนูต่างๆ โดยโปรแกรม MATLAB จะมีเครื่องมือให้เลือกใช้ เช่น เมนูรายการ ปุ่มกด และ Fields Object ต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกนำไปใช้ในการทำงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

7. สามารถทำการประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่นได้เช่น Fortran, Borland C/C++, Microsoft Visual C++ และ Whatcom C/C++ ด้วยการเขียนฟังก์ชันที่เป็น Mex ไฟล์ โดยโปรแกรม MATLAB จะเรียกใช้รูทจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

8. โปรแกรม MATLAB เป็นระบบ Interactive ซึ่งส่วนของข้อมูลพื้นฐานเป็นอาร์เรย์ที่ไม่ต้องการมิติ ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการแก้ปัญหาทางเทคนิคต่างๆได้มากใช้เวลาในการประมวลผลน้อย และดีกว่าโปรแกรมภาษา C และ Fortran

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรัณย์ ชูคดี และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและ วิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น พบว่าการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นโดยใช้วงจรช่องแคบ (Iris) ที่วางตัวในท่อนำคลื่นลักษณะต่างกัน ทำให้ความสมมูลย์ทางไฟฟ้าเทียบได้กับตัวเหนี่ยวนำ (Inductive Iris) ตัวเก็บประจุ (Capacitive Iris) ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อขนานกัน (Resonant Iris) การวิเคราะห์จะใช้หลักการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับวิธีการคำนวณแบบวนรอบ (Wave Iterative Method) ซึ่งจะคำนวณหาค่าขนาดของคลื่นบนพื้นที่พิกเซลของวงจรช่องแคบ และโดเมนทางความถี่หรือโหมดที่แพร่กระจายในอากาศ โดยใช้รูปแบบของการแปลงสภาพของโหมด-พิกเซลอย่างเร็ว (Fast Mode-Pixel Transform) ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิเคราะห์เรียกว่าโปรแกรมWCD V. 1.03 (Waveguide Circuit Design Version1.03) ที่แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล โครงสร้างของโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างเมนูที่ทำงานภายใต้ฟังก์ชัน GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรมMATLAB® จากนั้นได้ทำการทดสอบผลการทำงานของโปรแกรมจำลองที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับโปรแกรมจำลองที่มีใช้งานในเชิงพาณิชย์ CST MicrowaveStudio® พบว่าการวิเคราะห์ค่าผลของการตอบสนองทางความถี่ที่ได้จากโปรแกรมจำลองทั้งสองมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรม WCD สามารถแสดงขนาดและรูปร่างของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในวงจรช่องแคบได้อย่างถูกต้อง

จงรัก สามารถ สมมารถ ขำเกลี้ยง และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2556 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม พบว่าการพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมในรูปแบบของโปรแกรมจำลอง โดยโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่ที่พัฒนาขึ้นทำงานภายใต้โปรแกรม MATLAB ส่วนรับและแสดงผลการทำงานพัฒนาด้วยฟังก์ชั่น GUI และวิเคราะห์ผลโดยวิธีการวนรอบของคลื่นผลการทดสอบพบว่า โปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่ที่พัฒนาสามารถแสดงขนาดและแสดงรูปของวงจรกรองความถี่ไมโครสตริป แสดงพารามิเตอร์กระจัดกระจาย และรูปของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าโดยผลการจำลองมีความสอดคล้องกับผลการคำนวณของโปรแกรม Sonnet Lite เวอร์ชั่น

สมมารถ ขำเกลี้ยง และเสกสรร ชะนะ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรกรองแบบฟสซีฟโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแมทแลป การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์วงจรกรองแบบพาสซีฟโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแมทแลป ประกอบด้วย 4 วงจร ได้แก่ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน วงจรกรองความถี่สูงผ่าน วงจรกรองความถี่แถบผ่าน และวงจรกรองความถี่แถบหยุด สภาพแวดล้อมในการพัฒนาโปรแกรมจะทำตามอัลกอริทึมการทำงาน โดยการเขียนเอ็มไฟล์ฟังก์ชันร่วมกับฟังก์ชันเชิงวัตถุ ผลของการวิจัย พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์วงจรพาสซีฟฟิลเตอร์ทั้ง 4 ชนิด มีผลการตอบสนองของขนาดและมุมสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี และผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน พบว่ามีค่าอยู่ในระดับมาก

กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง พิชิต อ้วนไตร และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับวงจรสายส่งความถี่สูงโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB เป็นการออกแบบโปรแกรมจำลองสาหรับวงจรสายส่ง ความถี่สูงสำหรับการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมโดยใช้ GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งประกอบด้วย ส่วนการคำนวณการตอบสนองของสัญญาณพัลส์ในวงจรสายส่ง ที่สามารถคำนวณหาค่าแรงดัน ค่าอิมพีแดนซ์ ค่ากระแสของสายส่ง และส่วนการคำนวณอุปกรณ์พาสซีฟรีแอคแตนซ์ในวงจรสายส่งที่สามารถออกแบบและสร้างวงจรต่างๆ เช่น ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ วงจรกรองความถี่ หม้อแปลงแมทชิ่ง วงจรเลื่อนเฟส เป็นต้น โดย โปรแกรมดังกล่าวได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนการป้อน ข้อมูล ส่วนการคำนวณ และ ส่วนการแสดงผล ซึ่งโปรแกรมนี้จะช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณตลอดจนส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีการจินตนาการที่สามารถเข้าใจ หลักการและเนื้อหาทางทฤษฎีสายส่งความถี่สูงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทำงานของโปรแกรมที่ได้สอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎีและโปรแกรม Sonnet

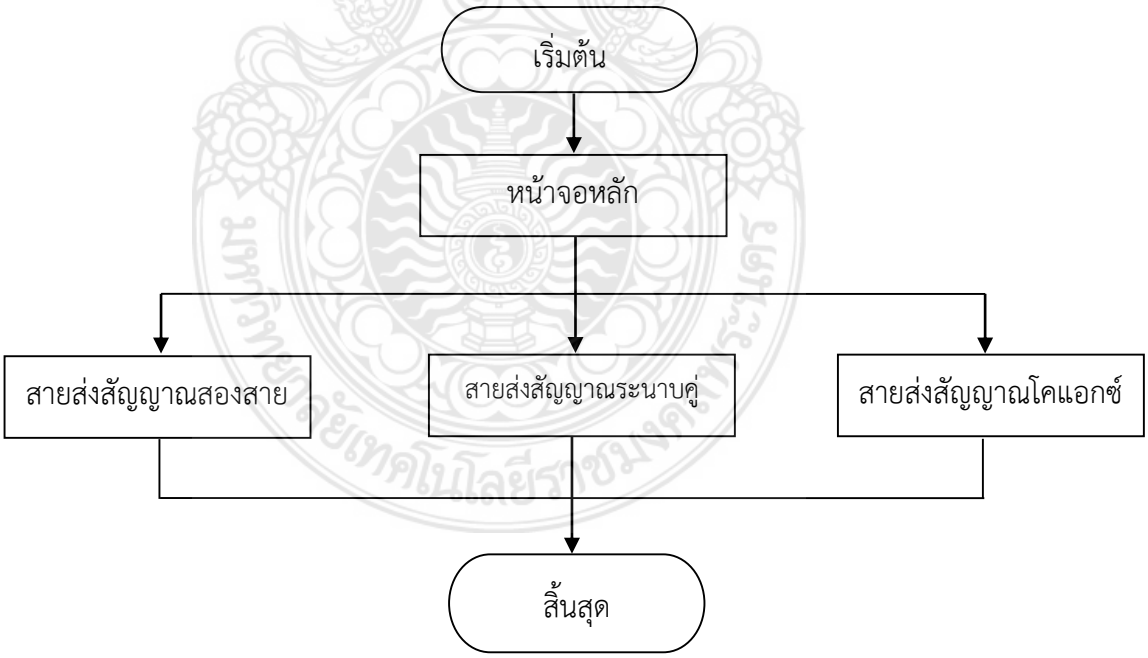
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink คณะผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการพัฒนาเชิงทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบ
2. การพัฒนาโปรแกรม
3. การตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม
4. วิธีดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ขั้นตอนการออกแบบ

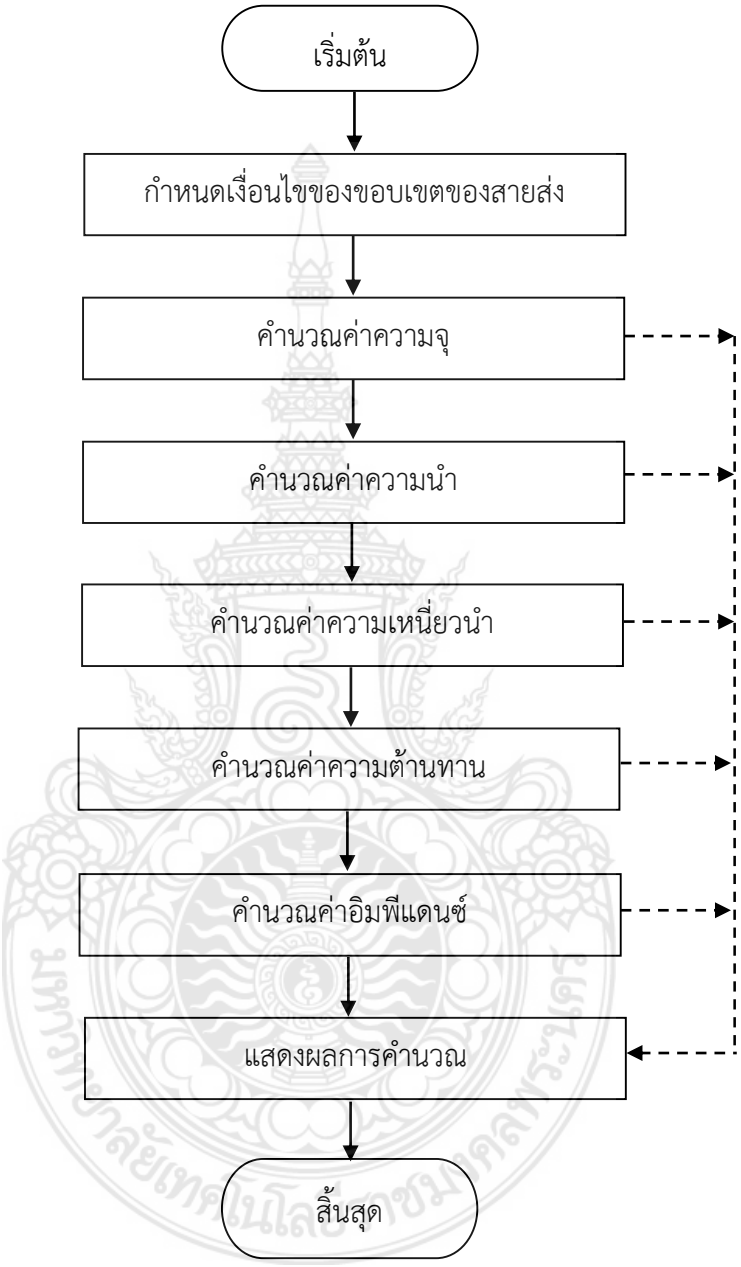
การออกแบบโปรแกรมจำลองการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งความถี่สูง เป็นการออกแบบจากโปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB เพื่อความสะดวกในการติดต่อกับผู้ใช้งานโปรแกรม สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 โครงสร้างของการออกแบบโปรแกรม

