

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB

SIMULATION PROGRAM FOR PASSIVE FILTER CIRCUIT DESIGN
USING MATLAB

ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์
THANUWAT PHUNINLAWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาหาหนทางปรับปรุงมาตรฐานหลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าพลังงาน
บริษัท วิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB

SIMULATION PROGRAM FOR PASSIVE FILTER CIRCUIT DESIGN
USING MATLAB



ฐานวัฒน์ ภูนิลวาเลย์
THANUWAT PHUNINLAWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2550

**SIMULATION PROGRAM FOR PASSIVE FILTER CIRCUIT DESIGN
USING MATLAB**

THANUWAT PHUNINLAWAN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB
ชื่อนักศึกษา	ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลัย
รหัสประจำตัว	45063326
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิตติพงศ์ มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างโปรแกรมที่มีคุณภาพ และหาความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟได้ มีคุณภาพระดับดีขึ้นไป และจากการสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโปรแกรมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ โปรแกรมโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB แบบประเมินคุณภาพ แบบสอบถามความพึงพอใจ การวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพของโปรแกรมจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ อยู่ในระดับ ดี

ผู้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB จากการประเมินของกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจระดับมากในการใช้โปรแกรม

Thesis Title	Simulation Program For Passive Filter Circuit Design Using MATLAB
Student	Acting Sub.Lt.Thanuwat Phuninlawan
Student ID.	45063326
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communication Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Associate Professor Dr.Surasit Ratee
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Kitipong Mano

ABSTRACT

The objectives of this research were to construct and find the quality of the Simulation Program For Passive Filter Circuit Design Using MATLAB .Moreover,it aimed to evaluate the satisfactions of the research sample from using the Simulation Program For Passive Filter Circuit Design Using MATLAB. The hypothesis of this study was that the subject of the Simulation Program For Passive Filter Circuit Design Using MATLAB could conduct with good quality.

Samples were 30 second-year students majoring in Telecommunication Engineering and Electronic Engineering (2 years program) from the Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang .They were selected by the simple random sampling method.

The tool employed in collecting data was the questionnaire. All data were processed by computer program to find out the mean score and the standard deviation.

The research results showed as follow:

- 1.The quality of the Passive Filter Circuit Design Simulation Program Using MATLAB in the media production and contents ,aspects were at the good level.
- 2.The satisfactions of users was at the good level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ รศ.วิสุทธ์ สุนทรกนกพงศ์ และรศ.วรรณ อาจฤทธิ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์นะ รศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ผศ.ดร.วรวงศ์ ตั้งศรีรัตน์ ดร.อรุณี จันทร์ศิลา รศ.วิสุทธ์ สุนทรกนกพงศ์ รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด ผศ.สิทธิชัย บุตรสมัน ผศ.ววิทย์ สมหา และอาจารย์พงษ์เกียรติ เศรษฐพิทักษ์กุล ที่ได้กรุณาอุทิศเวลาให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข เพื่อปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ นุสรรา วรพัฒน์ผดุง ที่ช่วยเหลือและแนะนำด้านการพัฒนาโปรแกรม ขอขอบคุณอาจารย์ ยุวดี อินทร์สำราญ อาจารย์ประมวล เทพคู่ อาจารย์ศิริภาพร ยีนสุข อาจารย์ธโรไท อันทะสาย คุณไพโรรัตน์ สิงหาบุตร ที่ช่วยเหลือด้านสืบค้นข้อมูล และเป็นกำลังใจช่วยเหลือ

ขอกราบขอบพระคุณ ครู-อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ความสามารถ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่รักยิ่งรวมทั้งสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ให้ความรัก ความห่วงใย ช่วยเหลือ สนับสนุน ดูแลเอาใจใส่ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนและบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ และการออกแบบ.....	6
2.1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	6
2.1.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน.....	8
2.1.3 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน.....	8
2.1.4 วงจรกรองแถบความถี่หยุด.....	9
2.1.5 วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟปัดเตอร์เวิร์ธ.....	10
2.1.6 การแปลงความถี่และการปรับค่าอุปกรณ์.....	13
2.1.7 การแปลงวงจรกรองความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองความถี่ต่างๆ.....	15
2.1.8 การออกแบบวงจรกรองความถี่.....	17
2.2 โปรแกรมสำเร็จรูป ทางคณิตศาสตร์.....	23
2.2.1 โปรแกรม Mathcad.....	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.2 โปรแกรม Mathematica.....	24
2.2.3 โปรแกรม Maple.....	24
2.2.4 โปรแกรม MATLAB.....	25
2.3 โปรแกรม MATLAB.....	26
2.3.1 ลักษณะของโปรแกรม MATLAB.....	26
2.3.2 การใช้งานโปรแกรม MATLAB.....	32
2.3.3 การประมวลผลสัญญาณ.....	33
2.3.4 ไฟล์ภาพต่างๆ.....	34
2.3.5 กราฟิกและการพล็อตกราฟ.....	35
2.3.6 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก.....	36
2.4 ความรู้เกี่ยวกับกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	37
2.4.1 การพัฒนาโปรแกรมแบบ Waterfall.....	37
2.4.2 การพัฒนาโปรแกรม และการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลฐานข้อมูล.....	38
2.4.3 กระบวนการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	38
2.5 ทฤษฎีการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์.....	39
2.5.1 ความหมายของสถานการณ์จำลอง.....	39
2.5.2 ประเภทของสถานการณ์จำลองสถานการณ์.....	43
2.5.3 องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง.....	46
2.5.4 ประโยชน์ และข้อจำกัดของสถานการณ์จำลอง.....	47
2.6 หลักการออกแบบกราฟิก.....	49
2.7 การประเมินคุณภาพโปรแกรม และสื่อ.....	51
2.8 ความหมายและการวัดความพึงพอใจ.....	52
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง.....	58
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB	58
3.2.2 แบบประเมินคุณภาพโปรแกรม.....	59
3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ.....	59
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
3.3.1 การสร้างระบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	60
3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	64
3.3.3 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	66
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	69
3.5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	69
3.5.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	70
4.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และอภิปรายผล.....	76
5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	76
5.2 สมมติฐานการวิจัย.....	76
5.3 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง.....	77
5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	77

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	78
5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
5.7 สรุปผลการวิจัย.....	79
5.8 อภิปรายผล.....	79
5.9 ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	85
ภาคผนวก ก. แบบประเมินคุณภาพ และแบบสอบถามความพึงพอใจ.....	86
ภาคผนวก ข. ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่ แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	99
ภาคผนวก ง. ผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือราชการ.....	109
ประวัติผู้เขียน.....	124

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับการหาผลตอบสนองความถี่.....	34
2.2 ฟังก์ชันคำสั่งเกี่ยวกับภาพ.....	34
2.3 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับกราฟิก และการพล็อตกราฟ.....	35
2.4 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับการพล็อตกราฟลอการิทึม.....	35
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบ พาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา.....	71
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบ พาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ.....	72
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากร 30 คน.....	73
4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรม จำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB... ..	74
ข.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่ แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา.....	95
ข.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่ แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ.....	96
ข.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากร 30 คน.....	97
ข.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรมเกี่ยวกับความเหมาะสมของ โปรแกรมจำลอง สถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	98

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านในอุดมคติ.....	6
2.2 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่จากการประมาณ.....	7
2.3 ตัวอย่าง Specification ของ วงจร Low Pass Filter.....	7
2.4 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร High Pass Filter.....	8
2.5 Specification ของวงจร High Pass Filter.....	8
2.6 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Pass Filter.....	8
2.7 Specification ของวงจร Band Pass Filter.....	9
2.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Stop Filter.....	9
2.9 Transfer Function ของ Low Pass Filter ในอุดมคติ.....	12
2.10 วงจร Lossless Ladder.....	14
2.11 วงจร Doubly Terminal Ladder Filter.....	14
2.12 อุปกรณ์ในวงจร Filter แบบต่างๆ.....	17
2.13 ขั้นตอนการออกแบบวงจรกรอง.....	17
2.14 กราฟผลตอบสนองทางขนาดแบบบัตเตอร์เวิร์ทที่อันดับ (n) ต่างๆ เมื่อ $H_0 = 1$	18
2.15 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Butterworth Low Pass Filter.....	19
2.16 ขั้นตอนการออกแบบวงจร High Pass Filter.....	20
2.17 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Band Pass Filter.....	21
2.18 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Band Stop Filter.....	22
2.19 หน้าต่างคำสั่งของโปรแกรม MATLAB.....	27
2.20 การใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	29
2.21 หน้าต่างเครื่องมือในการสร้างและปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของ handle Graphics objects....	30
2.22 ตัวอย่างการใช้ Simulink ของโปรแกรม MATLAB.....	31
2.23 ตัวอย่างไลบรารีของ Blocksets สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง.....	31
2.24 หน้าต่างสำหรับเขียน โปรแกรมด้วย M-file.....	32
2.25 ตัวอย่างการเขียน โปรแกรมด้วย M-file.....	33
2.26 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรม MATLAB.....	36
2.27 แผนภูมิขั้นตอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง.....	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	63
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจร กรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB.....	66
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบ วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	68
ค.1 ส่วนประกอบของโปรแกรมออกแบบวงจรกรองความถี่พาสซีฟ.....	100
ค.2 การเข้าสู่หน้าต่างเมนูหลัก.....	102
ค.3 การกำหนดคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ที่ต้องการ.....	102
ค.4 ผลการออกแบบวงจรกรองความถี่ที่ต้องการ.....	103
ค.5 กราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรที่ออกแบบได้.....	103
ค.6 ลักษณะเฉพาะของ วงจร Low Pass Filter.....	104
ค.7 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	104
ค.8 รูปแบบการต่อวงจร Low Pass Filter.....	105
ค.9 ลักษณะเฉพาะของวงจร High Pass Filter.....	105
ค.10 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร High Pass Filter.....	105
ค.11 รูปแบบการต่อวงจร High Pass Filter.....	106
ค.12 ลักษณะเฉพาะของวงจร Band Pass Filter.....	106
ค.13 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Pass Filter.....	106
ค.14 รูปแบบการต่อวงจร Band Pass Filter.....	107
ค.15 ลักษณะเฉพาะของวงจร Band Stop Filter.....	107
ค.16 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Stop Filter.....	107
ค.17 รูปแบบการต่อวงจร Band Stop Filter.....	108

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและการศึกษาในปัจจุบัน เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ทุกหน่วยงาน มีแนวความคิดที่จะพัฒนาหน่วยงานของตนให้เจริญก้าวหน้าโดยการจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับสภาพความต้องการ และความสอดคล้องในการพัฒนาประเทศอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะประเทศไทยต้องมีการพัฒนาด้านการศึกษาให้ทันกับความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิชาการและเทคโนโลยี โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านสื่อสารและโทรคมนาคม ได้รับการพัฒนาและมีความเจริญก้าวหน้าไปได้ไกล ดังจะเห็นได้จากระบบการรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณภาพสื่อสารข้อมูล เครื่องมือวัดและตรวจสอบต่าง ๆ และมีแนวโน้มจะขยายตัวเข้าไปมีบทบาทต่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอื่น ๆ แทบทุกด้าน

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านสื่อสารและโทรคมนาคม มีความเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของการส่งข่าวสารผ่านโทรศัพท์มือถือหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ เคเบิลทีวี ระบบสื่อสารวิทยุ หรือแม้แต่การสื่อสารผ่านดาวเทียม ทำให้เทคโนโลยีทางด้านสื่อสารและโทรคมนาคมของประเทศไทยตื่นตัวเป็นอย่างมาก

การพัฒนางานด้านอิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม จะเกิดขึ้นได้ต้องมีการออกแบบและทดลองวงจรนั้นก่อนนำมาใช้งาน ซึ่งบ่อยครั้งที่การออกแบบหรือทดลองวงจร จะต้องประสบกับปัญหาการรบกวนของสัญญาณจากภายนอกที่ไม่ต้องการ ซึ่งมีช่วงความถี่เดียวกับความถี่ที่ใช้งานภายในวงจร ทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบขึ้นหรือกำลังทดลองอยู่เกิดการทำงานที่ผิดพลาดไป โดยส่วนมากแล้วเมื่อผู้ออกแบบทราบถึงสาเหตุของปัญหาก็มักจะเลือกนำวงจรกรองความถี่ (Filter) ประเภทต่าง ๆ มาใช้ เช่น วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) , วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) , วงจรกรองความถี่แบบแบนด์พาส (Band pass filter) หรือ วงจรกรองความถี่แบบแบนด์รีเจกต์ (Band reject filter) (ศิวิเมธ, 2542 อ้างในดิเรก เม่งเตียน 2548:1-2)

