การพัฒนาโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB

สุปัญญา สิงห์กรณ์[1*] รุ่งอรุณ พรเจริญ[1] อนุชา ไชยชาญ[1] และภาวนา ชูศิริ[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB และประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย โปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสาร จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ สายส่งสัญญาณคู่ขนาน สายส่งสัญญาณระนาบคู่ และสายส่งสัญญาณโคแอกเชียล และแบบประเมินคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทางด้านการออกแบบ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 83.50 ด้านกระบวนการทำงาน คิดเป็นร้อยละ 84.5 และด้านหน้าที่การทำงาน คิดเป็นร้อยละ 87.50 และการประเมินคุณภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.16,S.D.=0.35) และผลการเปรียบเทียบระหว่างผลของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นกับผลจากทฤษฎี มีความสอดคล้องกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โปรแกรมจำลอง การปฏิบัติการระบบสื่อสาร โปรแกรม MATLAB

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร 086-3896797 อีเมล; Supanya.s@rmutp.ac.th

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI

Development of GUI MATLAB based Simulation Program for Communication Laboratory

Supanya Singkorn[1*] Rungaroon Porncharoen[1] Anucha Chaichan[1] and Pawana Choosiri[1]

Abstract

The objective of this research aims to develop a simulation program of communication laboratory using GUI of MATLAB software, and to evaluate the quality of the developed simulation program by using 5 experts Research tools consist of simulation programs of 3 communication laboratories including parallel wire, twin-plane, and coaxial transmission lines, and quality evaluated form. The research results shown that the developed simulation program is suitable to design section with an average of 83.50 percent, working process section equaled to 84.5 percent and the working functional section equaled to 87.50 percent. The evaluating the quality of the developed simulation program was at high level ($\bar{x} = 4.16, S.D. = 0.35$). Moreover, the comparison between the results of the developed simulation program was consistent with the line theory that the developed MATLAB based simulation program can be used effective to be as a teaching media.

Keywords: Simulation Program, Communication Laboratory, MATLAB Program

[1] Department of Electronic and Telecommunication Engineering, Faculty of Technical Education, Rajamangala Universitr of Technology Phra Nakhon,

*Author Contact, Tel: 086-3896797 e-Mail; Supanya.s@rmutp.ac.th

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI

1. บทนำ

ระบบการสื่อสารมีความจำเป็นในการถ่ายโอนข้อมูลรูปแบบสัญญาณต่างๆ เพื่อให้สัญญาณเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังที่อื่นๆ ได้ เช่น การส่งสัญญาณระหว่างสายอากาศไปยังเครื่องขยายสัญญาณ หรือการติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศที่ห่างไกลกันโดยผ่านเส้นใยนำแสง เป็นต้น การสื่อสารระหว่างบุคคล หรือระหว่างอุปกรณ์ทางระบบโทรคมนาคมนั้น การรับส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับจะมีตัวกลางเป็นสื่อเพื่อนำข่าวสารที่ทำให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยสัญญาณที่ส่งผ่านช่องทางสื่อสารนี้อยู่ในรูปแบบของพลังงานต่างๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

การศึกษาในระดับอุดมศึกษา ในหลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าได้บรรจุวิชาปฏิบัติการระบบสื่อสาร โดยที่ลักษณะรายวิชามีเนื้อหาที่มุ่งเน้นถึง การคำนวณ การวิเคราะห์ และสังเคราะห์รูปสัญญาณ การมอดูเลชัน และดีมอดูเลชันแบบเอเอ็ม เอฟเอ็ม พีเอ็ม พีเอเอ็ม พีซีเอ็ม เอเอสเค เอฟเอสเค พีเอสเค สัญญาณรบกวน การมัลติเพล็ก และดีมัลติเพล็กซ์ ไลน์โค๊ดดิ้ง และการเข้ารหัสเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสัญญาณ ดังนั้นหากนักเรียนมีความรู้เรื่องการคำนวณ การวิเคราะห์ และการออกแบบวงจรแล้วสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับการออกแบบและสร้างปฏิบัติการระบบสื่อสารสายส่งความถี่สูงไมโครสตริปได้ การเรียนการสอนเนื้อหาบางส่วนของปฏิบัติการระบบสื่อสารสายส่งความถี่สูงไมโครสตริป นักศึกษาต้องเข้าใจปรากฏการณ์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นในวงจร แต่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นนักศึกษาต้องใช้จินตนาการในการรับรู้ปรากฏการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวารินี [1] ที่ได้พัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และกัญญวิทย์ [2] ที่ได้ทำการวิจัยในการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการคำนวณวงจรสายส่งความถี่สูงโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB [3] ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะในการเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนและยุ่งยากได้อย่างมีคุณภาพ [4], [5], [6]