จากภาพที่ 15 โครงสร้างของการออกแบบโปรแกรม แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณสองสาย ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณ

ระนาบคู่ และส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณโคแอกซ์ ซึ่งในการคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม แสดงดังภาพที่ 18



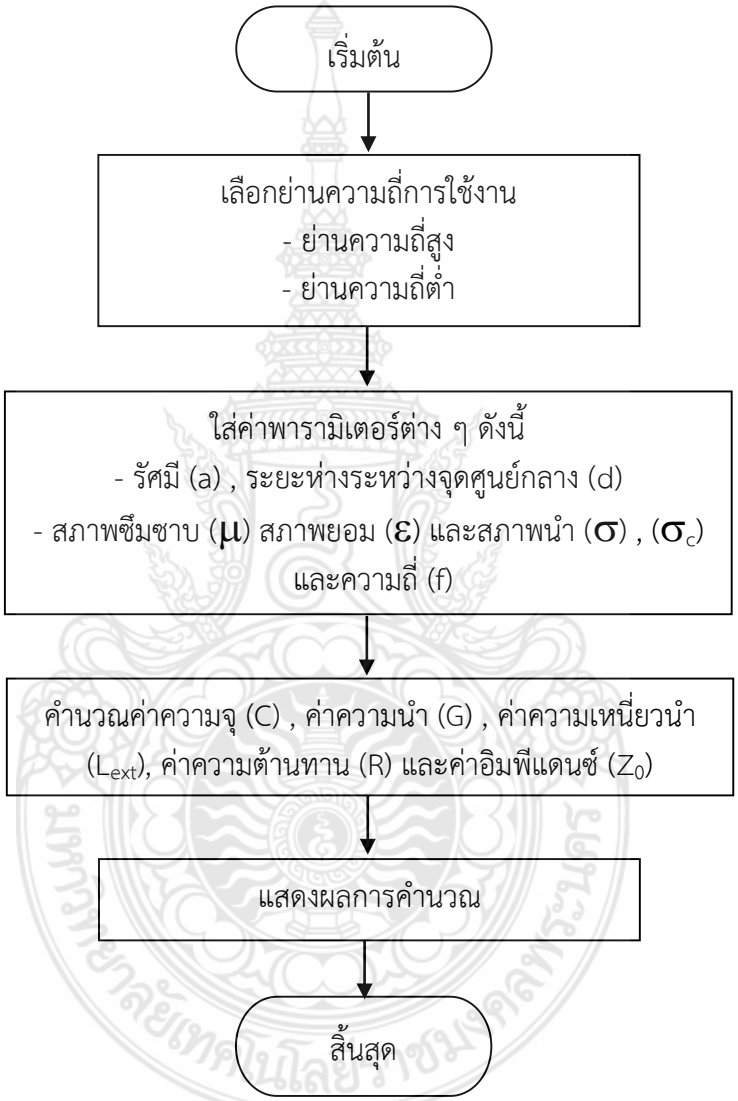
ภาพที่ 18 หลักการทำงานของโปรแกรม

ภาพที่ 18 การคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม แบ่งออกเป็น กำหนดเงื่อนไขของขอบเขตของสายส่ง คำนวณค่าความจุ คำนวณค่าความนำ คำนวณค่าความเหนี่ยวนำ คำนวณค่าความต้านทาน และคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ ซึ่งการคำนวณทุกส่วนสามารถแสดงผลการคำนวณ

2. การพัฒนาโปรแกรม

การพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งความถี่สูง แบ่งตามประเภทของการคำนวณ ได้ดังนี้

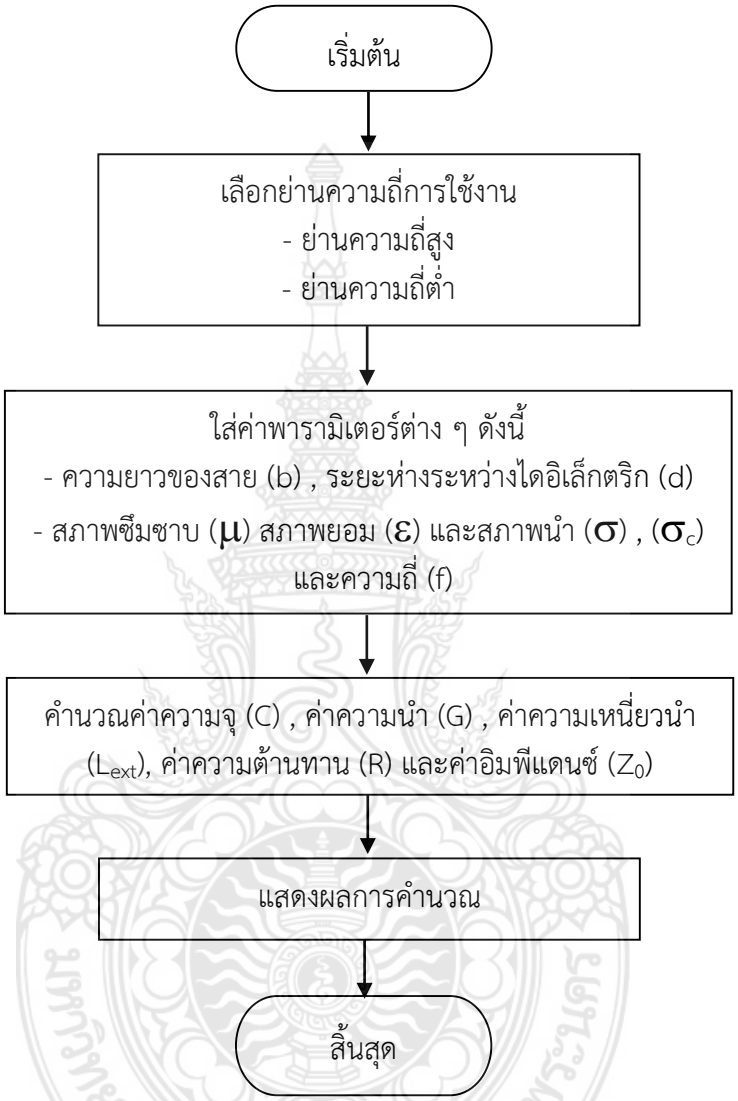
1. การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย มีขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมดังนี้



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย

จากภาพที่ 19 เป็นการแสดงขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่งได้แก่ รัศมี (a) ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง (d) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) , (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

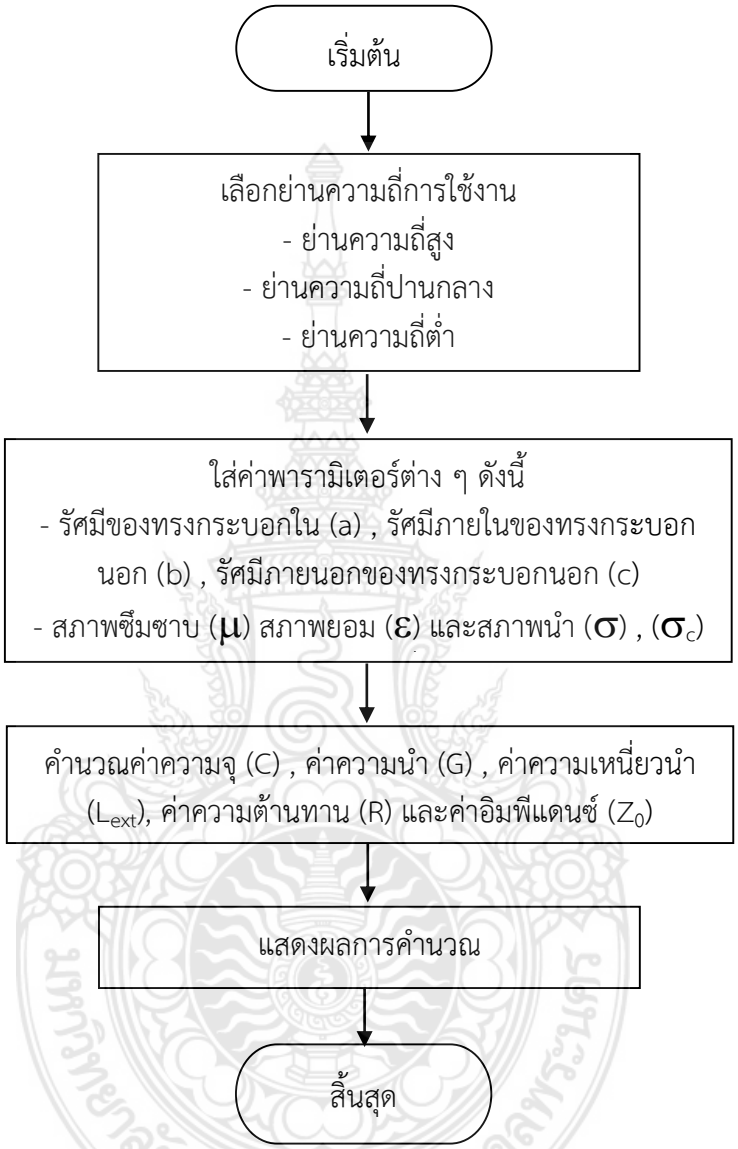
2. การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ มีขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมดังนี้



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

จากภาพที่ 20 เป็นการแสดงขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง ได้แก่ ความยาวของสาย (b) ระยะห่างระหว่างไดอิเล็กตริก (d) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) , (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป ซึ่งสมการคำนวณ จะแตกต่างจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย

3. การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ มีขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมดังนี้