ดร.จิริยุทธ์ มหัทธนกุล (2541) กล่าวว่า วัฏจักรกรองความถี่เป็นวงจรที่สำคัญมากในงานด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ ด้าน เช่น ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ไม่ต้องการในระบบสื่อสาร ใช้ในการกำจัดไซด์แบนด์ (Sideband) ในระบบสื่อสารแบบไซด์แบนด์เดี่ยว (Single sideband) ใช้ในการดีมอดูเลต (Demodulate) สัญญาณ ใช้ในการตรวจจับ (Detect) สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแบบดิจิทัล เป็นต้น จะเห็นได้ว่าวงจรกรองความถี่แบบต่าง ๆ

สามารถนำไปใช้ได้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลาย ๆ วงจร ซึ่งวงจรกรองความถี่นั้นจะมีทั้งแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟโดยวงจรแบบพาสซีฟจะเป็นวงจรพื้นฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรเป็นตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่สามารถซื้อหาได้ทั่วไป ส่วนวงจรแบบแอคทีฟจะใช้โอปแอมป์เป็นอุปกรณ์หลักในการออกแบบต้องเลือกโอปแอมป์ที่ทำให้วงจรทำงานตามต้องการได้ ซึ่งโอปแอมป์แต่ละเบอร์ก็มีข้อจำกัดในการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในการออกแบบวงจรกรองความถี่ในงานหลาย ๆ ด้านจึงมีการเลือกใช้วงจรแบบพาสซีฟเพราะไม่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของอุปกรณ์มากนัก แต่การออกแบบวงจรเพื่อให้ระบบมีคุณสมบัติตามที่ต้องการจะมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก และต้องมีการทดสอบวงจรถ้าก่อนนำไปใช้จริง

วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit) มีความสำคัญอย่างยิ่งในพื้นฐานการเรียนการสอนทางด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม ฟิสิกส์ประยุกต์ และทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ดังจะมีเนื้อหาอยู่ในหลายรายวิชาเช่น วิชาโอปแอมป์ วิชาการประมวลผลสัญญาณเชิงเลข วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ วิชาการออกแบบวงจรกรองความถี่อะนาล็อก วิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น และในด้านการออกแบบใช้งานเชิงอุตสาหกรรมก็มีความจำเป็น ซึ่งพัฒนาจากกระบวนการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาสู่กระบวนการประยุกต์ใช้งานในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบอะนาล็อกในวงจรของเครื่องมือสื่อสาร วิทยุโทรทัศน์ ในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งไม่ได้จำกัดเพียงกลุ่มวิศวกร ครู อาจารย์ นักเรียน นักศึกษาเท่านั้นที่ใช้งานและสนใจยังมีกลุ่มนักวิจัย นักประดิษฐ์ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องจนถึงผู้สนใจในด้านการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟที่ใช้งานหรือต้องการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งการออกแบบวงจรกรองความถี่ดังกล่าวเป็นการใช้คณิตศาสตร์ชั้นสูงมาช่วยเพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งมักประสบปัญหาทางด้านเวลาที่ใช้ในการคำนวณค่อนข้างมาก อีกทั้งไม่เกิดความคล่องตัวในการออกแบบจากการปรับเปลี่ยนค่าตัวอุปกรณ์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อฝึกและช่วยออกแบบวงจรที่สามารถวิเคราะห์ รูปสัญญาณทั้งในเชิงเวลา (Time Domain) และการวิเคราะห์สัญญาณในเชิงความถี่ (Frequency Domain) ถือเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในทางการศึกษาและการออกแบบวงจรทางด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม ฟิสิกส์ประยุกต์ และทางอิเล็กทรอนิกส์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะแก้ปัญหาข้างต้นโดยการพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมุ่งหวังให้โปรแกรมที่นำเสนอสามารถแสดงผลการออกแบบในรูปแบบของวงจรจริง และกราฟการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แต่ละชนิด ซึ่งแสดงการวิเคราะห์สัญญาณในเชิงเวลา และการวิเคราะห์สัญญาณในเชิงความถี่ ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่มีคุณภาพ

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรม จำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด ในการพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยยึดแนวขั้นตอนของ จรณิต แก้วกั้วาน(2540:72-74) ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Water fall ทำให้เกิดเป็นชีวิตของซอฟต์แวร์ (Software life cycle) มีกระบวนการทั้งหมด 5 ขั้นตอน ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ และการกำหนดขอบเขตงาน (Requirement Analysis and Definition)
2. การออกแบบระบบ และซอฟต์แวร์ (System and Software Design)
3. การกำหนดสร้าง และทดลองหน่วยย่อย (Implementation and Unit testing)
4. การเชื่อมโยง และการทดสอบทั้งระบบ (Implementation and System testing)
5. การติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance)

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ มีคุณภาพระดับดี ขึ้นไป

2. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB จากการสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง มีความความพึงพอใจโปรแกรมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ข้อยกจำกัด และข้อตกลงเบื้องต้น

1. การพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB มีรายละเอียดดังนี้

- 1.1 ทำงานภายใต้โปรแกรมหลัก MATLAB
- 1.2 การใช้งาน สามารถเลือกหน้าที่การทำงานแบบเมนูเลือก
- 1.3 สามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรพารามิเตอร์ได้ตามชนิดของวงจรกรองความถี่
- 1.4 แสดงผลการออกแบบในรูปแบบของกราฟการตอบสนองในเชิงเวลา

(Time Domain) และเชิงความถี่ (Frequency Domain)

1.5 แสดงผลการออกแบบในรูปวงจรมีความถี่ที่ขึ้นตรงกับความถี่
ละ 2 รูปแบบ แบบเมนูเลือก

2. การออกแบบวงจรความถี่ มีหลักการดังนี้

2.1 ใช้ทฤษฎีการประมาณแบบบัตเตอร์เวิร์ท (Butterworth) โดยมีค่าความต้านทาน
ด้านอินพุตเท่ากับด้านเอาต์พุต ($R_S = R_L$)

2.2 วงจรความถี่ที่ออกแบบเป็นแบบพาสซีฟ ดังนี้

2.2.1 วงจรความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

2.2.2 วงจรความถี่สูงผ่าน (High pass filter)

2.2.3 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter)

2.2.4 วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter)

1.5.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือผู้ที่
สนใจในการออกแบบวงจรความถี่แบบพาสซีฟ

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30
คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. คุณภาพ ของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB

2. ความพึงพอใจ ของผู้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรความถี่
แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรม MATLAB หมายถึง โปรแกรมภาษาขั้นสูงใช้สำหรับการคำนวณตัวเลข
นิยมใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ที่ใช้ควบคุม Flow Statements

ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูล อินพุต/เอาต์พุต และลักษณะโปรแกรม Object - Oriented Programming

2. วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ(Passive Filter)หมายถึง วงจรกรองสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Analog Filter) ที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำ ใช้ในการกรองสัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz (สัญญาณไฟ DC) ไปจนถึงประมาณ 300 MHz โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter) วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter)

3. การจำลองสถานการณ์ (Simulation) หมายถึง การถ่ายแบบสถานการณ์ การทำงาน ที่แสดงผลเสมือนการทำงานจริง มากที่สุดโดยใช้โปรแกรม MATLAB

4. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านวงจรกรองความถี่และสัญญาณ และทางคณิตศาสตร์ โดยมีประสบการณ์การทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี

5. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านคุณภาพ หมายถึง อาจารย์หรือวิศวกร ผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือการถ่ายแบบสถานการณ์ การทำงาน

6. คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจร หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน ของโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรโดยมีคุณภาพระดับดีขึ้นไปจากการประเมินของกลุ่มตัวอย่าง

7. ความพึงพอใจ ของผู้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจร หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ที่เกิดจากการปฏิบัติงานในทางบวก เกิดความสุข จากผลความสำเร็จ และเป็นตามความคาดหวัง

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ผู้วิจัยได้ศึกษาศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆ เช่นหนังสือ และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

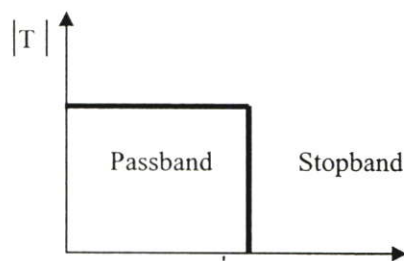
- 2.1 วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ และการออกแบบ
- 2.2 โปรแกรมสำเร็จรูป ทางคณิตศาสตร์
- 2.3 โปรแกรม MATLAB
- 2.4 ความรู้เกี่ยวกับกรอบแนวคิดในการวิจัย
- 2.5 ทฤษฎีการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์
- 2.6 หลักการออกแบบกราฟิก
- 2.7 การประเมินคุณภาพโปรแกรม และสื่อ
- 2.8 ความหมาย และการวัดความพึงพอใจ
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ และการออกแบบ

จิรัช มหัทธนกกุล (2541:1-7) วงจรกรองพาสซีฟเป็นวงจรกรองสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Analog Filter) ที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำ ใช้ในการกรองสัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz (สัญญาณไฟ DC) ไปจนถึงประมาณ 300 MHz แต่ไม่นิยมใช้ในย่านความถี่ต่ำ เพราะต้องใช้ขดลวดเหนี่ยวนำขนาดใหญ่ทำให้เกิดความสูญเสีย (Loss) มาก

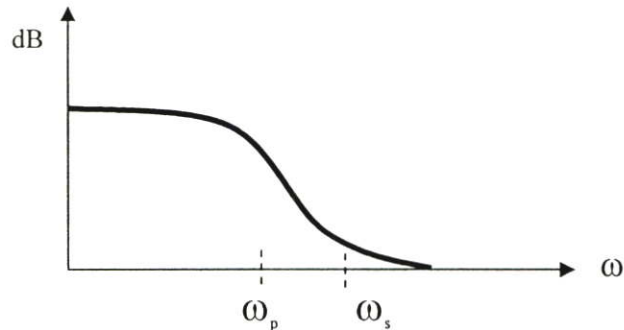
โดยทั่วไปประเภทของวงจรกรองสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของผลตอบสนองทางความถี่ (Frequency Response) ดังนี้

2.1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter.)