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะโปรแกรม MATLAB ที่ได้ถูกนำมาใช้งานและบูรณาการเป็นเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาและการวิจัยทางด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมกันอย่างแพร่หลาย [7], [8], [9], [10] และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ มีความสามารถ และมีทักษะในการวิเคราะห์และคำนวณเชิงตัวเลขเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งสถาบันอุดมศึกษาต่างๆ ได้มีการเปิดจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม เพื่อผลิตบุคลากรเข้าสู่ตลาดแรงงานในยุคเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว แต่ด้วยรายวิชาในหลักสูตรส่วนใหญ่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การคำนวณ การออกแบบ และสังเคราะห์ที่ยากต่อความเข้าใจ นักศึกษาต้องใช้จินตนาการและสร้างมโนภาพกับเนื้อหาวิชาทางด้านโทรคมนาคม และจากการสำรวจข้อมูลจากอาจารย์ผู้สอนในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมทั้งระดับปริญญาตรีและระดับอาชีวศึกษา พบว่าการสอนส่วนใหญ่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนศึกษาทฤษฎีเป็นส่วนใหญ่ ขาดการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้งานจริง ขาดสื่อการสอนหรือเครื่องมือในการปฏิบัติการสำหรับประกอบการเรียนที่จำเป็น ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงทำให้นักศึกษาไม่สามารถวิเคราะห์คำนวณ ปฏิบัติงานและออกแบบวงจรที่เกี่ยวกับทางด้านโทรคมนาคมได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการปฏิบัติการระบบสื่อสาร โดยใช้ GUI MATLAB เพื่อให้ผู้เรียนสามารถคำนวณและออกแบบระบบสื่อสารความถี่สูงได้อย่างมีคุณภาพ อีกทั้งเพื่อพัฒนาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB

2.2 เพื่อหาคุณภาพโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

3.2 ผลการเปรียบเทียบผลการคำนวณหาคุณภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าแตกต่างกันไม่มากกว่า ±1 %

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วงจรสมมูลของสายส่งทั่วๆ แสดงดังรูปที่ 1 และการคำนวณหาความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสบนสายส่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการของ Sending-end value ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรของ Receiving –end valve ดังนี้

$$V_S = f_1(V_R, I_R)$$

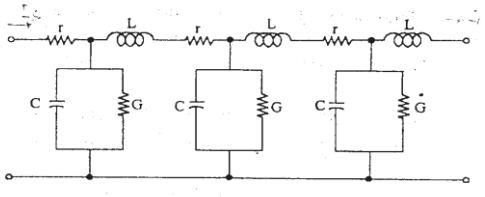
$$I_S = f_2(V_R, I_R)$$

เมื่อ V_S = แรงดันที่ส่งจากต้นทางของสายส่ง

I_S = กระแสที่ส่งจากต้นทางของสายส่ง

V_R = แรงดันด้านรับที่ปลายสายส่ง

I_R = กระแสด้านรับที่ปลายสายส่ง



รูปที่ 1 วงจรสมมูลของสายส่ง

การคำนวณคุณสมบัติของสายส่งระยะสั้น (short – transmission lines) ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะนำมาคำนวณและวิเคราะห์ ได้แก่ Series Impedance ส่วนค่าของ Shunt admittance นั้นสามารถถือว่ามีค่าน้อยมาก สำหรับการวิเคราะห์สายส่งระยะปานกลาง ต้องคำนึงถึงค่า Shunt capacitance ด้วย เพราะสายส่งมีความยาวเพิ่มมากขึ้น ค่าความจุไฟฟ้าจะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ทำให้กระแสอัดประจุ (Charging current) มีผลต่อระบบ ส่วนค่าความนำที่ขนานอยู่กับตัวเก็บประจุนั้น จะมีค่าน้อยมาก และการวิเคราะห์สายส่งระยะยาวจะต้องทำการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ อย่างละเอียด เช่น รีซิสแตนซ์ (Resistance) อินดักทีฟ รีแอกแตนซ์ (Inductive reactance) แอดมิตแตนซ์ขนาน (Shunt admittance) ที่มีค่ากระจายกันอยู่ตลอดช่วงความยาวของสายตัวนำ ดังนั้นการคำนวณหาความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสไฟฟ้าของสายส่งระยะยาว จะใช้วิธีแก้สมการในรูปแบบของฟังก์ชั่นไฮเพอร์โบลิก (hyperbolic function) เป็นสำคัญ