ภาพที่ 21 ขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

จากภาพที่ 21 เป็นการแสดงขั้นตอนการพัฒนาการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่งได้แก่ รัศมีของทรงกระบอกใน (a) , รัศมีภายในของทรงกระบอกนอก (b) , รัศมีภายนอกของทรงกระบอกนอก (c) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) , (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

3. การตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม

แบบประเมินความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงาน ดังนี้

1. แบบประเมินส่วนย่อยต่าง ๆ ของโปรแกรม เป็นแบบเลือกตอบ (Check List) 2 ตัวเลือกได้แก่ ถูกต้อง และไม่ถูกต้อง

2. แบบประเมินกระบวนการทำงานแต่ละกระบวนการทำงาน เป็นแบบเลือกตอบ (Check List) 2 ตัวเลือกได้แก่ ถูกต้อง และไม่ถูกต้อง

3. แบบประเมินภาพรวมทั้งโปรแกรม เป็นแบบแบบเลือกตอบ (Check List) 2 ตัวเลือกได้แก่ ถูกต้อง และไม่ถูกต้อง

ในแบบประเมินดังกล่าวทั้ง 3 ฉบับข้างต้นนี้ ผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยเป็นผู้ประเมินเบื้องต้นเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของแต่ละขั้นตอน

4. แบบประเมินการยอมรับในระบบ (Acceptance Testing) เป็นการทดสอบ ขั้นสุดท้ายก่อนที่ระบบจะถูกยอมรับได้ว่าสามารถทำงานได้จริงเป็นการทดสอบร่วมกันระหว่างผู้ใช้โปรแกรมและผู้ออกแบบพัฒนาโปรแกรมทำการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาชีพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านกระบวนการทำงาน และด้านหน้าที่การทำงาน ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วน 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง ไม่แน่ใจ

5. แบบประเมินผลการทำงานของโปรแกรม ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วน 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

การทดสอบและหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงที่พัฒนาขึ้น ได้แก่

การทดสอบความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงานได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการทดสอบ 2 เทคนิค ได้แก่

1. เทคนิคการทดสอบแบบกล่องใส (White Box) เป็นการทดสอบโปรแกรมภายในว่ามีวิธีการเขียนอย่างไร มีการตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานว่าถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่ โปรแกรมที่เขียนขึ้นมีข้อผิดพลาดเชิงตรรกะหรือไม่ มีการออกแบบตรรกะโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพหรือไม่ ใช้การทบทวนแบบมีโครงสร้าง (Structured Walk Through) จัดทำโดยผู้วิจัยทบทวนและตรวจสอบการทำงานของแต่ละขั้นตอนแล้วแจ้งผลให้นักเขียนโปรแกรมทราบและการตรวจสอบคำสั่งงานและประเมินผลความถูกต้องจากรหัสโปรแกรม (Deck Check) โดยนักเขียนโปรแกรมผู้อื่น

2. เทคนิคการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box) เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบที่ต้องการทราบเพียงว่า เมื่อมีอินพุตข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้วได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างไร โดยไม่สนใจว่าระบบมีกระบวนการทำงานอย่างไร ทำการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และใช้ข้อมูลจริงในการทดสอบ และภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

วิธีการทดสอบและหาประสิทธิภาพโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการทดสอบและหาประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. การทดสอบแบบกล่องใส (White Box) 4 ขั้นตอน ดังนี้

ในขั้นตอนที่ 1 – ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบร่วมกับนักเขียนโปรแกรม และขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นคนทดสอบระบบจำนวน 5 ท่าน

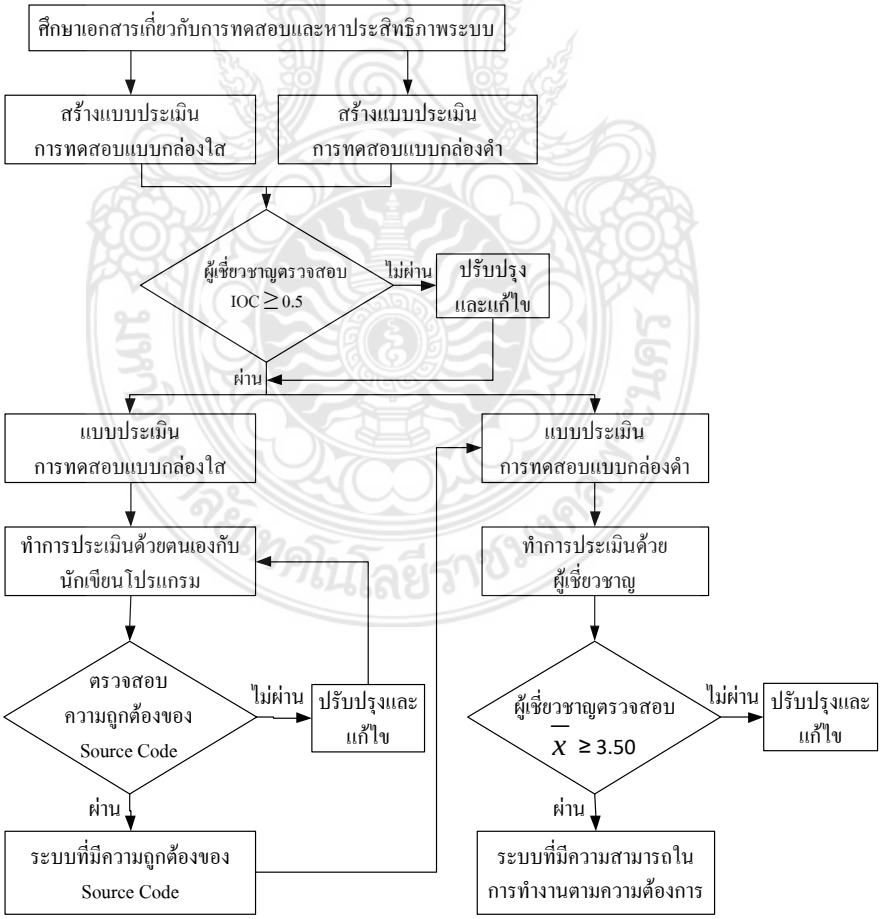
ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบหน่วยย่อย (Unit Testing) เป็นการทดสอบส่วนย่อยของโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบด้วยการนำโปรแกรมมาประกอบรวมกัน (Integration Testing) เป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของส่วนย่อยในระดับล่าง

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบทั้งระบบ (System Testing) เป็นการตรวจสอบว่าระบบทั้งหมดทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดหรือความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริงหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบการยอมรับในระบบ (Acceptance Testing) เป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนที่ระบบจะถูกยอมรับได้ว่าสามารถทำงานได้จริงเป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาชีพ จำนวน 5 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านกระบวนการทำงาน และด้านหน้าที่การทำงาน

2. การทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาชีพ จำนวน 5 ท่าน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ



ภาพที่ 22 ขั้นตอนการหาคุณภาพของโปรแกรม

4. วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยแบบทดลองโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การทดสอบโปรแกรม เป็นการทดสอบหน้าที่ต่าง ๆ ของโปรแกรม และโครงสร้างของโปรแกรม

ส่วนที่ 2 การทดสอบระบบ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความสามารถของระบบฯ ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้
2. ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้
3. ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ โดยการใช้สถิติพื้นฐาน และการเปรียบเทียบผลการทดลองจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณด้วยตัวเอง ดังนี้

1. การหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย
$\sum x$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x แทน คะแนนแต่ละตัว
$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย
N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม
Σ แทน ผลรวม

3. การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถาม (Index of Consistency)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ = ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

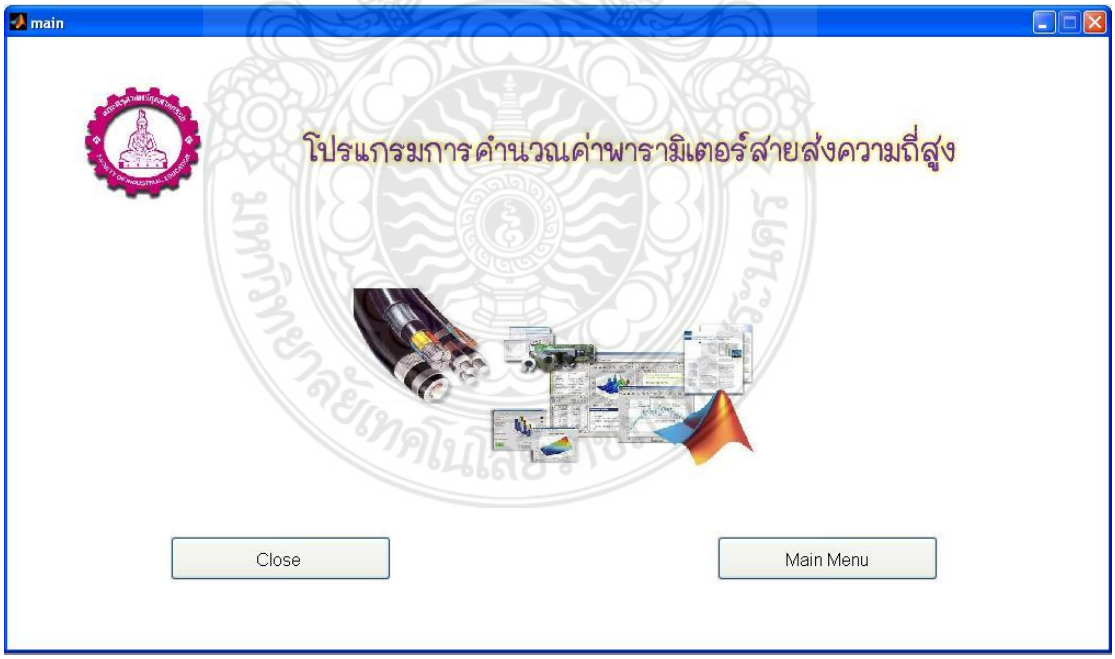
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink 2) เพื่อหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ ผลการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink
2. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink
3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ