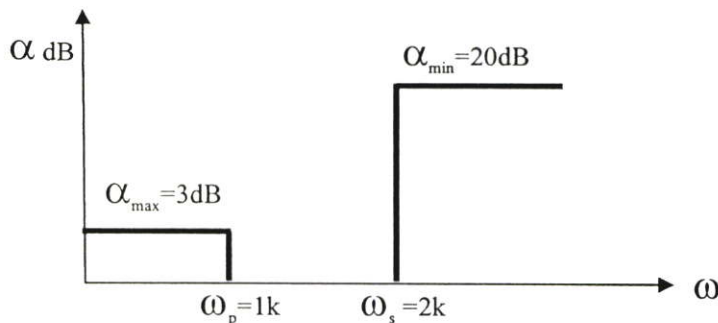
ภาพที่ 2.1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านในอุดมคติ

เป็นวงจรที่ยอมให้สัญญาณความถี่ต่ำผ่านและกั้นสัญญาณความถี่สูงไว้ ดังภาพที่ 2.1 แสดงผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านในอุดมคติ โดยเรียกย่านความถี่ที่วงจรยอมให้ผ่านว่า ย่านความถี่ผ่าน (Passband) หรือแบนด์วิดท์ (Bandwidth : BW) ของวงจร ส่วนย่านความถี่ที่วงจรไม่ยอมให้ผ่าน เรียกว่า ย่านความถี่หยุด (Stopband) จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า ย่านความถี่ผ่านอยู่ระหว่าง 0 และ ω_c โดยเรียกความถี่ ω_c ว่าความถี่คัตออฟ (Cut - Off frequency)



ภาพที่ 2.2 ผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่จากการประมาณ

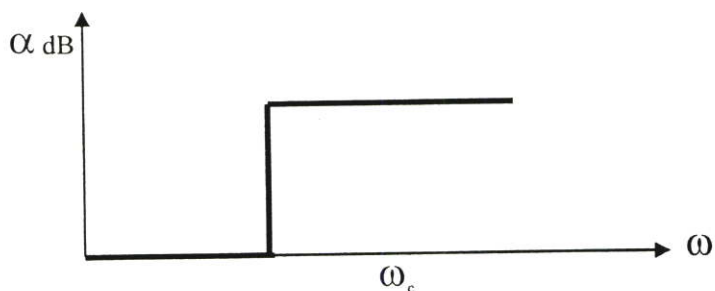
จากภาพที่ 2.2 แบนด์วิดท์ คือ ย่านความถี่ที่อัตราขยายของวงจรตกลงมาจากค่าอัตราขยายสูงสุดไม่เกินค่าที่กำหนด (โดยปกติกำหนดไว้ไม่เกิน 3 dB) ย่านความถี่ผ่านอยู่ระหว่าง 0 ถึง ω_p และย่านความถี่หยุดเป็นช่วงความถี่ที่มากกว่า ω_s ส่วนย่านความถี่ระหว่าง ω_p และ ω_s เรียกว่า ย่านความถี่เปลี่ยน (Transition Band)



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่าง Specification ของ วงจร Low Pass Filter

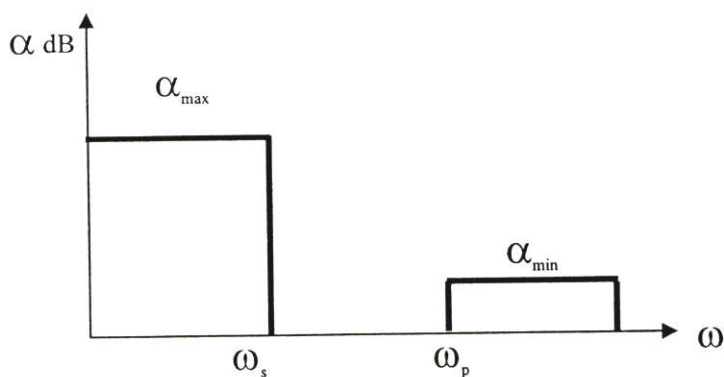
จากภาพที่ 2.3 หมายความว่า ที่ความถี่ 1 kHz จะมีการลดทอน 3 dB
 ที่ความถี่ 2 kHz จะมีการลดทอน 20 dB

2.1.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter.)



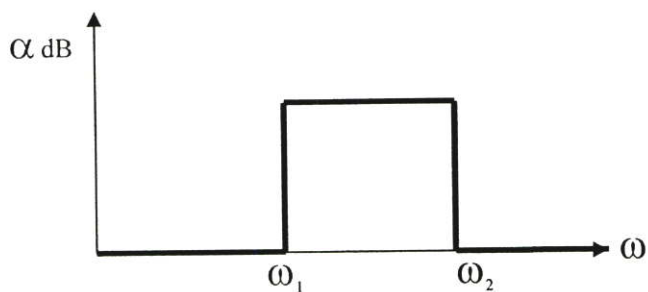
ภาพที่ 2.4 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร High Pass Filter

เป็นวงจรที่ยอมให้สัญญาณความถี่สูงผ่าน และกั้นสัญญาณความถี่ต่ำไว้



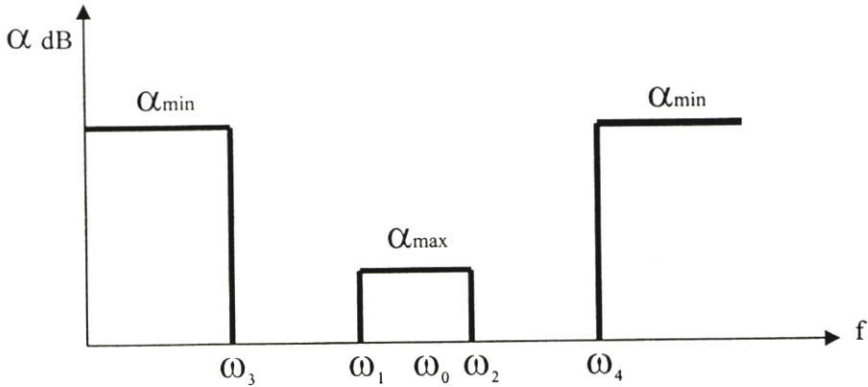
ภาพที่ 2.5 Specification ของวงจร High Pass Filter

2.1.3 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter.)



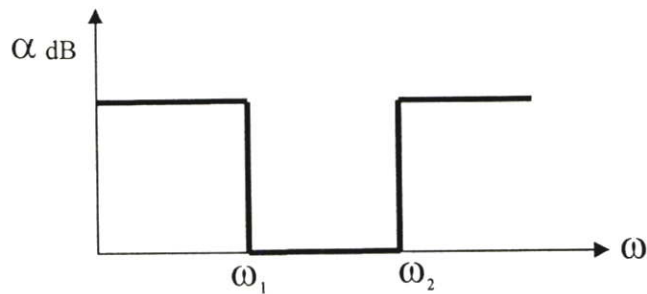
ภาพที่ 2.6 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Pass Filter

เป็นวงจรกรองที่ยอมให้สัญญาณในช่วงความถี่ใดๆ ผ่านได้ ดังภาพที่ 2.6 ถ้าให้ ω_1 และ ω_2 เป็นจุดปลายของย่านความถี่ผ่าน โดย $\omega_1 < \omega_2$ จะได้แบนด์วิดท์ของวงจร (Bandwidth : BW) คือ $BW = \omega_2 - \omega_1$ ความถี่กึ่งกลาง (Center Frequency : ω_0) คือ $\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$



ภาพที่ 2.7 Specification ของวงจร Band Pass Filter

2.1.4 วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter.)



ภาพที่ 2.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Stop Filter

จะทำหน้าที่ตรงข้ามกับวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน คือ จะไม่ให้สัญญาณช่วงความถี่ใดๆ ผ่าน และยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงความถี่นั้นผ่านได้

2.1.5 วงจร กรองความถี่แบบพาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth Passive Filter)

วงจร กรองความถี่แบบพาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth Passive Filter) เป็นวงจรกรองความถี่ ประเภทหนึ่งซึ่งใช้วิธีประมาณแบบบัตเตอร์เวิร์ธ มีความสามารถ คือ

- วงจร Butterworth Passive Filter สามารถใช้งานที่ความถี่สูงๆ ได้
- มีค่า sensitivity (ค่าความไว) ระหว่างค่า Q กับค่า C, L ต่ำ คือเมื่อ C และ L เปลี่ยนจะมีผลต่อค่า Q น้อยมาก
- มีการเปลี่ยนช่องระหว่าง Passband กับ Stopband อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะใกล้เคียงกับคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ในอุดมคติ

Butterworth Response

รูปแบบทั่วไปของ Transfer Function จะอยู่ในรูปสมการพหุนาม (Polynomial) คือ

$$T(j\omega) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{a_n \omega^n + a_{n-1} \omega^{n-1} + \dots + a_0}{b_m \omega^m + b_{m-1} \omega^{m-1} + \dots + b_0} \quad (2-1)$$

เขียนให้อยู่ในรูปของส่วนจริงและส่วนจินตภาพได้เป็น

$$T(j\omega) = \text{Re}[T(j\omega)] + j \text{Im}[T(j\omega)] \quad (2-2)$$

จากสมการ (2-2) ส่วนจริงเป็นฟังก์ชันคู่ และส่วนจินตภาพเป็นฟังก์ชันคี่ เมื่อแทน $j\omega$ ด้วย $-j\omega$ จะทำให้เครื่องหมายของจินตภาพเปลี่ยนเป็น

$$T(-j\omega) = \text{Re}[T(j\omega)] - j \text{Im}[T(j\omega)] \quad (2-3)$$

ซึ่งฟังก์ชันในสมการที่ (2-3) นี้จะเป็นสังยุค (Conjugate) ของ $T(j\omega)$ เมื่อ * คือ สังยุค (Conjugate) ดังนั้น

$$T(-j\omega) = T^*(j\omega) \quad (2-4)$$

เมื่อนำสมการที่ (2-2) คูณกับสมการที่ (2-3) จะได้ขนาดของ Transfer Function ยกกำลัง 2 คือ

$$[T(j\omega)][T^*(j\omega)] = (\text{Re}T(j\omega))^2 + (j \text{Im}T(j\omega))^2 = |T(j\omega)|^2 \quad (2-5)$$

ถ้าสมมติว่า $T(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega}$ ดังนั้น

$$[T(-j\omega)][T^*(j\omega)] = \frac{1}{1 - j\omega} \times \frac{1}{1 + j\omega} \quad (2-6)$$

$$|T(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + j\omega^2} \quad (2-7)$$

จากสมการที่ (2-7) เมื่อแทนสมการที่ (2-5) ด้วย สมการที่ (2-7)

$$|T(j\omega)|^2 = T(\omega^2) \quad (2-8)$$

และเมื่อแทนสมการที่ (1-1) ด้วยสมการที่ (1-8) จะได้ขนาดของ Transfer Function ยกกำลัง 2 คือ

$$|T(j\omega)|^2 = \frac{a_n \omega^{2n} + a_{n-1} \omega^{2n-2} + \dots + a_0}{b_n \omega^{2n} + b_{n-1} \omega^{2n-2} + \dots + b_0} \quad (2-9)$$

$$\begin{aligned} |T(j\omega)|^2 &= \frac{a_0 + a_1 \omega^2 + a_2 \omega^4 + \dots + a_n \omega^{2n}}{b_0 + b_1 \omega^2 + b_2 \omega^4 + \dots + b_n \omega^{2n}} \\ &= \frac{A(\omega^2)}{B(\omega^2)} \end{aligned} \quad (2-10)$$

จากสมการที่ (2-10) เมื่อหารกันแล้วจะได้ว่า

$$|T(j\omega)|^2 = [1 + (b_1 - a_1)\omega^2 + (b_2 - a_2 + a_1^2 - a_1 b_1)\omega^4 + \dots] \quad (2-11)$$

จาก Maclaurin series ที่ $\omega = 0$ มีรูปแบบคือ

$$F(\omega) = F(0) + \frac{F^{(1)}(0)\omega}{1!} + \frac{F^{(2)}(0)\omega^2}{2!} + \frac{F^{(3)}(0)\omega^3}{3!} + \frac{F^{(4)}(0)\omega^4}{4!} + \dots \quad (2-12)$$

จากสมการที่ (2-11) และ (2-12) จะพบว่าสัมประสิทธิ์ของ ω ที่กำลังเป็นเลขคี่ = 0

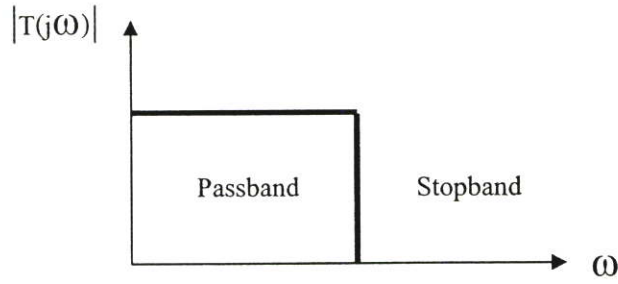
$$\text{นั่นคือ} \quad \frac{F^{(1)}(0)}{1!} = \frac{F^{(3)}(0)}{3!} = \frac{F^{(2n-1)}(0)}{(2n-1)!} = 0 \quad (2-13)$$

นั่นหมายความว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ $|T(j\omega)|^2$ เมื่อ ω เปลี่ยนแปลงไปและ Transfer Function จะมีความราบเรียบมากที่สุดเมื่อสัมประสิทธิ์หน้า ω ที่ยกกำลังคู่เป็น 0 ดังนั้น จากสมการที่ (2-11) จะได้ว่า $a_i = b_i$ เมื่อ $i = 0, 1, 2, \dots$

เมื่อ $a_i = b_i$ สมการที่ (2-11) จะได้

$$|T(j\omega)|^2 = 1 = T(j\omega) \text{ ซึ่งไม่ว่าความถี่จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร } T(j\omega) \text{ ก็จะคงที่}$$