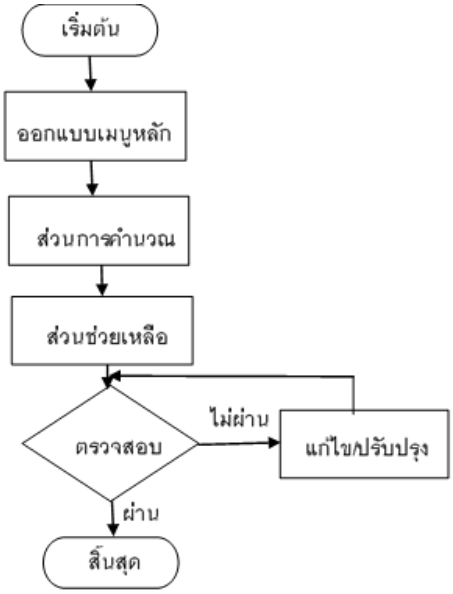
5. การดำเนินการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB คณะผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบการพัฒนาเชิงทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

5.1 ขั้นตอนการออกแบบ

การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมจำลองการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสายส่งความถี่สูง ประกอบด้วยส่วนของการป้อนและการแสดงผลของโปรแกรม ทฤษฎีพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายส่งความถี่สูง ซึ่งโปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยใช้ GUI MATLAB เพื่อความสะดวกในการติดต่อกับผู้ใช้งานโปรแกรม สำหรับการคำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายส่งความถี่สูง ผู้วิจัยได้แบ่งหน้าที่การทำงานออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญดังรูปที่ 2

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI



รูปที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

5.2 การหาคุณภาพของโปรแกรมจำลอง

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยแบบทดลองโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

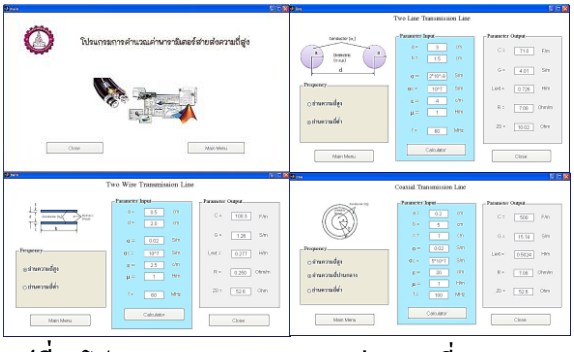
ส่วนที่ 1 การประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เป็นการทดสอบหน้าที่ต่างๆ ของโปรแกรม และโครงสร้างของโปรแกรม

ส่วนที่ 2 การทดสอบระบบของโปรแกรมเป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ที่ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสามารถของระบบ ที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ 2) ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และ 3) ด้านผลลัพธ์ของระบบ โดยใช้การประเมินโดยผู้ใช้งานหรือผู้เชี่ยวชาญ

6. ผลของการวิจัย

6.1 ผลของการพัฒนาโปรแกรมจำลอง

การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB สามารถใช้ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์สายส่งความถี่สูง ในแต่ละประเภทตามการใช้งานและความถี่ แสดงดังรูปที่ 3

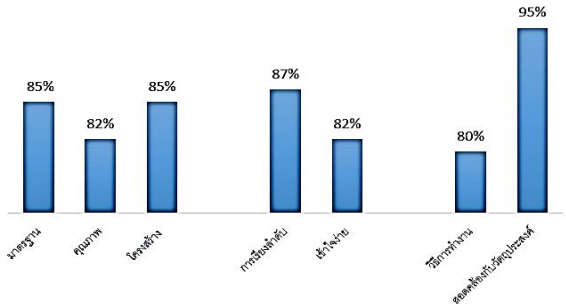


รูปที่ 3 โปรแกรมการคำนวณสายส่งความถี่สูง

6.2 ผลการหาคุณภาพโปรแกรมจำลอง

ผลการประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองสำหรับการปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่า คุณภาพด้านการออกแบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.33% ด้าน กระบวนการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.5% และด้านหน้าที่การทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.5% ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าคุณภาพรวมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.44% แสดงดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลอง

ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบระบบของโปรแกรม พัฒนาขึ้นจำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ด้านการติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ และด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ

ผลการทดสอบจากตารางที่ 1 พบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพการทำงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.16, S.D. = 0.35$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการ

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI

ติดต่อระหว่างระบบกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x} = 4.30, S.D. = 0.54$) รองลงมาได้แก่ ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ($\bar{x} = 4.15, S.D. = 0.31$) และด้านความสามารถของระบบ ($\bar{x} = 4.05, S.D. = 0.25$) เรียงตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงด้านความสามารถของระบบ ควรออกแบบขั้นตอน วิธีการ และโครงสร้างการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น

ลำดับ	รายการแต่ละด้าน	$\bar{x}$	$S.D.$	แปลผล
1	ด้านความสามารถของระบบ	4.05	0.25	มาก
2	ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ	4.15	0.31	มาก
3	ด้านการติดต่อระบบกับผู้ใช้	4.30	0.54	มาก
	รวม	**4.16**	**0.35**	**มาก**