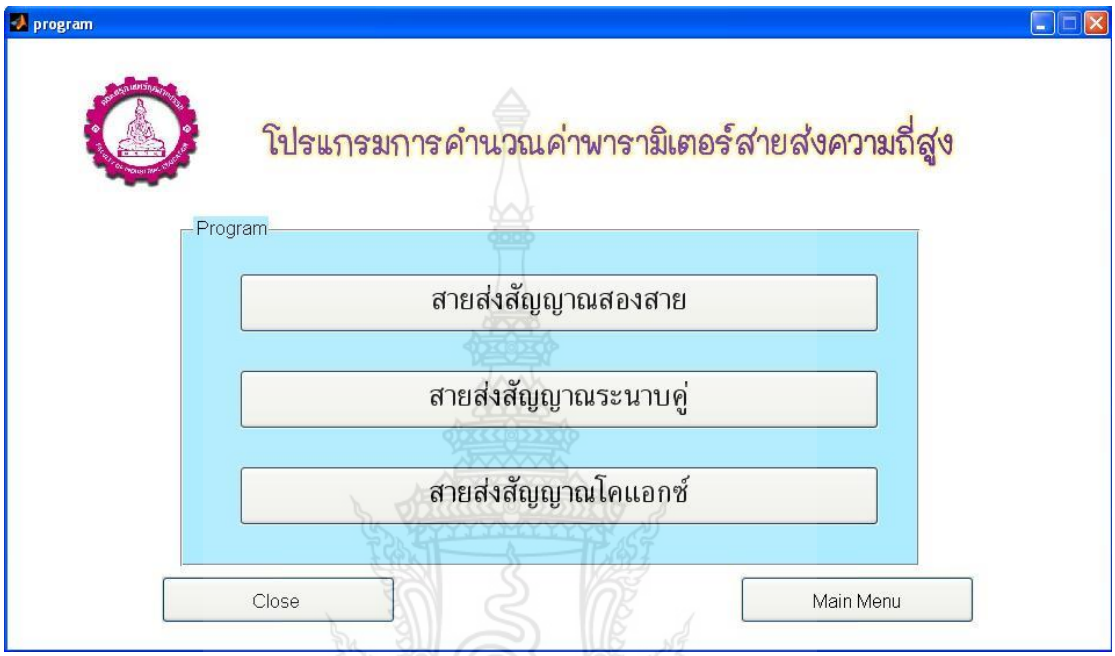
1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งในแต่ละประเภทตามการใช้งานและความถี่ แสดงดังภาพที่ 23 – ภาพที่ 24



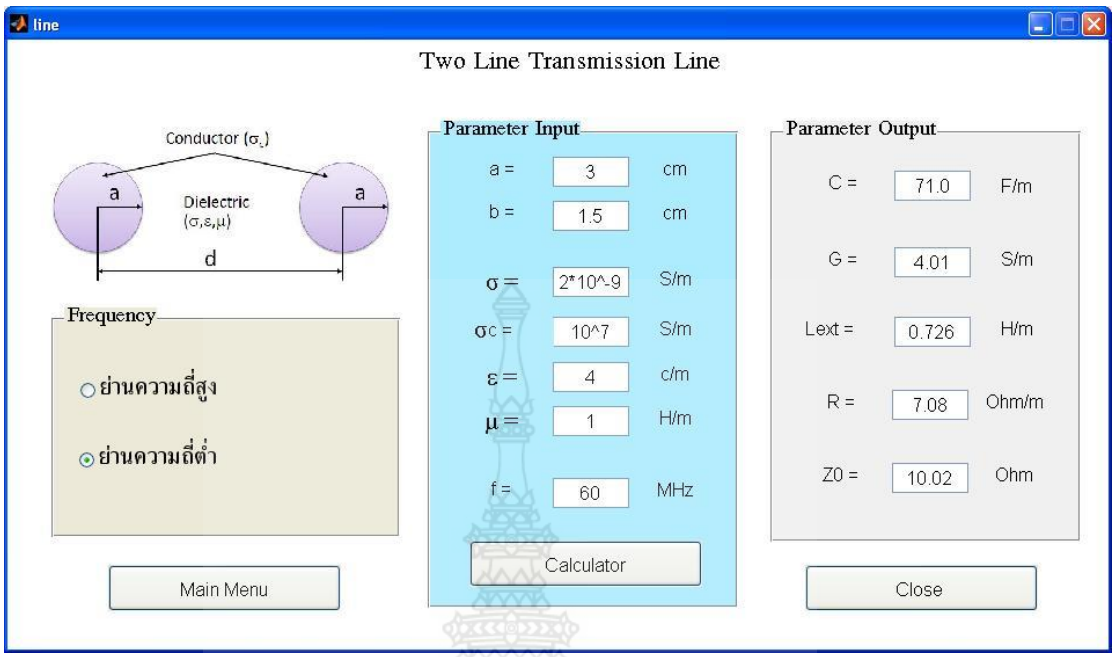
ภาพที่ 23 หน้าแรกของโปรแกรมการคำนวณค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง

จากภาพที่ 23 เมื่อทำการดับเบิลคลิกที่โปรแกรม Paramater Transmission.exe แล้วจะปรากฏหน้าจอแรกของโปรแกรม จากนั้นให้เลือกปุ่ม Main Menu เพื่อเข้าสู่การเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ หากต้องการออกจากโปรแกรมให้กดปุ่ม Close

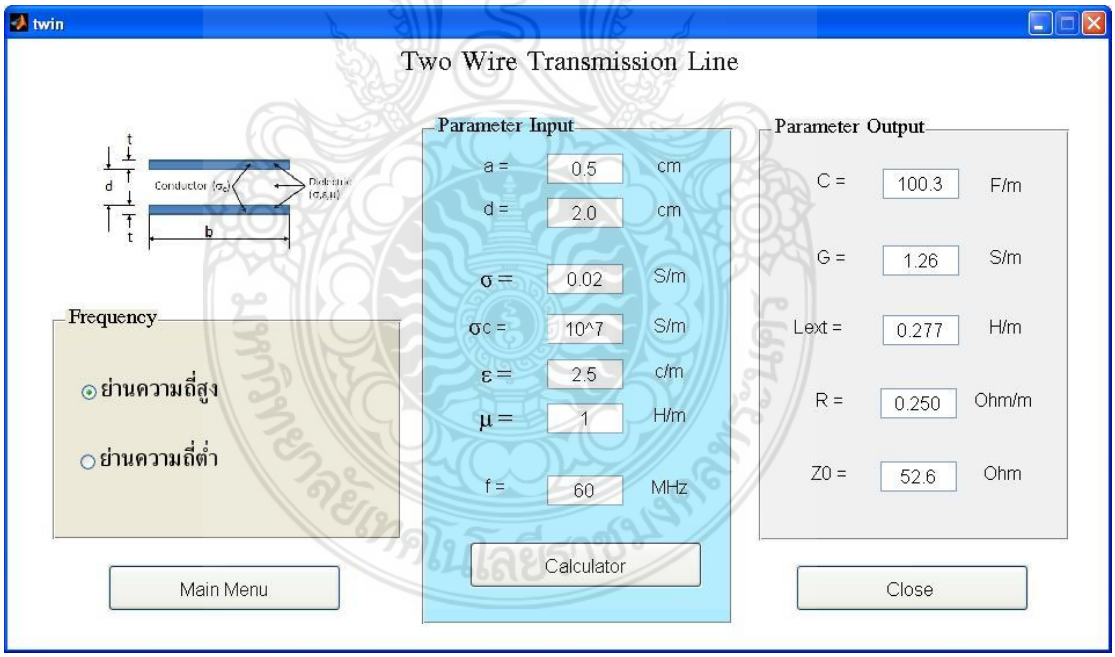


ภาพที่ 24 หน้าจอแสดงการเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ

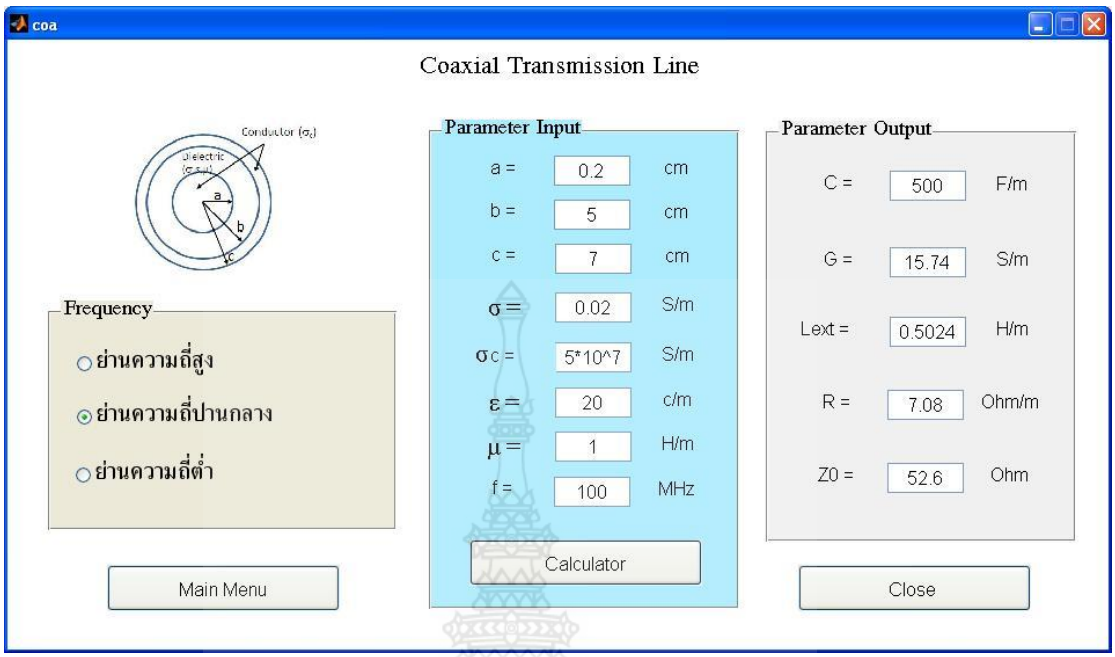
จากภาพที่ 24 แสดงการเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ ซึ่งโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยทำการพัฒนานี้ แบ่งสายส่งสัญญาณตามประเภทการใช้งานและความถี่ จำนวน 3 สายส่งสัญญาณ ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ แสดงดังภาพที่ 25 – ภาพที่ 27



ภาพที่ 25 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย



ภาพที่ 26 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่



ภาพที่ 27 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

2. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink

ผลการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีผลการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพดังนี้