เมื่อนำมาใช้กับ Low Pass Filter



ภาพที่ 2.9 Transfer Function ของ Low Pass Filter ในอุดมคติ

ในอุดมคตินั้นที่ความถี่ต่ำจะมี Transfer Function ตามที่กำหนดและจะลดลงมาในช่วง Stopband ในทันทีที่ความถี่สูงเพราะฉะนั้นจากสมการที่ (2-14)

$$|T(j\omega)|^2 = \frac{a_0 + a_1\omega^2 + a_2\omega^4 + \dots + a_n\omega^{2n}}{b_0 + b_1\omega^2 + b_2\omega^4 + \dots + b_n\omega^{2n}} \quad (2-14)$$

ถ้าต้องการให้เป็น Transfer Function ของวงจร Low Pass Filter กำหนดให้ $a_0 = b_0$ และ $a_1, a_2, \dots, a_n = 0$ และเนื่องจาก $a_i = b_i$ ดังนั้นจึงได้

$$|T(j\omega)|^2 = \frac{a_0}{b_0 + b_n\omega^{2n}} \quad (2-15)$$

แต่จริงๆ แล้วนั้น $b_n = 0$ ด้วย เมื่อต้องการให้ Transfer Function ลดลงอย่างรวดเร็ว ใกล้เดียวกับทางอุดมคติจึงให้เหลือพจน์นี้ไว้โดยให้ $b_n = \left[\frac{1}{\omega_0} \right]^{2n}$, $a_0 = b_0 = 1$

$$|T_n(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{2n}} \quad (2-16)$$

ผลตอบสนองที่ได้ตามสมการที่ (2-16) ก็คือ Butterworth Response ถ้า Normalize ให้ $\omega_0 = 1$ จะได้

$$|T_n(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^{2n}}} \quad (2-17)$$

จากสมการที่ (2-17) จะได้คุณสมบัติบางประการของ Butterworth Response คือ

1. $|T_n(j0)| = 1$; วงจรกรองความถี่จะมี Order เท่าใดก็ตามถ้า $\omega = 0$ แล้ว $T = 1$ เสมอ
2. $|T_n(j1)| = \frac{1}{\sqrt{2}}$; วงจรกรองความถี่จะมี Order เท่าใดก็ตามถ้า $\omega = 1$ แล้ว $T = \frac{1}{\sqrt{2}}$ เสมอ
3. เมื่อความถี่สูงขึ้น และ n มีค่ามากขึ้น แล้วความชันของกราฟจะเข้าสู่ ∞

การหาอันดับ (Order : n)

ประสิทธิภาพของวงจรจะถูกกำหนดด้วยจำนวนของอุปกรณ์พาสซีฟ (Passive Element) ได้แก่ ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) และตัวเก็บประจุ (Capacitor) ซึ่งค่าของอันดับ (n) จะอธิบายถึงจำนวนของอุปกรณ์ดังกล่าว โดยที่ค่าของอันดับจะมีค่าตั้งแต่ 1,2,3... ไปจนถึง ∞ เพื่อให้ได้วงจรที่ใกล้เคียงกับอุดมคติมากที่สุด

สูตรที่ใช้ในการคำนวณอันดับ คือ

$$n = \frac{\log \left[\left(10^{\frac{\alpha_{\min}}{10}} - 10 \right) / \left(10^{\frac{\alpha_{\max}}{10}} - 10 \right) \right]}{2 \log \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right)} \quad (2-18)$$

2.1.6 การแปลงความถี่ และการปรับค่าอุปกรณ์

เป็นการเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์ในวงจรต้นแบบให้ได้ค่าของอุปกรณ์จริงเพื่อนำไปใช้งานในความถี่ที่เราต้องการ โดย

$$R_{\text{new}} = k_m R_{\text{old}} \quad (2-19)$$

$$C_{\text{new}} = \frac{1}{k_m k_f} C_{\text{old}} \quad (2-20)$$

$$L_{\text{new}} = \frac{k_m}{k_f} L_{\text{old}} \quad (2-21)$$

โดยค่า k_m คือค่า Magnitude Scaling

k_f คือค่า frequency scaling

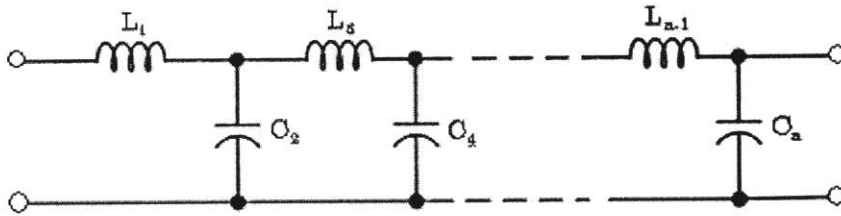
ค่าคงที่ k_f เป็นค่าที่ได้จากสมการในการหาค่า ω ส่วนค่า k_m นั้นต้องทำการสมมติขึ้นเอง โดยใช้ค่าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าของอุปกรณ์ในวงจรที่เหมาะสมและง่ายต่อการหาอุปกรณ์

วงจร Lossless Ladder

วงจร Lossless Ladder หมายถึง วงจรที่ประกอบด้วย Lossless Element คือ อุปกรณ์ที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับวงจรกับการทำการ ซึ่งในวงจรกรองความถี่นั้นวงจร Lossless Ladder จะประกอบด้วย L และ C ตามภาพที่ 2.10(a) และ 2.10(b)



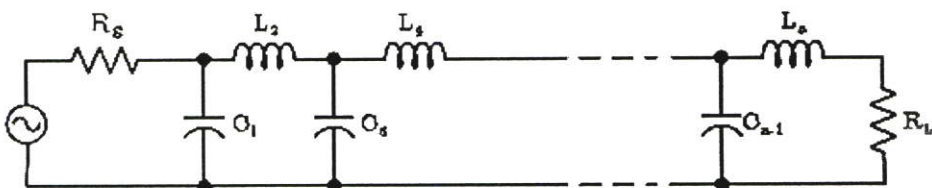
(a)



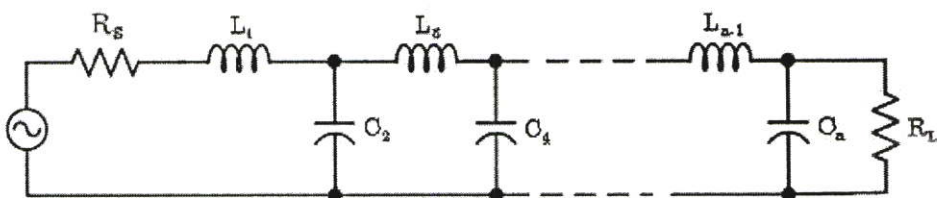
(b)

ภาพที่ 2.10 วงจร Lossless Ladder

เมื่อนำตัวต้านทาน R_s และ R_L มาต่อที่วงจรในภาพที่ 2.10(a) และ 2.10(b) จะได้วงจร ดังภาพที่ 2.11 เรียกว่า วงจร doubly terminated ladder Filter ซึ่งเป็นวงจร Low Pass Filter และ จะใช้วงจร doubly terminal ladder Filter นี้เป็นวงจรต้นแบบในการออกแบบวงจร High Pass Filter วงจร Band Pass Filter และวงจร Band Stop Filter โดยวงจรต้นแบบนั้นจะมีค่าความถี่ $\omega = 1$ rad/s ส่วนค่าความต้านทาน R_s และ R_L ที่นำมาต่อในวงจรมันนี้อาจจะใช้ค่าเท่ากันหรือไม่ เท่ากันก็ได้



(a)



(b)

ภาพที่ 2.11 วงจร Doubly Terminal Ladder Filter

2.1.7 การแปลงวงจรกรองความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองความถี่ต่างๆ

2.1.7.1 การแปลงวงจรกรองความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองความถี่สูง

จิริยูทธ์ มหัทธนนกุล (2541:83-92) เมื่อมีวงจรต้นแบบที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยมีค่าของ $\omega = 0$ ถึง $\omega = 1$ rad/s สามารถแปลงให้เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่านได้ โดยกำหนด $\omega = \omega_0$ จนถึง ∞ ดังนี้

$$\omega_h = \frac{\omega_0}{\omega} \quad (2-22)$$

เมื่อกำหนด h และ p คือ high pass filter และ prototype จะได้ความสัมพันธ์สำหรับตัวเก็บประจุ และ ตัวเหนี่ยวนำ ดังนี้

$$C_h = \frac{1}{\omega_0 L_p} \quad (2-23)$$

$$L_h = \frac{1}{C_p \omega_0} \quad (2-24)$$

2.1.7.2 การแปลงวงจรกรองความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

จะได้ Bandwidth : BW และความถี่กลาง ดังนี้

$$BW = \omega_2 - \omega_1 \quad (2-25)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} \quad (2-26)$$

การแปลงความถี่เป็นวงจร Band pass จะใช้สมการ (2-27)

$$S_p = \frac{\omega_0}{B} \left(\frac{s_b}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{s_b} \right) \quad (2-27)$$

เมื่อ S_p เป็นความถี่คอมเพล็กซ์ของวงจรต้นแบบ และจะได้ความสัมพันธ์ของตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ดังนี้

$$C_{bi} = \frac{B}{L_p \omega_0^2} \quad (2-28)$$

$$L_{b1} = \frac{L_p}{B} \quad (2-29)$$

$$C_{b2} = \frac{C_p}{B} \quad (2-30)$$

$$L_{b2} = \frac{B}{C_p \omega_0^2} \quad (2-31)$$

2.1.7.3 การแปลงวงจรความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองแถบความถี่หยุด

จะได้ Bandwidth : BW และความถี่กลาง ดังนี้

$$BW = \omega_2 - \omega_1 \quad (2-32)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} \quad (2-33)$$

การแปลงความถี่เป็นวงจร Band stop จะใช้สมการ

$$S_p = \frac{B}{\omega_0 \left(\frac{s_s}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{s_s} \right)} \quad (2-34)$$

จะได้ความสัมพันธ์ของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ดังนี้

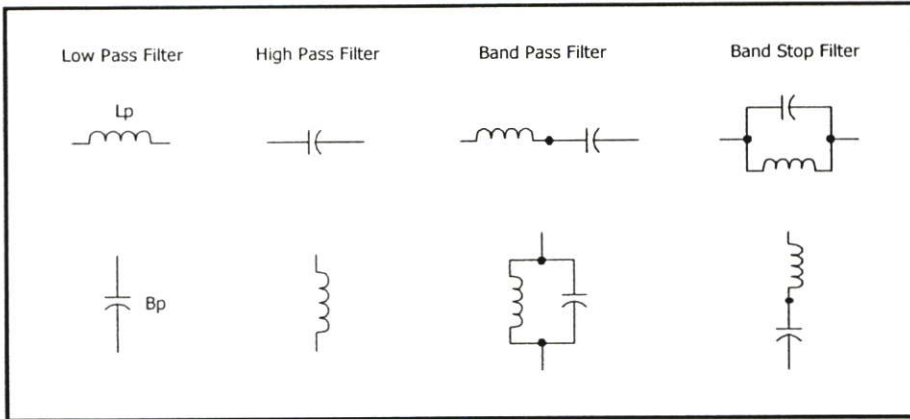
$$C_{s1} = \frac{1}{L_p B} \quad (2-35)$$

$$L_{b1} = \frac{L_p B}{\omega_0^2} \quad (2-36)$$

$$C_{b2} = \frac{C_p B}{\omega_0^2} \quad (2-37)$$

$$L_{b2} = \frac{1}{C_p B} \quad (2-38)$$

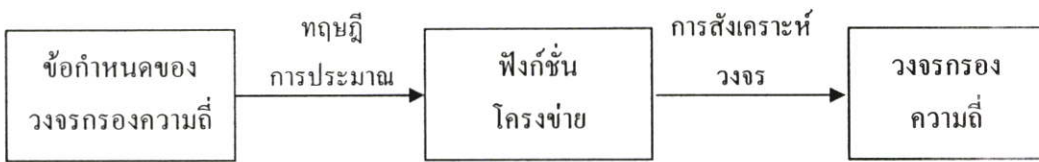
สรุปความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในวงจรกรองความถี่แบบต่างๆ



ภาพที่ 2.12 อุปกรณ์ในวงจร filter แบบต่างๆ

2.1.8 การออกแบบวงจรกรองความถี่

ขั้นตอนการออกแบบวงจรกรองจะเริ่มที่การหาฟังก์ชันโครงข่าย (Network Function) โดยใช้ทฤษฎีการประมาณ แล้วจึงนำฟังก์ชันโครงข่ายที่ได้ไปทำการสังเคราะห์เป็นวงจรต่อไป