6.3 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณทางทฤษฎี

ผลการเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นกับการคำนวณทางทฤษฎีของสายส่ง ประกอบด้วย 3 ชนิด ได้แก่ สายส่งแบบสองสาย แบบระนาบคู่ และแบบโคแอกซ์ ที่พบว่า ผลการคำนวณที่ได้มีความสอดคล้องกันโดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ±0.5 % ซึ่งสามารถนำไปใช้งานเป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณของสายส่งแบบสองสาย

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ความจุ (C)	71.00 F/m	71.00 F/m	ตรงกัน
ความนำ (G)	4.01 S/m	4.01 S/m	ตรงกัน
ความเหนี่ยวนำ	0.726 H/m	0.726 H/m	ตรงกัน
ความต้านทาน	7.08 Ohm/m	7.08 Ohm/m	ตรงกัน
อิมพีแดนซ์ (Z_0)	10.02 Ohm	10.02 Ohm	ตรงกัน

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณของสายส่งแบบระนาบคู่

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ความจุ (C)	100.3 F/m	100.3 F/m	ตรงกัน
ความนำ (G)	1.26 S/m	1.26 S/m	ตรงกัน
ความเหนี่ยวนำ	0.277 H/m	0.277 H/m	ตรงกัน
ความต้านทาน	0.250 Ohm/m	0.250 Ohm/m	ตรงกัน
อิมพีแดนซ์ (Z_0)	52.6 Ohm	52.6 Ohm	ตรงกัน

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณสายส่งแบบโคแอกซ์

ค่าพารามิเตอร์	ผลการคำนวณจากโปรแกรม	ผลการคำนวณด้วยตนเอง	ผลการเปรียบเทียบ
ความจุ (C)	500 F/m	500 F/m	ตรงกัน
ความนำ (G)	15.74 S/m	15.74 S/m	ตรงกัน
ความเหนี่ยวนำ	0.5024 H/m	0.50 H/m	ตรงกัน
ความต้านทาน	7.08 Ohm/m	7.08 Ohm/m	ตรงกัน
อิมพีแดนซ์ (Z_0)	52.6 Ohm	52.64 Ohm	ตรงกัน

7. สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมจำลองปฏิบัติการระบบสื่อสารโดยใช้ GUI MATLAB โดยออกแบบโปรแกรมจำลอง จากนั้นดำเนินการหาคุณภาพโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น และทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลจากการคำนวณทางทฤษฎี พบว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ตามสมมติฐานที่กำหนด ผลของงานวิจัยสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] W. Weerasin and S. Akatimagool, "The Development of MIASCE Learning Modelbased on the Creative Problem Solving Process for Electromagnetic Wave Education," Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), pp. 328-331, 7-9 Decsetber, Bangkok, Thaialnd, 2016.

[2] k. klinbumrung, U. Pichit, W. Warinee and Akatimagool, "Development of Simulation Media of Micro-strip Transmission Line using Wave Iterative Method," EECON-38, pp. 289-292, 18-20 November, Bangkok, Thaialnd, 2015.

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI

[3] A. Somsak, N. Pinit and R. Kanokwan, Using functions GUI of MATLAB, Bangkok: king Mongkut"s University of Technology North bangkok, Bangkok, Thaialnd, 2017.

[4] K. Klinbumrung and S. Akatimagool, "The development of STEM based instructional tools for transmission line engineering courses," 2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), Bangkok, Thaialnd, 2016.

[5] K. Klinbumrung, S. Tansriwong, and S. Akatimagool, "The Development of Instructional Package on High-frequency Transmission Line Engineering using REPEA Learning Model," 2015 3rd International Conference on Technical Education (ICTechEd3), Bangkok, Thailand, 2015.

[6] A. Sinha, C. Mandal and S. K. Mandal, "Implementation of a GUI to visualize EM fields using MATLAB," 2016 International Conference on Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom), Durgapur, 2016,

[7] K. Tara, A. K. Sarkar, M. A. G. Khan and J. R. Mou, "Detection of cardiac disorder using MATLAB based graphical user interface (GUI)," 2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), Dhaka, 2017,

[8] A. H. M. Nordin, R. F. Mustapa, M. E. Mahadan, N. H. Ahmad and N. Y. Dahlan, "Transformer interactive learning tool based on MATLAB Simulink and GUI," 2017 IEEE 9th International Conference on Engineering Education (ICEED), Kanazawa, 2017,

[9] P. Chayratsami, "Learning Efficiency and Effectiveness of Using MATLAB GUI for a Binary Baseband Communication System," 2017 7th World Engineering Education Forum (WEEF), Kuala Lumpur, 2017,

[10] S. Ghimire, P. K. Dhital and A. K. Mishra, "Small Signal Stability Analysis Toolbox: A MATLAB based GUI," 2019 Second International Conference on Advanced Computational and Communication Paradigms (ICACCP), Gangtok, India, 2019.

เอกสารนี้ยังไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะได้รับเลข DOI