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลองคอมพิวเตอร์

การตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงาน

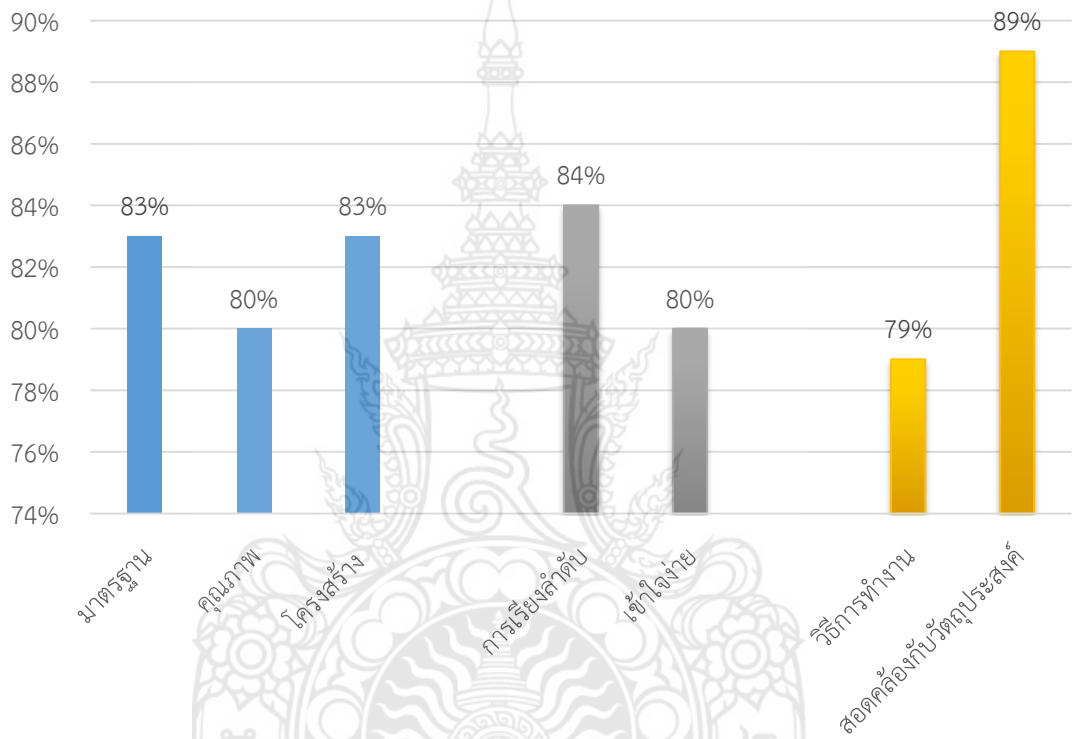
1. ผลการประเมินส่วนย่อยต่าง ๆ ของโปรแกรม พบว่า ส่วนย่อยทั้ง 5 กระบวนการทำงานมีความถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาดในกระบวนการทำงาน

2. ผลการประเมินระหว่างกระบวนการทำงานกับกระบวนการทำงาน พบว่า กระบวนการทำงานแต่ละกระบวนการทำงานมีความเชื่อมโยงกันตามที่ได้ออกแบบไว้

3. ผลการประเมินภาพรวมทั้งระบบ พบว่า ภาพรวมในการพัฒนาระบบสามารถทำงานได้ไม่เกิดข้อผิดพลาด

4. ผลการประเมินการยอมรับระบบ (Acceptance Testing) เป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายก่อนที่ระบบจะถูกยอมรับได้ว่าสามารถทำงานได้จริงเป็นการทดสอบร่วมกันระหว่างผู้ใช้ระบบและผู้ออกแบบพัฒนาระบบ ทำการทดสอบความสมบูรณ์ของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จำนวน 5 ท่าน ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านกระบวนการทำงาน และด้านหน้าที่การทำงาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า โปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือวิจัยได้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญให้ความ

คิดเห็นในเรื่องมาตราฐานการออกแบบและเรื่องโครงสร้างที่ออกแบบไม่ซับซ้อน เป็นอันดับ 1 คิดเป็น 83% รองลงมาได้แก่เรื่องคุณภาพการออกแบบ คิดเป็น 80% ด้านกระบวนการทำงาน ผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นในเรื่องการเรียงลำดับกระบวนการทำงาน คิดเป็น 84% และเรื่องการเข้าใจในภาษาที่ใช้ในการทำงานเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็น 80% สำหรับด้านหน้าที่การทำงานผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นในเรื่องความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน คิดเป็น 89% และเรื่องวิธีการทำงานในแต่ละการทำงาน คิดเป็น 79% ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ผลการประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

ส่วนที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง โดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น

ลำดับที่	รายการแต่ละด้าน	$\bar{x}$	$S.D.$	แปลผล
1	ด้านความสามารถของระบบ	3.68	0.23	มาก
2	ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ	4.14	0.31	มาก
3	ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้	4.29	0.54	มาก
	รวม	**4.04**	**0.36**	**มาก**

จากตารางที่ 2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น พบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.04, S.D. = 0.36$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ ($\bar{x} = 4.29, S.D. = 0.54$) รองลงมาได้แก่ ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ($\bar{x} = 4.14, S.D. = 0.31$) และด้านความสามารถของระบบ ($\bar{x} = 3.68, S.D. = 0.23$) แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้งานจริงได้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่รวดเร็วยิ่งขึ้น และช่วยในการคำนวณการออกแบบสายส่งสัญญาณแต่ละประเภทได้อย่างแม่นยำ

3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ

ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแต่ละประเภท ได้ดังนี้

1. สายส่งสัญญาณแบบสองสาย

กรณีตัวอย่าง ที่ย่านความถี่ต่ำ f = 60 Hz กำหนดให้ สายส่งที่มีตัวนำขนาดเท่ากันสองสายมีรัศมี a = 3 cm สภาพนำ $\sigma_c = 10^7$ S/m โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง b = 1.5 cm อยู่ในตัวกลางที่มีสภาพให้ซึมซาบได้ μ = 1 H/m สภาพยอม ε = 4 c/m และสภาพนำ σ = 2×10^{-9} S/m

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมกับคำนวณด้วยตนเอง ในสายส่งสัญญาณแบบสองสาย

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ค่าความจุ (C)	71.00 F/m	71.00 F/m	ตรงกัน
ค่าความนำ (G)	4.01 S/m	4.01 S/m	ตรงกัน
ค่าความเหนี่ยวนำ (L_{ext})	0.726 H/m	0.726 H/m	ตรงกัน

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ค่าความต้านทาน (R)	7.08 Ohm/m	7.08 Ohm/m	ตรงกัน
ค่าอิมพีแดนซ์ (Z_0)	10.02 Ohm	10.02 Ohm	ตรงกัน

2. สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

กรณีตัวอย่าง ที่ย่านความถี่ต่ำ f = 60 Hz กำหนดให้ สายส่งที่มีแกนร่วมกันมีขนาด a = 0.5 cm , d = 2.0 cm สภาพนำ $\sigma_c = 10^7$ S/m สภาพซึมซาบ μ = 1 H/m สภาพยอม ε = 2.5 c/m และสภาพนำ σ = 0.02 S/m

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมกับคำนวณด้วยตนเอง ในสายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ค่าความจุ (C)	100.3 F/m	100.3 F/m	ตรงกัน
ค่าความนำ (G)	1.26 S/m	1.26 S/m	ตรงกัน
ค่าความเหนี่ยวนำ (L_{ext})	0.277 H/m	0.277 H/m	ตรงกัน
ค่าความต้านทาน (R)	0.250 Ohm/m	0.250 Ohm/m	ตรงกัน
ค่าอิมพีแดนซ์ (Z_0)	52.6 Ohm	52.6 Ohm	ตรงกัน

3. สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

กรณีตัวอย่าง ที่ย่านความถี่ต่ำ f = 60 Hz กำหนดให้ สายส่งที่มีแกนทรงกระบอกมี รัศมีดังนี้ a = 0.2 cm , b =5.0 cm และ c = 7 cm สภาพนำ $\sigma_c = 5X10^7$ S/m สภาพซึมซาบ μ = 1 H/m สภาพยอม ε = 20 c/m และสภาพนำ σ = 0.02 S/m

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมกับคำนวณด้วยตนเอง ในสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ค่าความจุ (C)	500 F/m	500 F/m	ตรงกัน
ค่าความนำ (G)	15.74 S/m	15.74 S/m	ตรงกัน
ค่าความเหนี่ยวนำ (L_{ext})	0.5024 H/m	0.50 H/m	ตรงกัน

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ค่าความต้านทาน (R)	7.08 Ohm/m	7.08 Ohm/m	ตรงกัน
ค่าอิมพีแดนซ์ (Z_0)	52.6 Ohm	52.64 Ohm	ตรงกัน

ผลจากการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณด้วยตนเอง พบว่า มีผลการคำนวณที่ตรงกัน จึงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้แทนการคำนวณด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink 2) เพื่อหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ ค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงที่นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมนั้น แบ่งตามประเภทของสายส่งในอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่และการใช้งาน ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ ส่วนประกอบของโปรแกรม แบ่งเป็น 3 หน้าจอ ได้แก่ หน้าจอหลัก หน้าจอแสดงโปรแกรมหลัก และหน้าจอคำนวณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบหาคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การทดสอบโปรแกรม และส่วนที่ 2 การทดสอบระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

พบว่า โครงสร้างของการออกแบบโปรแกรม แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณสองสาย ส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณระนาบคู่ และส่วนการคำนวณโปรแกรมสายส่งสัญญาณโคแอกซ์ ซึ่งในการคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม ซึ่งการคำนวณโปรแกรมแต่ละส่วนมีหลักการทำงานของโปรแกรม แบ่งออกเป็น กำหนดเงื่อนไขของขอบเขตของสายส่ง คำนวณค่าความจุ คำนวณค่าความนำ คำนวณค่าความเหนี่ยวนำ คำนวณค่าความต้านทาน และคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ ซึ่งการคำนวณทุกส่วนสามารถแสดงผลการคำนวณ เลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ ซึ่งโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยทำการพัฒนานี้ แบ่งสายส่งสัญญาณตามประเภทการใช้งานและความถี่ จำนวน 3 สายส่งสัญญาณ ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

2. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/ Simulink

ผลการตรวจสอบคุณภาพโปรแกรม จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน พบว่า

ส่วนที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงานส่วนย่อยทั้ง 5 กระบวนการทำงาน มีความถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาดในกระบวนการ ซึ่งกระบวนการทำงานแต่ละกระบวนการทำงานมีความเชื่อมโยงกันตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยภาพรวมการพัฒนาระบบสามารถทำงานได้ไม่เกิดข้อผิดพลาด และเมื่อทำการประเมินการยอมรับระบบ พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือวิจัยได้ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบเรื่องมาตรฐานการออกแบบ คุณภาพการออกแบบ และโครงสร้างที่ออกแบบไม่ซับซ้อนเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 80% - 83% ด้านกระบวนการทำงานเรื่องการเรียงลำดับกระบวนการทำงาน การเข้าใจในภาษาที่ใช้ในการทำงานเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 84% - 80% และด้านหน้าที่การทำงานเรื่องวิธีการทำงานในแต่ละการทำงาน ความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 89% - 79%