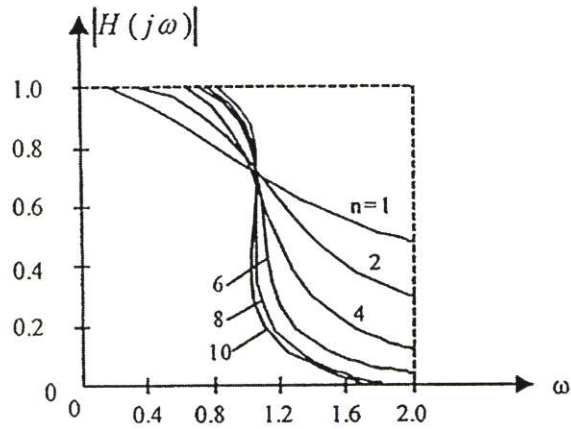
ภาพที่ 2.13 ขั้นตอนการออกแบบวงจรกรอง

การสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การเลือกโครงสร้างของวงจรและค่าอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้วงจรตามต้องการ

การประมาณ (Approximation) คือ การเลือกฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับข้อกำหนดคุณสมบัติ (Specification) ซึ่งมีหลายทฤษฎี เช่น บัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth), เชบีเชฟ (Chebyshev), เบสเซล (Bessel), เอลลิปติก (Elliptic) เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะทฤษฎีการประมาณแบบบัตเตอร์เวิร์ธ ซึ่งสามารถเขียนผลตอบสนองทางขนาดในรูปคณิตศาสตร์ได้ คือ

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{H_0^2}{1 + \omega^{2n}} \quad (2-39)$$

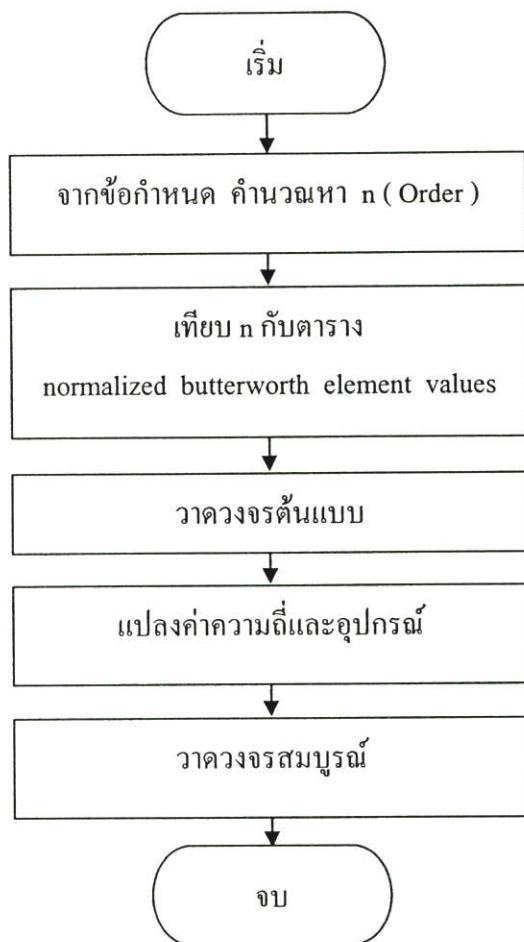
จากสมการข้างต้น ผลตอบสนองทางขนาดแบบความถี่ต่ำผ่านที่ราบเรียบที่สุดที่จุด $\omega = 0$ ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 กราฟผลตอบสนองทางขนาดแบบ บัตเตอร์เวิร์ธที่อันดับ (n) ต่างๆ เมื่อ $H_0 = 1$

2.1.8.1 การออกแบบวงจร Butterworth Low Pass Filter

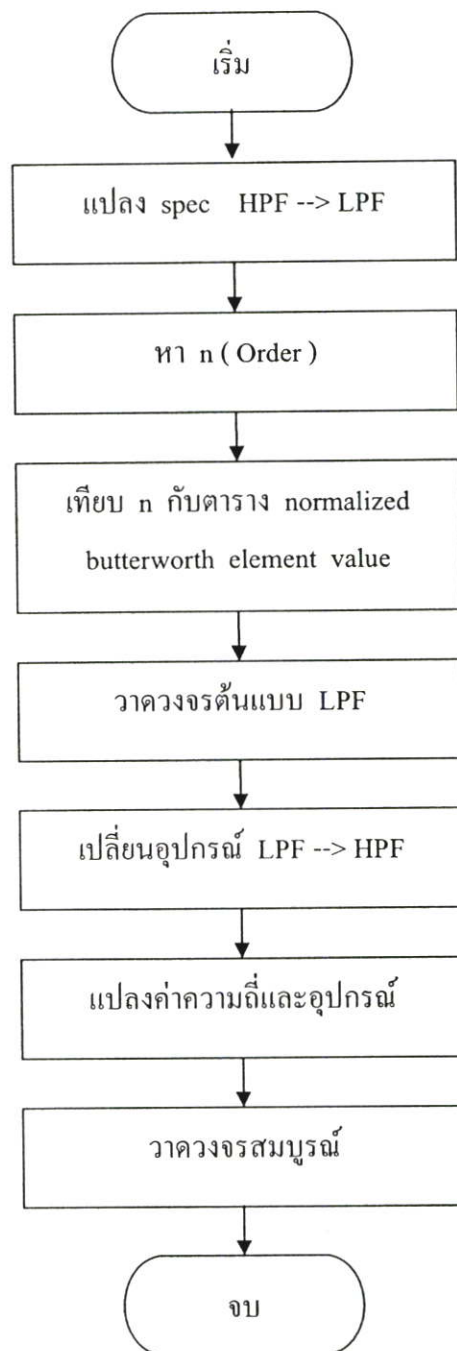
การออกแบบวงจร Butterworth Low Pass Filter จะมีขั้นตอนการออกแบบตามแผนผัง ดัง ภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Butterworth Low Pass Filter

2.1.8.2 การออกแบบวงจร High Pass Filter

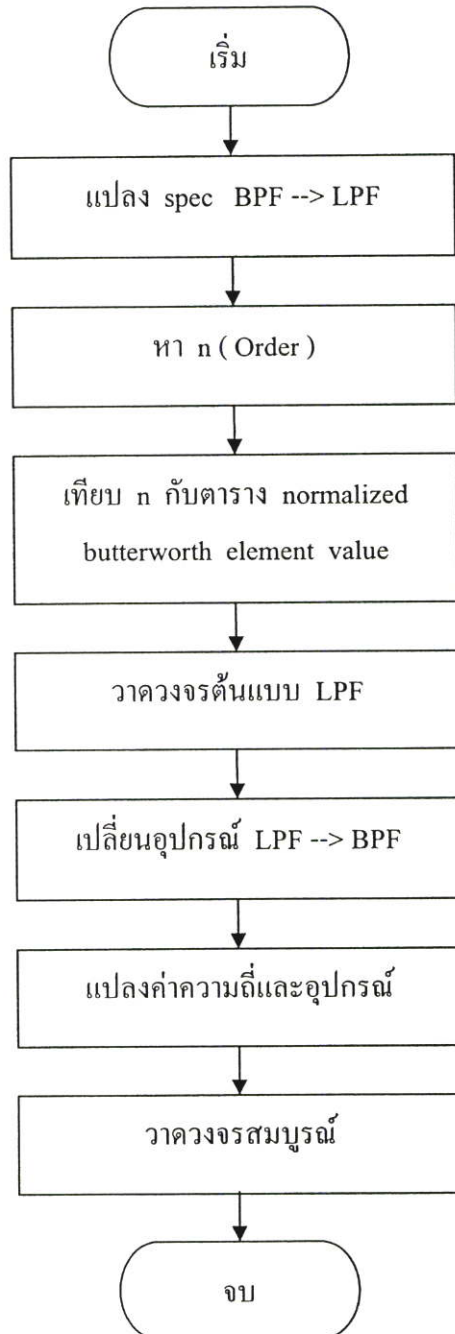
การออกแบบวงจร Butterworth high Pass Filter จะออกแบบโดยใช้วงจรต้นแบบ Low Pass Filter โดยการแปลง specification ของวงจร high Pass Filter ให้เป็นวงจร Low Pass Filter และใช้วิธีออกแบบตามวิธีการของ Low Pass Filter และเปลี่ยนอุปกรณ์เป็น High Pass Filter ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ขั้นตอนการออกแบบวงจร High Pass Filter

2.1.8.3 การออกแบบวงจร Band Pass Filter

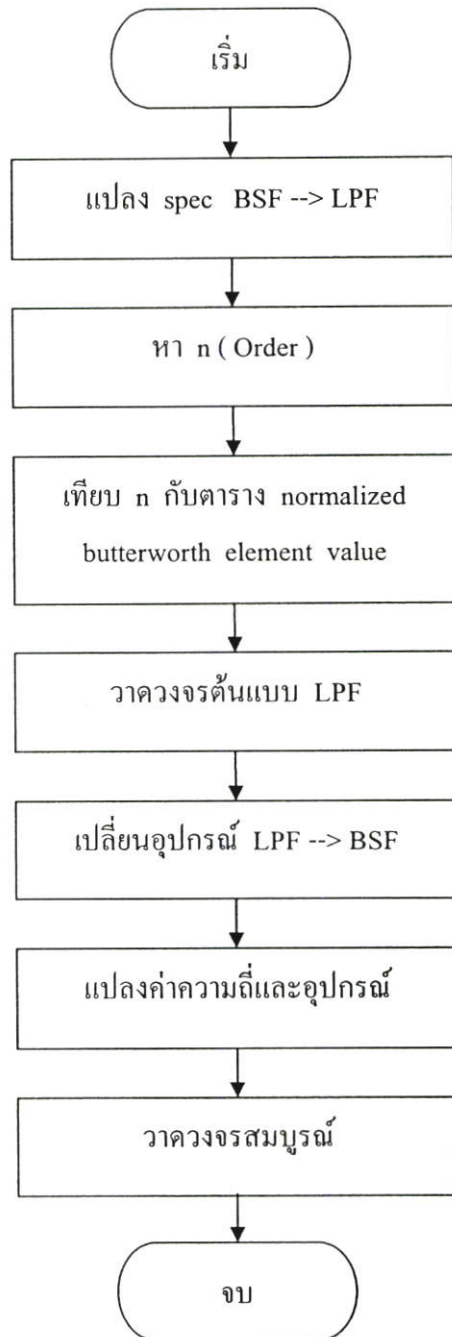
การออกแบบวงจร Butterworth Band Pass Filter จะออกแบบโดยใช้วงจรต้นแบบ Low Pass Filter เช่นเดียวกับการออกแบบวงจร high Pass Filter ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Band Pass Filter

2.1.8.4 การออกแบบวงจร Band Stop Filter

การออกแบบวงจร Butterworth band stop Filter จะออกแบบโดยใช้วงจรต้นแบบ Low Pass Filter เช่นกัน ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ขั้นตอนการออกแบบวงจร Band Stop Filter

2.2 โปรแกรมสำเร็จรูป ทางคณิตศาสตร์

ดำรง ทิพย์โยธา (2546 : บทนำ) การประยุกต์ใช้งานทางด้านคณิตศาสตร์ ในสาขาต่าง ๆ เช่น สาขาวิศวกรรม สาขาวิทยาศาสตร์ และสาขาอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้การคำนวณ เครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณจากอดีตสู่ปัจจุบันจึงมีความสำคัญมากเช่น เครื่องคำนวณแบบใช้เพียง ลูกคิด ไม้บรรทัดคำนวณ เครื่องคิดเลข เมื่อมายุคของ คอมพิวเตอร์ก็มีโปรแกรมสำเร็จรูป ทางคณิตศาสตร์ ที่สนับสนุนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ที่มีความสามารถสูงและได้รับความนิยมใช้งานกันมาก เช่น Mathcad Mathematica Maple MATLAB ซึ่งมีข้อเด่น และข้อจำกัดในการเลือกใช้งาน ตามความเหมาะสมดังนี้

2.2.1 โปรแกรม Mathcad

โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad เป็นโปรแกรมช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ได้ทั้งระดับมัธยมศึกษา และอุดมศึกษา โปรแกรม Mathcad เป็นโปรแกรมที่มีความสะดวกต่อการใช้เป็นอย่างมากเพราะสามารถที่จะทำการคำนวณโดยตรงแบบเครื่องคิดเลข หรือจะคำนวณในรูปแบบโปรแกรมก็ได้ การใช้งานของโปรแกรมคล้ายกับการทดเลขบนกระดาษหรือกระดานดำ กล่าวคือเมื่อเราเขียนสูตรหรือพิมพ์สูตรเสร็จเมื่อกดเครื่องหมายเท่ากับก็จะ ได้ผลของการคำนวณตามที่ต้องการ