ส่วนที่ 2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น พบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.04, S.D. = 0.36$)

3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ

พบว่า ผลจากการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณด้วยตนเอง มีผลการคำนวณที่ตรงกัน จึงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้แทนการคำนวณด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink สามารถสรุปประเด็นสำคัญ ได้ดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink พบว่า ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะสำหรับปรับพื้นฐานความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผลการทดสอบความถูกต้องทางด้านภาษาคำสั่งและความสามารถในการทำงาน มีความถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาดในกระบวนการ ซึ่งกระบวนการทำงานแต่ละกระบวนการทำงานมีความเชื่อมโยงกันตามที่ได้ออกแบบไว้ ส่งผลให้การหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การพัฒนาโปรแกรม Matlab เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High Level Language) สำหรับคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟิกที่ซับซ้อนและการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่ายและชัดเจน มีการทำงานของโปรแกรม MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง (Interactive) (โศรฎา แข็งการ และกนต์ธร ชำนิประศาสน์, 2550) และสอดคล้องกับทฤษฎีการประเมิน ระบบเพื่อตรวจสอบการทำงานฟังก์ชันต่าง ๆ ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานอย่างเหมาะสม เป็นการทดสอบโปรแกรมที่ใช้งานใน

ระบบว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ก่อนที่จะดำเนินการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง อาจมีความจำเป็นต้องจำลองสถานการณ์การดำเนินงานขึ้นมา (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2548) สอดคล้องกับงานวิจัยของสมมารถ ขำเกลี้ยง และเสกสรร ชะนะ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรกรองแบบฟสซีฟโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแมทแลป พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์วงจรพาสซีฟฟิลเตอร์ทั้ง 4 ชนิด มีผลการตอบสนองของขนาดและมุมสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี และผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน พบว่ามีค่าอยู่ในระดับมาก

2. ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคิดคำนวณ พบว่า มีผลการคำนวณที่ตรงกัน จึงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้แทนการคำนวณด้วยมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การพัฒนาโปรแกรมได้มีการสร้างจากสมการที่ตรงกับทฤษฎีของสายส่งสัญญาณในแต่ละประเภท โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้รวดเร็ว และสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง พิชิต อ้วนไตร และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับวงจรสายส่งความถี่สูงโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB ได้กล่าวไว้ว่าโปรแกรมช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณตลอดจนส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีการจินตนาการที่สามารถเข้าใจ หลักการและเนื้อหาทางทฤษฎีสายส่งความถี่สูงเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทำงานของโปรแกรมที่ได้สอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในครั้งนี้

1. นักพัฒนาโปรแกรมสอนสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปออกแบบโปรแกรมจำลองการคำนวณหาในแบบต่าง ๆ ได้ เนื่องจากโปรแกรม MatLab เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับการออกแบบโปรแกรมการคำนวณทางวิศวกรรม สามารถทำให้ผู้ที่สนใจศึกษาได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

2. นักเขียนโปรแกรมสามารถนำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการเขียนหรือผลิตโปรแกรมจำลองการคำนวณหรือการแสดงกราฟฟิกที่ทำให้เกิดการคิดวิเคราะห์ในเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การพัฒนาโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์นี้ หากนำไปใช้ในการเรียนการสอนควรเพิ่มเติมเนื้อหาบทเรียนที่เหมาะสมกับสายส่งสัญญาณให้ตรงกับโปรแกรม เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจเพิ่มมากขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มฟังก์ชันการแสดงผลกราฟฟิกของการแพร่กระจายคลื่น เพื่อทำให้ผู้ที่สนใจเกิดการเรียนรู้เพิ่มเติมได้อย่างชัดเจน

2. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมจำลองการคำนวณในรูปแบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับทางด้านโทรคมนาคม เนื่องจากโทรคมนาคมเป็นการคำนวณค่าที่ต้องใช้จินตนาการและมีการคำนวณที่ซับซ้อนเข้าใจยาก

3. ควรมีการปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

บรรณานุกรม

กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง พิชิต อ้วนไตร และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล. (2558). **โปรแกรมจำลองสำหรับวงจรสายส่งความถี่สูงโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB.** การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7. หน้า 543-546.

จงรัก สามารถ สมมารถ ขำเกลี้ยง และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล. การพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 23 (3). กันยายน-ธันวาคม 2556. หน้า 580-593.

ดุสิต ขาวเหลือง. การบูรณาการใช้สื่อประสมและสื่อหลายมิติเพื่อการสอนและการเรียนรู้. **วารสารศึกษาศาสตร์** ฉบับที่ 1 ปีที่ 18 (มิ.ย. 49 – ต.ค. 2549).

ประยุทธ อัครเอกฒาลิน และชาตรี มหัทธนจาตุภัทร. สายส่งความถี่สูงโมโนโพลแฟร็กทัล. **วารสารอิเล็กทรอนิกส์ ECTI**. 5 (2). เมษายน-มิถุนายน 2554.

ศรัณย์ ชูคดี และสมศักดิ์ อรรคทิมากูล. การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและวิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 22 (3). กันยายน-ธันวาคม 2555. หน้า 560-593.

โศรฎา แข็งการ และกนต์ธร ชำนิประศาสน์. (2550). **การใช้ MATLAB สำหรับงานทางวิศวกรรม**. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี.

สมมารถ ขำเกลี้ยง และเสกสรร ชะนะ. (2558). การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรกรองแบบฟสซีฟโดยใช้ฟังก์ชันจียูไอของแมทแลป. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.** 18(3) ฉบับพิเศษจากงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 25 ประจำปี 2558. หน้า 122-129.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2548). **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม).** กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Devendra K.Misra. (2001). **Radio Frequency and Microwave Communication Circuit: Analysis and Design**. John Wiley and Sons, Inc.

John D. Kraus and Ronald J. Marhafka, (2003). **Antennas for all applications**, Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.

William H. Hayt, JR. (1985). **Engineering Electromagnetics.** McGraw-Hill, Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

รายนามชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

1. ดร.ชยานิษฐ์ บุญสนิท
2. ดร.จริยา เอียบสกุล
3. อาจารย์วารินี วีระสินธุ์
4. อาจารย์อัมภาภรณ์ พีรวณิชกุล
5. อาจารย์พิสิฐ สอนละ

ภาคผนวก ข

แบบตรวจสอบคุณภาพและหาประสิทธิภาพของการทำงานของโปรแกรม

แบบประเมินผลการทำงานของโปรแกรมจำลองการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรมจำลองการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

2. แบบสอบถามนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องในแบบสอบถามที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยตัวเลขของระดับประสิทธิภาพต่อแบบประเมินแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

5 หมายถึง มีผลการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง มีผลการทำงานอยู่ในระดับมาก
3 หมายถึง มีผลการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง
2 หมายถึง มีผลการทำงานอยู่ในระดับน้อย
1 หมายถึง มีผลการทำงานอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัย

รายการ		ผลการทำงาน				
		5	4	3	2	1
	ด้านความสามารถของระบบ					
	- ความสามารถด้านการจัดการองค์ประกอบหน้าจอ					
1.	การแบ่งเมนูของโปรแกรมสามารถเข้าได้ง่าย					
2.	ปุ่มและคำอธิบาย ง่ายต่อความเข้าใจ					
3.	ความสวยงามของหน้าจอโปรแกรม					
4.	สีสันที่ใช้มีความเหมาะสม					
5.	การแสดงด้านกราฟิกมีความเหมาะสม					
6.	แบบอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสม					
7.	คำและประโยคที่ใช้ง่ายต่อความเข้าใจ					
8.	รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอง่ายต่อการใช้งาน					
9.	มีคำอธิบายการใช้งานที่ชัดเจน					
	- ความสามารถด้านการรับข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออก					
10.	สามารถแสดงผลการคำนวณได้อย่างรวดเร็ว					
11.	การใส่ข้อมูลไม่ยุ่งยาก					
12.	มีการทำงานอย่างเป็นระบบ					
13.	การทำงานมีความถูกต้องสมบูรณ์					
14.	มีการส่งข้อมูลไปกลับได้อย่างแม่นยำ					
15.	การยืนยันเมื่อเสร็จสิ้นการใช้งาน					
16.	การทำงานมีความถูกต้องสมบูรณ์					
	ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ					
17.	ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและสมบูรณ์					
18.	ผลลัพธ์ที่ได้ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้					
19.	ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้งานได้จริง					
	ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้					
20.	มีการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ที่ง่าย					
21.	การเข้าถึงข้อมูลไม่ยุ่งยาก					
22.	วิธีการใส่ข้อมูลไม่ยุ่งยาก					
23.	รูปแบบปุ่มกดไม่ซับซ้อน					
24.	มีการอธิบายขั้นตอนการใช้ระบบ					
25.	มีการแจ้งผลระหว่างการติดต่อระบบกับผู้ใช้					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่เสียสละเวลาในการตอบแบบประเมินในครั้งนี้

ผู้วิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามระดับความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาโปรแกรมจำลองการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูงโดยใช้ Matlab/Simulink

2. แบบสอบถามนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

   2.1 ด้าน User Functional Requirement Test เป็นการสอบถามความพึงพอใจของระบบที่ออกแบบตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมากน้อยเพียงใด

   2.2 ด้าน Functional Test เป็นการสอบถามความพึงพอใจของการทำงานว่าสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบมากน้อยเพียงใด

   2.3 ด้าน Usability Test เป็นการสอบถามลักษณะการออกแบบระบบว่ามีความง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด

   2.4 ด้าน Security Test เป็นการสอบถามความปลอดภัยของข้อมูลในระบบว่ามีมากน้อยเพียงใด

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องในแบบสอบถามที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยตัวเลขของระดับประสิทธิภาพต่อแบบประเมินแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัย

1. การประเมินระบบด้านความสามารถการทำงานตรงตามความต้องการของผู้ใช้
(ด้าน User Functional Requirement Test)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. สามารถปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ โดยนำเสนอทางจอภาพ					
2. สามารถเลือกและปรับรูปแบบของสายส่งสัญญาณ					
3. สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับโปรแกรมอย่างเหมาะสมตามระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน					
4. สามารถวัดและวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำคำนวณของโปรแกรมได้หลากหลาย					
5. สามารถรวบรวมองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่นำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ					