การใช้งานของโปรแกรม Mathcad เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ จะมีข้อแตกต่างบางอย่างที่สำคัญเช่น

- บนจอภาพของ Mathcad เราจะพิมพ์สูตรคำนวณ ณ ตำแหน่งที่ว่างใดๆ บนจอได้แต่โปรแกรมอื่นๆ ต้องพิมพ์ที่บรรทัดของการรอปรับคำสั่ง แต่การใช้งานก็ต้องระวัง เพราะว่ากติกาการคำนวณของ Mathcad จะคำนวณสูตรจากบนลงล่าง และคำนวณสูตรทางซ้ายไปทางขวา

- ในการใช้งาน ถ้ามีการเปลี่ยนค่าตัวแปร การเปลี่ยนแปลงสูตร โปรแกรม Mathcad จะทำการคำนวณใหม่อัตโนมัติทุกครั้ง

- ระหว่างการพิมพ์สูตร โปรแกรม Mathcad จะจัดรูปแบบของสูตรให้ตามความเหมาะสมของสูตร ดังนั้นการพิมพ์สูตรในครั้งแรกๆ อาจจะทำให้งงได้ แต่เมื่อพิมพ์ไปแล้ว การจัดรูปแบบระหว่างการพิมพ์สูตรของ Mathcad ถือได้ว่าเป็นความสามารถที่เด่นมาก

- การปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ เช่น การแสดงทศนิยม การกำหนดวิธีแสดงผลที่ได้จากการคำนวณ การปรับรูปแบบกราฟ ส่วนใหญ่จะทำการกำหนดค่าต่างๆ ที่ต้องการผ่านคำสั่งย่อยของเมนูบาร์

- สามารถนำแถบเครื่องมือเช่น Calculus Graph แสดงบนจอภาพที่เลือกใช้งานได้สะดวกขึ้น

- สามารถเขียนกราฟได้ถึง 16 เส้นพร้อมกัน การปรับเปลี่ยนรูปแบบของกราฟใช้การเลือกคำสั่งผ่านเมนู Format Graph ทำให้การปรับเปลี่ยนรูปแบบกราฟสะดวกที่สุด
- ด้วยความสามารถในการจัดรูปแบบการพิมพ์อัตโนมัติทำให้โปรแกรม Mathcad สามารถพิมพ์สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ได้ดีกว่าโปรแกรมอื่น

2.2.2 โปรแกรม Mathematica

โปรแกรมสำเร็จรูป Mathematica เป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงมาก และเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณสูง รูปแบบการใช้งานต้องพิมพ์คำสั่งผ่านบรรทัดที่เรียกว่า line in [...] ผลของการคำนวณที่ได้จะแสดงออกมาที่บรรทัด line out [...] การใช้งานโดยทั่วไปผู้ใช้ต้องจดจำคำสั่งที่ต้องการได้ หรือจะให้โปรแกรมแสดงแถบเครื่องมือของคำสั่งให้ปรากฏบนจอภาพตลอดเวลาก็ได้ ในการใช้งานโปรแกรม Mathematica ความสามารถบางอย่าง เช่นงานทางด้าน Graphics จะจำแนกเป็นโปรแกรมย่อยเรียกว่า Package ซึ่งเราต้องเรียกโปรแกรมย่อยนั้นขึ้นมา ก่อนจึงจะใช้งานทางด้าน Graphics ได้

การใช้งานของโปรแกรม Mathematica เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ จะมีข้อแตกต่างบางอย่างที่สำคัญเช่น

- Mathematica แสดงผลทศนิยมได้หลายตำแหน่งตามต้องการ แต่ Mathcad แสดงสูงสุดได้ 15 ตำแหน่ง
- การปรับเปลี่ยนการแสดงผลของกราฟ ต้องใช้คำสั่งในการกำหนดค่า ไม่เหมือนกับ Mathcad ที่มีเมนูของการปรับเปลี่ยนรูปแบบกราฟ
- มีแถบเครื่องมือในการคำนวณ สามารถนำแถบเครื่องมือมาแสดงบนจอภาพได้เหมือนกัน
- สามารถขอคำอธิบายของคำสั่ง ด้วยการพิมพ์ ? ตามด้วยคำสั่งที่ต้องการรู้ความหมาย แล้วกด Enter

2.2.3 โปรแกรม Maple

โปรแกรมสำเร็จรูป Maple เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณสูง และนิยมใช้งานกันอีกโปรแกรมหนึ่ง สามารถคำนวณแบบเครื่องคิดเลข หรือจะใช้ในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานก็ได้ โดย โปรแกรม Mathematica และโปรแกรม Maple มีความใกล้เคียงในรูปแบบการใช้งานมากที่สุด ซึ่งถ้าใช้โปรแกรม Mathematica เป็นมาก่อนก็จะใช้งาน โปรแกรม Maple ได้ง่ายขึ้นในทำนองเดียวกันถ้าใช้งาน โปรแกรม Maple เป็นมาก่อนก็จะใช้งานโปรแกรม Mathematica ได้ง่ายขึ้นเหมือนกัน

การใช้งานของโปรแกรม Maple เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ จะมีข้อแตกต่างบางอย่างที่สำคัญเช่น

- Maple แสดงผลทศนิยมได้หลายตำแหน่งตามต้องการ ด้วยคำสั่ง Digits = n

- คำสั่งการทำงานของ Maple ต้องพิมพ์ที่ Prompt ที่มีรูปแบบเป็น >...
- การคำนวณบางอย่างเช่นการทำงานด้าน Graphics ต้องมีการเรียก Package ซึ่งเราต้องเรียกโปรแกรมย่อยนั้นขึ้นมาก่อน เช่นใช้คำสั่ง With(plots) เรียก Package ของการเขียนกราฟ คำสั่ง คำสั่ง With(linalg) เรียก Package ของการคำนวณเกี่ยวกับเวกเตอร์ เมทริกซ์
- การปรับเปลี่ยนรูปแบบของการแสดงกราฟ ใช้คำสั่ง หรือคลิกที่รูปภาพก็จะมีเมนูบาร์ของการปรับเปลี่ยนรูปแบบกราฟขึ้นมาให้เลือกใช้งาน
 - สามารถขอความช่วยเหลือจากโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว
 - มีคำสั่งที่ผู้สอนเกี่ยวกับวิชาแคลคูลัสต้องชอบเช่น กราฟแสดงพื้นที่ส่วนโค้งที่แสดง ความหมายของผลบวกกิริมันน์ ผลบวกล่าง ผลบวกบน ผลบวกจุดกึ่งกลาง และคำสั่งคำนวณผลบวกต่าง ๆ
 - มีคำสั่งที่ผู้สอนเกี่ยวกับวิชาพีชคณิตเชิงเส้นต้องชอบเช่น การแปลงแถวของเมทริกซ์ การแปลงหลักของเมทริกซ์ การหาเมทริกซ์ลดรูปเป็นขั้นแบบแถว
 - มีกลุ่มคำสั่งสำหรับการเขียนโปรแกรมเช่น if-then-else, for, while เหมือนโปรแกรมอื่นๆ

2.2.4 โปรแกรม MATLAB

โปรแกรมสำเร็จรูป MATLAB เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการคำนวณสูงมาก เช่นทำการคำนวณในรูปแบบของเครื่องคิดเลขหรือคำนวณในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน ความสามารถในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานของ MATLAB สามารถนำไปทดแทนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น เบสิก ซี ฟอรัทเรน จาวา ปาสคาล เนื่องจากโปรแกรม MATLAB มีโครงสร้างภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมครบสมบูรณ์เช่น การวนลูป การตรวจสอบเงื่อนไข นอกจากนั้น MATLAB ยังมีฟังก์ชันและคำสั่งสำเร็จรูปทางด้านคณิตศาสตร์ให้ใช้งานมากกว่าภาษา เบสิก ซี ฟอรัทเรน จาวา ปาสคาล

การใช้งานของโปรแกรม MATLAB โดยทั่วไปจะมี Window ต่างๆ ขึ้นมาอำนวยความสะดวกในการทำงานเช่น Command window Window history Window directory ซึ่งผู้ใช้งานจะเลือกเปิดทุก Window หรือเลือกเปิดเฉพาะ Window ที่ต้องการใช้งานก็ได้

ความสามารถในการคำนวณที่สำคัญเช่น

- MATLAB แสดงผลการคำนวณได้ทั้งรูปแบบเป็นค่าตัวเลข และสูตร
- ในการคำนวณเพื่อให้ผลลัพธ์เป็นสูตร เช่นการหาอนุพันธ์ การอินทิเกรต ต้องใช้คำสั่งให้ Syms ตามด้วยชื่อตัวแปรที่ต้องการประมวลผลเป็นสูตร

- การปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลของกราฟมี Window Figure เฉพาะสำหรับการแสดงผลทางด้านการเขียนกราฟ การเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ของกราฟสั่งโดยใช้คำสั่งหรือใช้เมนูของ Window Figure
- มีกลุ่มคำสั่งสำหรับการเขียนโปรแกรมเช่น if-then-else, for, while เหมาะในการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน
- สามารถเขียนกราฟพื้นผิวได้เร็วมาก เช่น พิมพ์ ezsurf('x^2-y^2') ก็จะได้กราฟพื้นผิวรูปอานม้า
- มีเครื่องมือและโปรแกรมย่อย ที่สนับสนุนการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน
- คำสั่ง Help ... จะเป็นผู้ช่วยหรือที่ดีในการอธิบายคำสั่งต่าง ๆ ของMATLAB เช่น หากต้องการการรู้ความหมายของฟังก์ชัน tan ให้พิมพ์ Help tan แล้วกด Enter จะได้คำอธิบายของฟังก์ชัน tan

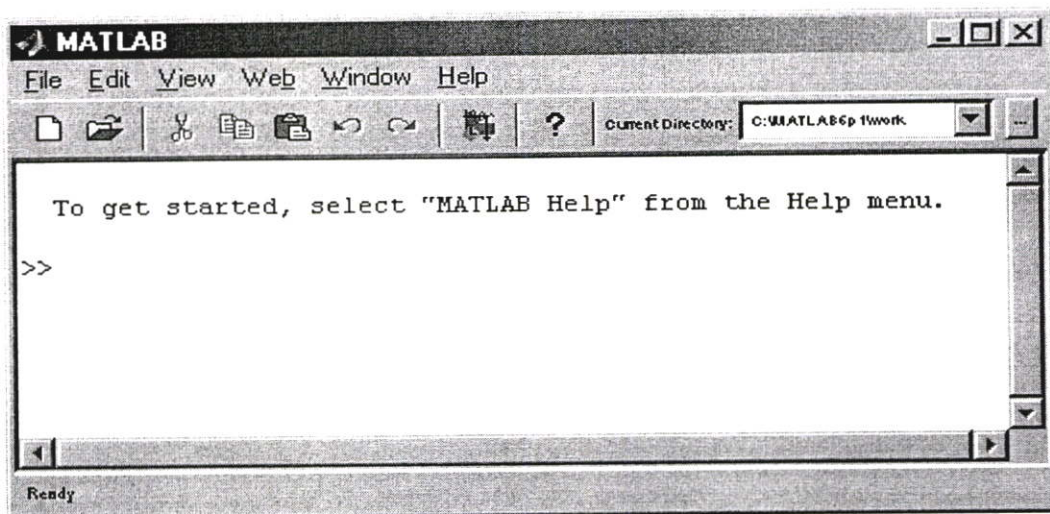
2.3 โปรแกรม MATLAB (Matrix Laboratory)

2.3.1 ลักษณะของโปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วยการคำนวณเชิงตัวเลข กราฟที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพจนได้ง่ายและชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก Matrix Laboratory เดิมโปรแกรม MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง Matrix หรือเป็น Matrix Software ที่พัฒนาจากโปรเจกต์ที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK

MATLAB ได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาที่ส่งมาจากหลาย ๆ ผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปีจึงทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมายในบางมหาวิทยาลัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ แขนงต่าง ๆ ตลอดจนให้ด้านอุตสาหกรรมได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัยพัฒนาและวิเคราะห์

โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี Toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing Toolbox) การประมวลผลภาพ (Image Processing Toolbox) การติดต่อสื่อสาร (Communication Toolbox) ระบบควบคุม (Control System Toolbox) โครงข่ายประสาท (Neural Networks Toolbox) ฟัชซีลอจิก (Fuzzy Logic Toolbox) เวฟเลท (Wavelet Toolbox) สถิติ (Statistics Toolbox) และสาขาอื่น ๆ มากมาย ภายใน Toolbox แต่ละสาขาก็จะมีฟังก์ชันต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้น ๆ ให้เลือกใช้งานเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 2.19 หน้าต่างคำสั่งโปรแกรม MATLAB

ลักษณะเด่นที่ง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม MATLAB ดังนี้คือ

1. มีฟังก์ชันคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้ในการคำนวณมากมายตลอดจนเราสามารถสร้างฟังก์ชันขึ้นมาใช้งานได้เองในสาขาที่ต้องการ
2. Algorithm พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ง่ายและรวดเร็วกว่าภาษาอื่น เช่น C ,Fortran ,Basic เป็นต้น
3. มีโครงสร้างแบบจำลอง (Simulink) ซึ่งเป็น Package ที่เรานำไปสร้างบล็อกไดอะแกรมเพื่อใช้ทดสอบ และประเมินผลระบบ Dynamic ต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งาน
4. สามารถวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว
5. นำไปใช้ในงานด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น Rectangular, Polar, Stair, Bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (Surface) และระดับสูงต่ำ (Contour) ตลอดจนสามารถนำภาพต่อกัน และเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย
6. ประยุกต์ใช้ในการสร้างรูปแบบ Graphical User Interface ได้โดยการเลือกใช้ Object และเมนูต่าง ๆ โดยโปรแกรม MATLAB จะมีเครื่องมือให้เลือกใช้ เช่น เมนู รายการ ปุ่มกด และ Fields Object ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ในการทำงานปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
7. ทำการประมวลผลร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น Fortran, Borland C/C++, Microsoft Visual C++ และ Watcom C/C++ ด้วยการเขียนฟังก์ชันที่เป็น mex ไฟล์โดยโปรแกรม MATLAB จะเรียกใช้รoutines จากโปรแกรมภาษา C และ Fortran

8. โปรแกรม MATLAB เป็นระบบ Interactive ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลพื้นฐานเป็นอาร์เรย์ที่ไม่ต้องการมิติ ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการแก้ปัญหาด้านเทคนิคต่าง ๆ ได้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อย และดีกว่าโปรแกรมภาษา C และ Fortran

โครงสร้างของโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ภาษาโปรแกรม MATLAB

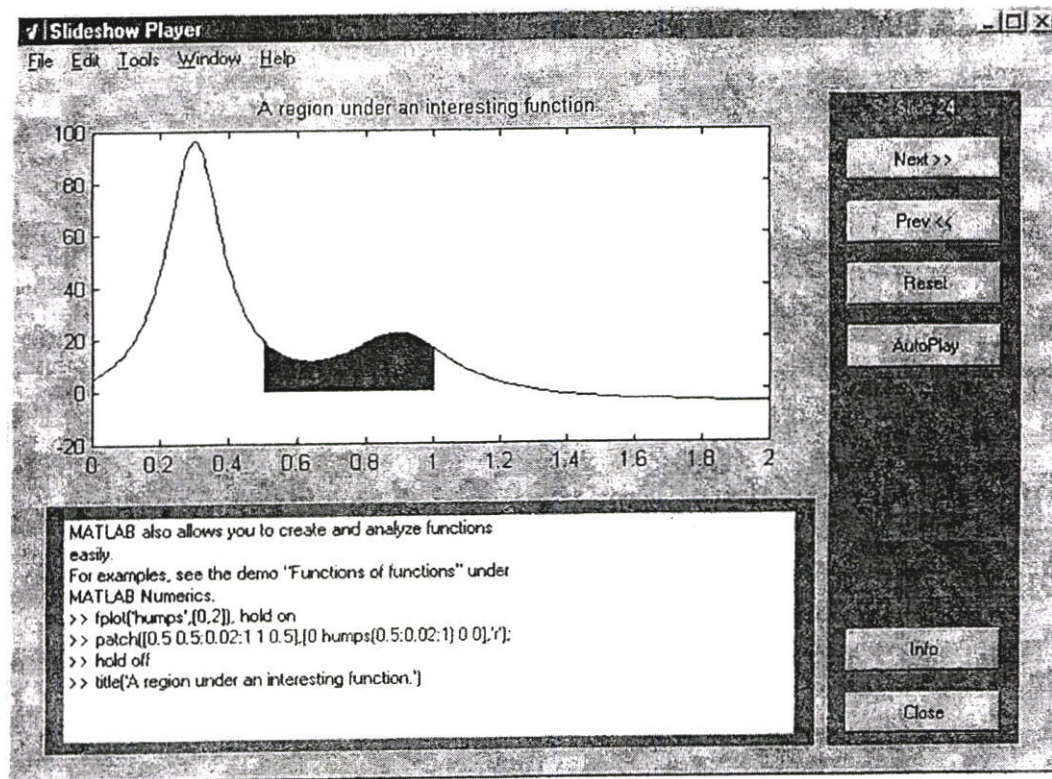
MATLAB เป็นโปรแกรมภาษาชั้นสูงที่ใช้ควบคุม Flow Statements ฟังก์ชัน โครงสร้างข้อมูลอินพุท/เอาต์พุท และลักษณะโปรแกรม Object-Oriented Programming ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาอื่น ๆ เช่น C, Fortran, Basic เป็นต้น

2. สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB

MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของผู้ใช้โปรแกรม หรือโปรแกรมเมอร์ประโยชน์ที่กล่าวนี้ คือการจัดการตัวแปรใน Workspace การนำข้อมูลหรือการผ่านค่าตัวแปรเข้า/ออก และกลุ่มของเครื่องมือต่าง ๆ นี้จะใช้สำหรับพัฒนา จัดการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม (Debugging) ที่ได้เขียนขึ้น

3. ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้คำนวณอย่างกว้าง เช่น Sine, Cosine และ พีชคณิตเชิงซ้อน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันหรือไลบรารีเพิ่มเติมจากไลบรารีที่ใช้กันโดยทั่วไป เช่น ฟังก์ชันในการหา Eigenvalues และ Eigenvectors การแยกตัวประกอบและส่วนประกอบของเมตริกซ์ด้วยวิธีการต่าง ๆ เป็นต้น ทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันสำหรับใช้งานค่อนข้างจะมากและครอบคลุมในรายละเอียดของการคำนวณในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้มากขึ้น



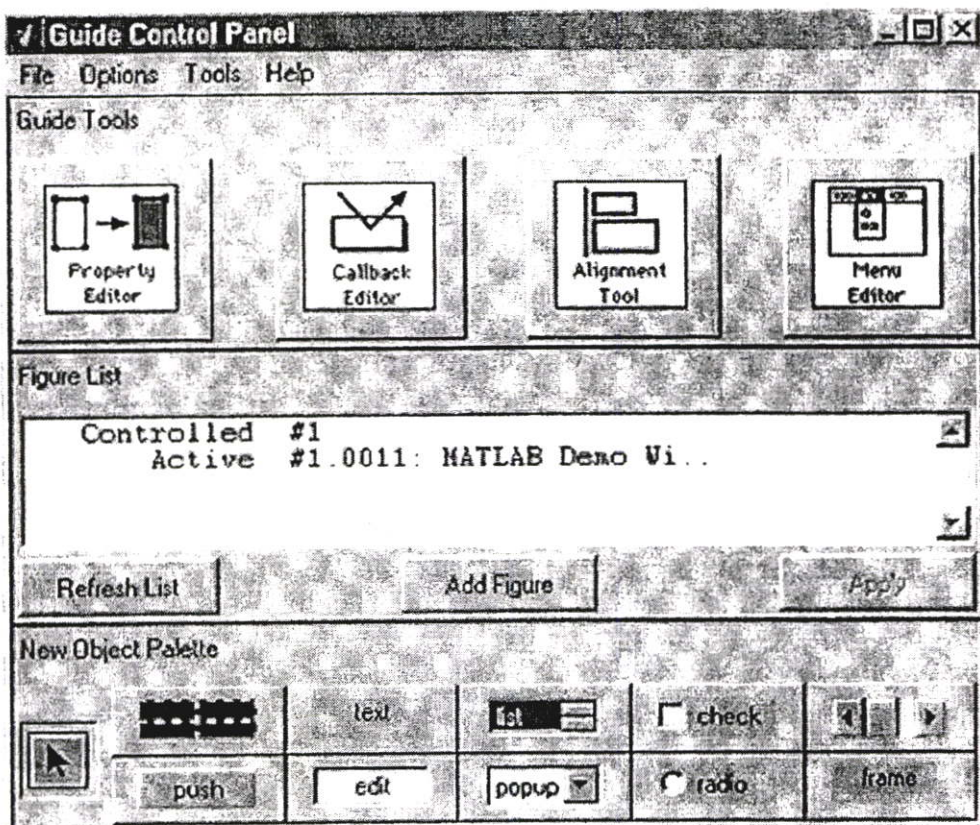
ภาพที่ 2.20 การใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

4. Handle Graphics

ระบบกราฟิกของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟ โดยมีพื้นฐานอยู่บนแนวความคิดที่ว่าทุก ๆ สิ่งบนหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB จะเป็นวัตถุ (Object) ซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว Handle Graphics ประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงให้คุณได้เลือกใช้ในการสร้าง Graphic User Interface บนพื้นฐานการประยุกต์ใช้งานของคุณ นอกจากนี้โปรแกรม MATLAB ยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการแสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติและการสร้างภาพเคลื่อนไหว

5. The MATLAB Application Program Interface (API)

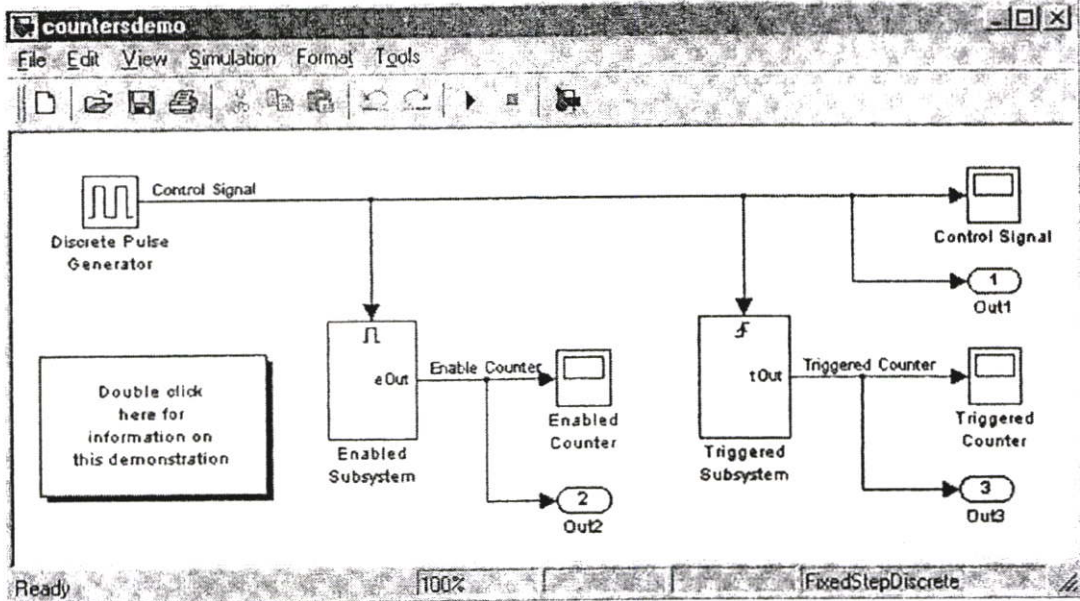
API จะใช้เพื่อสนับสนุนการติดต่อจากภายนอกโดยใช้โปรแกรมที่เป็น mex ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ mex ฟังก์ชันใน MATLAB ซึ่งจะเรียก routine จากโปรแกรมภาษา C และ Fortran ที่มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรม MATLAB ด้วยไฟล์ที่เป็น mex ฟังก์ชันอีกทั้ง MATLAB API นี้ยังมีความสามารถสำหรับการเรียก Routine จาก MATLAB (Dynamic Linking) ก็ได้