ปัญหาที่เกิดขึ้น	ข้อควรแก้ไข
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

2. การประเมินระบบด้านหน้าที่การทำงานของระบบ (ด้าน Functional Test)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความถูกต้องในการควบคุมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ					
2. ความถูกต้องในการเลือกและปรับรูปแบบของสายส่งสัญญาณ					
3. ความถูกต้องในการคำนวณของสายส่งสัญญาณแต่ละประเภท					
4. ความถูกต้องในการนำเสนอข้อมูลของสายส่งสัญญาณแต่ละประเภท					
5. ความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม					

ปัญหาที่เกิดขึ้น	ข้อควรแก้ไข
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

3. การประเมินระบบด้านการใช้งานระบบ (ด้าน Usability Test)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ					
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ					
3. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ					
4. ความเหมาะสมในการใช้ข้อความ สัญลักษณ์หรือรูปภาพเพื่ออธิบายสื่อความหมาย					
5. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ					
6. ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้					
7. ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ					

ปัญหาที่เกิดขึ้น	ข้อควรแก้ไข
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

4. การประเมินระบบด้านความปลอดภัยของระบบ (ด้าน Security Test)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. มีการควบคุมความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูลในระบบ					
2. มีการป้องกันความผิดพลาดของระบบจากการใช้งานของผู้ใช้					
3. มีการแจ้งเตือนข้อผิดพลาดในการใส่ข้อมูล					
4. มีการแจ้งเตือนข้อผิดพลาดในการทำงาน					

ปัญหาที่เกิดขึ้น	ข้อควรแก้ไข
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการพัฒนาปรับปรุงระบบ

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่เสียสละเวลาในการตอบแบบประเมินในครั้งนี้

ผู้วิจัย

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานของโปรแกรม

คู่มือการทำงานของโปรแกรมจำลองการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งความถี่สูง โดยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink

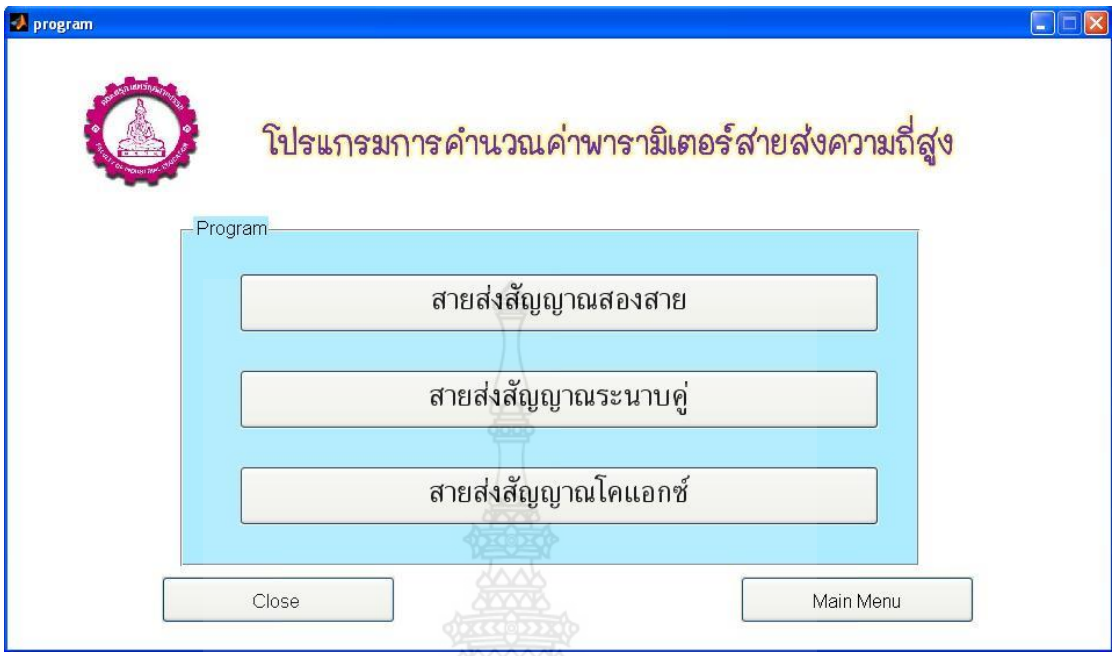
โปรแกรมจำลองการคำนวณค่าพารามเตอร์ของสายส่งความถี่สูง โดยใช้โปรแกรม Matlab/Simulink ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณความถี่สูง แต่ละประเภทตามการใช้งานและความถี่ดังนี้

1. สายส่งสัญญาณแบบสองสาย
2. สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่
3. สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

เริ่มจากเมื่อทำการดับเบิลคลิกที่โปรแกรม Paramater Transmission.exe แล้วจะปรากฏหน้าจอแรกของโปรแกรม จากนั้นให้เลือกปุ่ม Main Menu เพื่อเข้าสู่การเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ หากต้องการออกจากโปรแกรมให้กดปุ่ม Close

หน้าแรกของโปรแกรมการคำนวณค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง

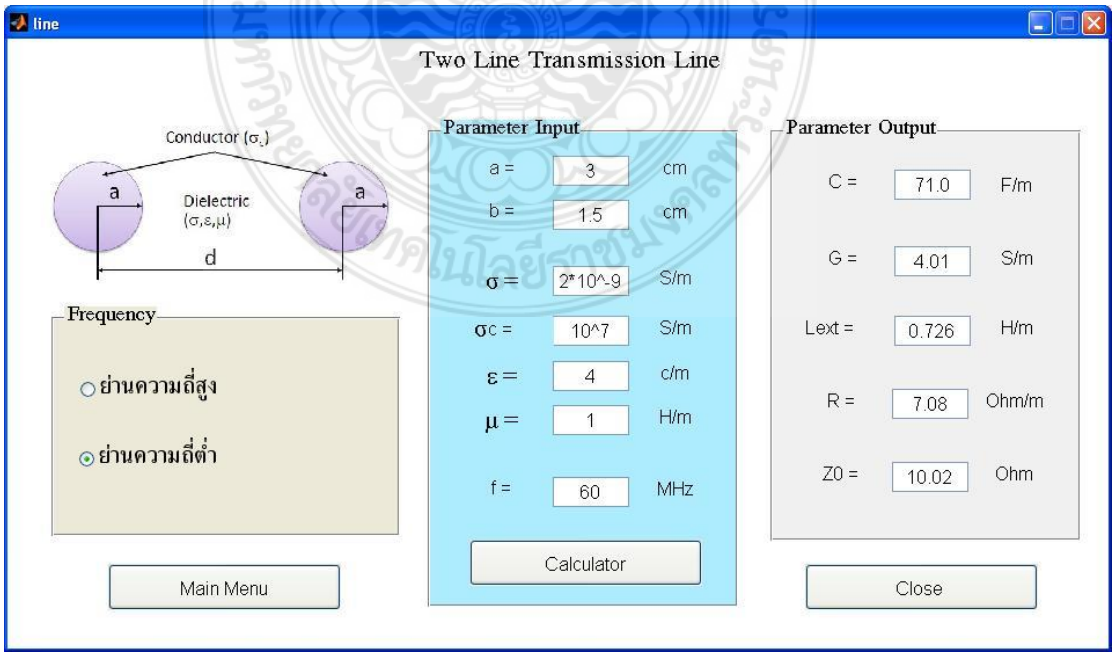
ทำการการเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ ซึ่งโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยทำการพัฒนานี้ แบ่งสายส่งสัญญาณตามประเภทการใช้งานและความถี่ จำนวน 3 สายส่งสัญญาณ ได้แก่ สายส่งสัญญาณแบบสองสาย สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์



หน้าจอแสดงการเลือกการคำนวณสายส่งสัญญาณแบบต่าง ๆ

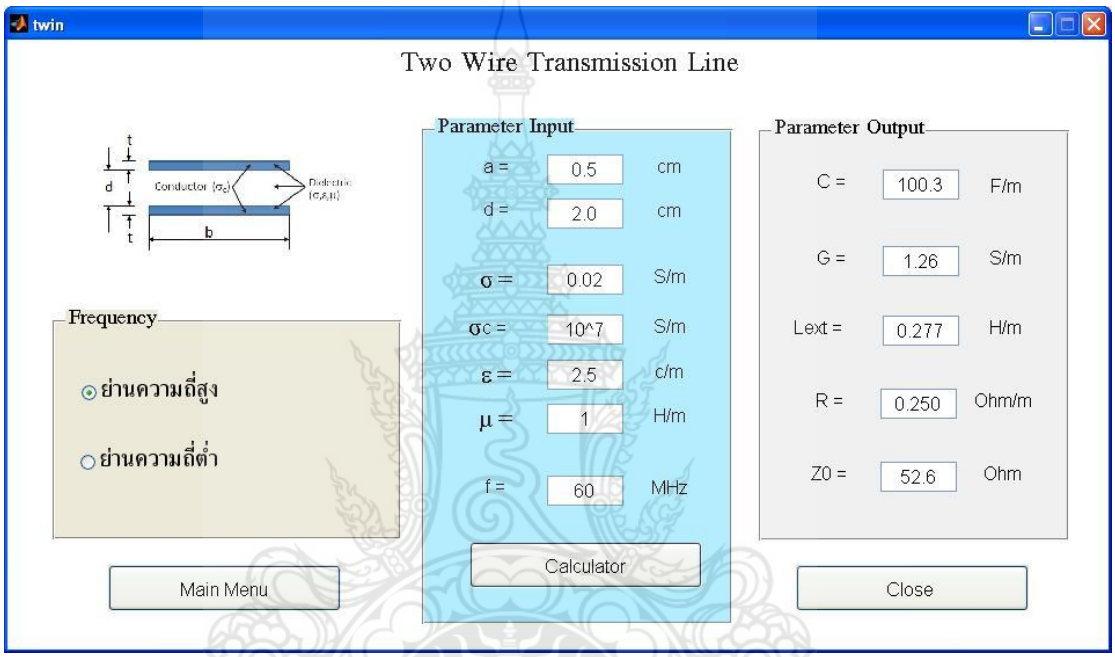
1. สายส่งสัญญาณแบบสองสาย

เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง ได้แก่ รัศมี (a) ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลาง (d) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) , (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป



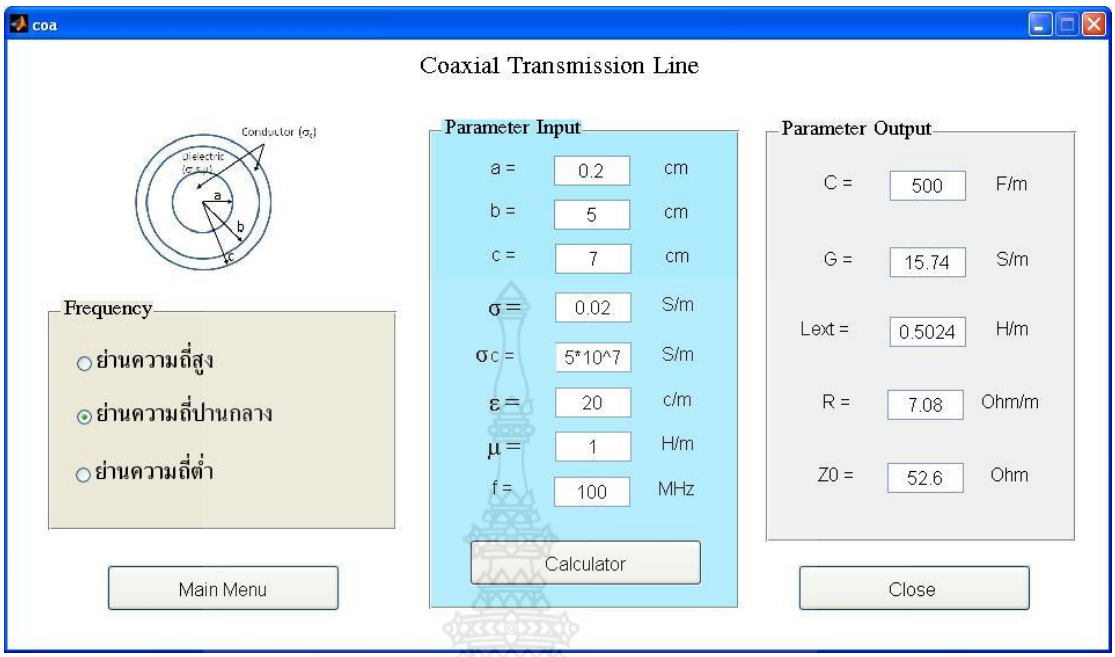
2. สายส่งสัญญาณแบบระนาบคู่

เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง ได้แก่ ความยาวของสาย (b) ระยะห่างระหว่างไดอิเล็กตริก (d) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป ซึ่งสมการคำนวณจะแตกต่างจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสายส่งสัญญาณแบบสองสาย



3. สายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์

เริ่มจากการเลือกย่านความถี่ใช้งาน จากนั้นป้อนค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง ได้แก่ รัศมีของทรงกระบอกใน (a) , รัศมีภายในของทรงกระบอกนอก (b) , รัศมีภายนอกของทรงกระบอกนอก (c) สภาพซึมซาบ (μ) สภาพยอม (ε) และสภาพนำ (σ) , (σ_c) และความถี่ (f) เมื่อป้อนค่าต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งสัญญาณแบบโคแอกซ์ เพื่อนำไปสร้างชิ้นงานจริงหรือนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป


coa
Coaxial Transmission Line
Conductor (σc)
Dielectric
(ε,μ,σ)
a
b
c
Frequency
ย่านความถี่สูง
ย่านความถี่ปานกลาง
ย่านความถี่ต่ำ
Main Menu
Parameter Input
a = 0.2 cm
b = 5 cm
c = 7 cm
σ = 0.02 S/m
σc = 5*10^7 S/m
ε = 20 c/m
μ = 1 H/m
f = 100 MHz
Calculator
Parameter Output
C = 500 F/m
G = 15.74 S/m
Lext = 0.5024 H/m
R = 7.08 Ohm/m
Z0 = 52.6 Ohm
Close

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติ (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) พิสิฐ สอนละ
(ภาษาอังกฤษ) Pisit Sonla

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทร. 084-7192088 e-mail : pisit.s@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คอ.ม. สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2556
ปริญญาตรี	คอ.บ. สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ขอนแก่น	2540

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

-

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

ผลงานวิจัย

ชื่อผลงานวิจัย	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
การพัฒนาชุดสื่อประสมเรื่องสายอากาศไมโครสตริปสำหรับการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม	หัวหน้าโครงการ	2559

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

วารสารระดับนานาชาติ

-

วารสารระดับชาติ

-

การประชุมวิชาการระดับชาติ

พิสิฐ สอนละ และคณะ. 2560. **การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสื่อประสมเรื่องสายอากาศไมโครสตริป.** รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9^{th} RMUTNC). ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุม อิมแพค เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร 7-9 สิงหาคม 2560.

ประวัติ (ผู้ร่วมวิจัย)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) รุ่งอรุณ พรเจริญ
(ภาษาอังกฤษ) Rungaroon Pornchanroen

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทร. 084 680 7894
E-mail : rung_koys@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาเอก	ปร.ด. สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาการสอนเทคนิคศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2555
ปริญญาโท	คอ.ม. สาขาไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2548
ปริญญาตรี	คอ.บ. สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์	2544

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

คอมพิวเตอร์ การวิจัยทางการศึกษา เทคนิคและวิธีการสอน การสร้างหลักสูตร และการจัดฝึกอบรม

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

ผลงานวิจัย

ชื่อผลงานวิจัย	สถานภาพ	แหล่งทุน/ปี
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการประกอบวิชาชีพครูภายใต้ภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจ	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2551
ศึกษาความพร้อมและความต้องการพัฒนาด้านวิชาการของบุคลากร (สายสอน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณผลประโยชน์ของสถาบัน ประจำปี 2551
แนวทางการพัฒนาวินัยนักศึกษาตามความคิดเห็นของบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งบประมาณผลประโยชน์ของสถาบัน	หัวหน้าโครงการวิจัย	งบประมาณผลประโยชน์ของสถาบัน ประจำปี 2556

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย

วารสารระดับนานาชาติ

Rungaroon Sripan and Bandit Suksawat. **Factors Affecting Teaching and Learning of Computer Disciplines at Rajamangala University of Technology**. *US-China Education Review (Journal)*. Vol. 7, No. 12, pp. 33-38, 2010.

วารสารระดับชาติ

รุ่งอรุณ ศรีปาน และ เชาวน์วัฒน์ อุมานนท์. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการประกอบวิชาชีพครูภายใต้ภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจ.** วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ฉบับที่ 7 เล่มที่ 1 หน้า 70-79 (มกราคม – มิถุนายน, 2551)

นุชนาฎ ผ่องพุฒิ และ**รุ่งอรุณ ศรีปาน**. **ศึกษาคุณสมบัติของผู้เรียนที่เข้าสู่กระบวนการผลิตบัณฑิตในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยรามคำแหง ฉบับที่ 11 เล่มที่ 2 หน้า 65 – 70 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2551)

Rungaroon Sripan, Uri Apichatbanlue and Bandit Suksawat. **Design of Practical Learning System for Computer Disciplines by Using Quality Function Deployment Technique.** *The Journal of KITNB*. Vol. 22 , No. 2, pp. 405-415, 2012.

Rungaroon Sripan, Uri Apichatbanlue and Bandit Suksawat. **Comparison of Ability in Classifying Content by Students' Knowledge Level between Teachers Who Learn Through CAI Media and Teachers Who Attend Computer Training Courses**. *RMUTP Research Journal*. Vol. 7 , No. 1, pp. 67-78, 2013.

การประชุมวิชาการระดับชาติ

รุ่งอรุณ ศรีปาน. **ศึกษาความพร้อมและความต้องการพัฒนาด้านวิชาการของบุคลากร (สายสอน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.** การประชุมวิชาการ ประจำปี 2551 มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 431 – 439 (3-4 กรกฎาคม 2551)

นุชนาฎ ผ่องพุฒิ, **รุ่งอรุณ ศรีปาน** และเริงศักดิ์ มานะสุนทร**. การพัฒนารูปแบบการเสริมสร้างภาพลักษณ์ของครูช่างอุตสาหกรรมที่สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.** การประชุมทางวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 3. (18 – 19 ธันวาคม 2551)

รุ่งอรุณ ศรีปาน และบัณฑิต สุขสวัสดิ์. **สภาพและปัญหาการเรียนการสอนกลุ่มวิชาคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.** การประชุมวิชาการ ประจำปี 2552 มหาวิทยาลัยรามคำแหง หน้า 389 – 398 (3-4 พฤศจิกายน 2552)

Rungaroon Sripan. Factor Analysis that Applied E-Learning in Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, **Proceeding of The 5th Rajamangala University of Technology Conference (5th RMUTCON) and The 4th Rajamangala University of Technology International Conference (4th RMUTIC)**, 15-16 July 2013 in Bangkok, Thailand, 2013.

Rungaroon Sripan and Nudchanard Pongput. A Developing Learning Package to Increase a Competency Learning Management and Professional Teacher for Teacher License, **Proceeding of The 5th Rajamangala University of Technology Conference (5th RMUTCON) and The 4th Rajamangala University of Technology International Conference (4th RMUTIC)**, 15-16 July 2013 in Bangkok, Thailand, 2013.

การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

Rungaroon Sripan and Bandit Suksawat. Propose of Fuzzy Logic-Based Students' Learning Assessment. **International Conference on Control, Automation and Systems 2010 (ICCAS 2010),** 27 – 30 October 2010 in KINTEX, Gyeonggi-do, Korea, 2010.

ประวัติ (ผู้ร่วมวิจัย)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) อนุชา ไชยชาญ
(ภาษาอังกฤษ) Anucha Chaichan

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 085-0470927 e-mail : anucha.c@rmutp.ac.th

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	วศม. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2556
ปริญญาตรี	คอ.บ. สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลขอนแก่น	-

ประวัติ (ผู้ร่วมวิจัย)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ภาวนา ชูศิริ

(ภาษาอังกฤษ) Pawana Choosiri

รหัสประจำตัวประชาชน 3230100176952

ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 086-6005319 e-mail : p_choosiri@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คอม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2547
ปริญญาตรี	คอบ. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2540

ประวัติ (ผู้ร่วมวิจัย)

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) วรรณภา มโนสืบ

รหัสประจำตัวประชาชน 3529900208790

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทรศัพท์ 094-8989498 e-mail : mmannapa2@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คอม. ไฟฟ้าสื่อสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2555
ปริญญาตรี	วทบ. ไฟฟ้าอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏฉะเชิงเทรา	2537