ภาพที่ 2.21 หน้าต่างเครื่องมือในการสร้างและปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของ handle Graphics objects

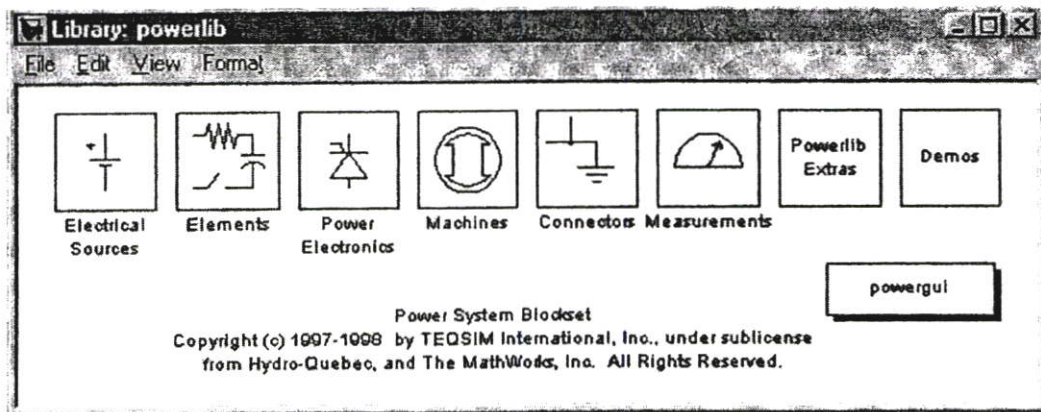
นอกจากลักษณะเด่นของโปรแกรม MATLAB ทั้ง 5 ข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว โปรแกรม MATAB ยังมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบระบบโดยการจำลองขึ้นมาซึ่งก็คือ Simulink

Simulink เป็นโปรแกรมที่ควบคู่กับ MATLAB ซึ่งเป็นระบบ Interactive สำหรับการจำลอง และวิเคราะห์ระบบไดนามิกต่างๆ ที่เป็นระบบเชิงเส้น (Linear) ระบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) Simulink เป็นโปรแกรม Mouse-driver ที่ให้คุณใช้ระบบโมเดลโดยการวาดบล็อกไดอะแกรมบนจอภาพด้วยการใช้เมาส์ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการจำลองระบบได้หลายรูปแบบ เช่น เชิงเส้น (Linear) ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เวลาต่อเนื่อง (Continuous-time) เวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete-time) และระบบหลายอัตรา (Multirate) ซึ่งแต่ละรูปแบบที่นำมาสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์นี้ ผู้ใช้ต้องมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของบล็อกแต่ละบล็อกได้เป็นอย่างดีตลอดจนเข้าใจระบบโดยรวมของงานที่จะกระทำด้วย



ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างการใช้ Simulink ของโปรแกรม MATLAB

Blocksets เป็นสิ่งที่เพิ่มเติมใน Simulink โดยจะเป็นไลบรารีของบล็อกสำหรับการประยุกต์โดยเฉพาะ เช่น การติดต่อสื่อสาร (Communications) การประมวลผลข้อมูล (Signal Processing) และระบบไฟฟ้ากำลัง (Power Systems)



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างไลบรารีของ Blocksets สำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง

Real-time Workshop เป็นโปรแกรมที่ให้คุณสร้าง C Code จากบล็อกไดอะแกรมของคุณและสามารถกระทำกับบล็อกไดอะแกรมได้หลากหลายด้วยระบบเวลาจริง (Real-time Systems) (มนัส สังวรศิลป์ และวรัณดี ภัทรอมรกุล. 2543 : 17-20)

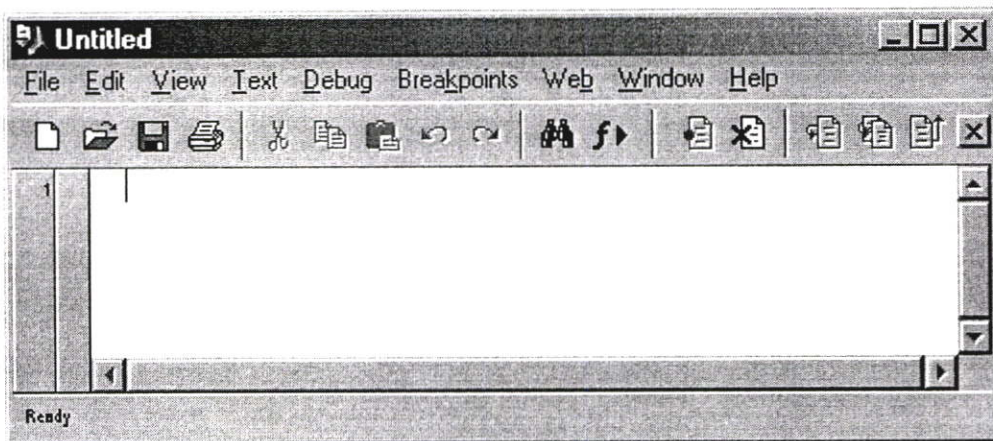
2.3.2 การใช้งานโปรแกรม MATLAB

เมื่อเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม MATLAB หน้าต่างแรกที่พบ คือ หน้าต่างคำสั่ง (command windows) บนหน้าต่านี้จะพบเครื่องหมาย MATLAB prompt (>>) ซึ่งมีความหมายว่า พร้อมที่จะรับคำสั่งต่างๆ

เมื่อพิมพ์คำสั่งต่างๆ บนหน้าต่าคำสั่งแล้วกดปุ่ม Enter โปรแกรม MATLAB จะทำตามคำสั่งนั้นๆ ทันที และพิมพ์ผลลัพธ์บนหน้าต่านี้เช่นกัน ถ้าไม่ต้องการให้พิมพ์ผลลัพธ์ก็ทำได้โดยพิมพ์เครื่องหมายเซมิโคลอน (;) ต่อท้ายบรรทัดคำสั่ง แต่หน้าต่าคำสั่งนี้จะทำทีละคำสั่งและไม่สามารถนำกลับมาใช้ภายหลังได้อีก ถ้าต้องการเขียนเป็นชุดคำสั่งและนำกลับมาใช้ได้ก็ต่าเขียนโปรแกรมด้วย M-file มีนามสกุล .m ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ

1. Script M-files จะทำการผ่านเข้า/ออก ค่าตัวแปรต่างๆ ทุกตัวภายในโปรแกรมให้กับ MATLAB workspace
2. M-files function จะทำการผ่านเข้า/ออก ค่าตัวแปรต่างๆ ให้กับ MATLAB workspace เฉพาะค่าผลลัพธ์ของคำสั่งเท่านั้น

หน้าต่าสำหรับเขียนโปรแกรม M-files แสดงดังภาพที่ 2.24 ซึ่งสามารถเรียกหน้าต่านี้จากหน้าต่า command windows โดยเลือกเมนู File > New > M-file



ภาพที่ 2.24 หน้าต่าสำหรับเขียนโปรแกรมด้วย M-file

```

C:\Documents and Settings\JOBWY Documents\SELECT.M
File Edit View Text Debug Breakpoints Web Window Help
Stack Base
1 function [PC]=select(PC);
2 %-----
3
4 global Amax Amin Fs Fp fc rl rs NO cL Lc BcL
5
6 cL=0;Lc=0;
7 Rs = findobj('Tag','RS'); set(Rs,'string',rs);
8 Rl = findobj('Tag','RL'); set(Rl,'string',rl);
9
10 %-----
11
12 if PC==1;
13 % low pass filter
14 h0 = findobj('Tag','lowpass'); set(h0,'Value',1);
15 h1 = findobj('Tag','highpass'); set(h1,'Value',0);
16 h2 = findobj('Tag','bandpass'); set(h2,'Value',0);
17 h3 = findobj('Tag','bandstop'); set(h3,'Value',0);
18
19 end;
select Ln 19 Col 5

```

ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างการเขียน โปรแกรมด้วย M-file

2.3.3 การประมวลผลสัญญาณ

โปรแกรม MATLAB มี toolbox ในด้านการประมวลผลสัญญาณซึ่งใช้สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ระบบสัญญาณในรูปแบบต่างๆ สำหรับโครงงานปัญหาพิเศษนี้จำเป็นต้องหาผลตอบสนองความถี่ของวงจรความถี่แบบอนาล็อกชนิดต่างๆ

จากฟังก์ชันถ่ายโอน (transfer function)

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0 + b_1s^{-1} + b_2s^{-2} + \dots + b_ns^{-n}}{a_0 + a_1s^{-1} + a_2s^{-2} + \dots + a_ns^{-n}}$$

โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันที่ใช้ สำหรับหาผลตอบสนองความถี่ คือ คำสั่ง freqs ซึ่ง มีโครงสร้างดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับการหาผลตอบสนองความถี่

คำสั่ง	รายละเอียด
$H = \text{freqs}(b,a,w)$	การหาผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองอนาล็อก ซึ่งมี a , b เป็นเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ที่ค่าความถี่ต่างๆ ในเวกเตอร์ w
$[h,w] = \text{freqs}(b,a)$	การหาผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองอนาล็อก ซึ่งมี a , b เป็นเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ โดยสร้างตำแหน่งความถี่ในการคำนวณผลตอบสนอง h จำนวน 200 จุด โดยอัตโนมัติ
$[h,w] = \text{freqs}(b,a,n)$	การหาผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองอนาล็อก ซึ่งมี a , b เป็นเวกเตอร์สัมประสิทธิ์ที่ตำแหน่งความถี่ n ต่างๆ

2.3.4 ไฟล์ภาพต่างๆ

ภาพต่างๆ ในโปรแกรม MATLAB จะประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นเมตริกซ์ เมตริกซ์ข้อมูลภาพจะมี 3 ชนิดที่ใช้สำหรับแยกความแตกต่าง คือ ดัชนีภาพ (Index images) ความเข้มของภาพ (Intensity images) และภาพ RGB (Truecolor) คำสั่งต่างๆ ที่ใช้เกี่ยวกับภาพมีดังนี้

ตารางที่ 2.2 ฟังก์ชันคำสั่งเกี่ยวกับภาพ

คำสั่ง	รายละเอียด
$[x \text{ map}] = \text{imread}(\text{'filename'}, \text{'fmt'})$	อ่านภาพจากไฟล์ filename.fmt ซึ่งดัชนีข้อมูลภาพจะเก็บไว้ในตัวแปร x ซึ่ง fmt เป็นนามสกุลของไฟล์ค่า fmt จะประกอบด้วย 'bmp' Windows Bitmap 'hdf' Hierarchical Data Format 'jpg' or 'jpeg' Joint photographic Experts group 'pxc' Windows Paintbrush 'tif' or 'tiff' Tagged Image File Format 'xwd' X Window Dump
$x = \text{imread}(\text{'filename'})$	อ่านภาพจากไฟล์ filename
$\text{imwrite}(x,xmap, \text{'filename'}, \text{'fmt'})$	เขียนภาพด้วยไฟล์ filename.fmt ที่กำหนดไว้ใน x โดยมีเมตริกซ์ $xmap$ เป็น colormap
$\text{imwrite}(x, \text{'filename.fmt'}, \text{'fmt'})$	เขียนภาพด้วยไฟล์ filename.fmt ที่กำหนดไว้ใน x

2.3.5 กราฟฟิกและการพล็อตกราฟ

การพล็อตกราฟมีความสำคัญมากสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะเป็นการแสดงค่าข้อมูลที่ต้องการพล็อตบนหน้าต่างกราฟในรูปแบบที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน โปรแกรม MATLAB จะมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการพล็อตกราฟในรูปแบบต่างๆ มากมาย ทั้งในลักษณะกราฟ 2 มิติ และ 3 มิติ ตลอดจนสามารถเก็บไฟล์หน้าต่างรูปภาพที่ทำการพล็อตไว้เป็นไฟล์นามสกุล .fig เพื่อนำกลับมาใช้งานได้อีก

การพล็อตกราฟเส้นเป็นการนำเสนอข้อมูลที่นิยมใช้กันมาก โดยชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ การนำเสนอโดยวิธีนี้จะสร้างจากเส้นแกน 2 เส้น คือ แกนนอน (แกน x) และแกนตั้ง (แกน y) โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับพล็อตกราฟในแกน x-y ดังโครงสร้างต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับกราฟฟิก และการพล็อตกราฟ

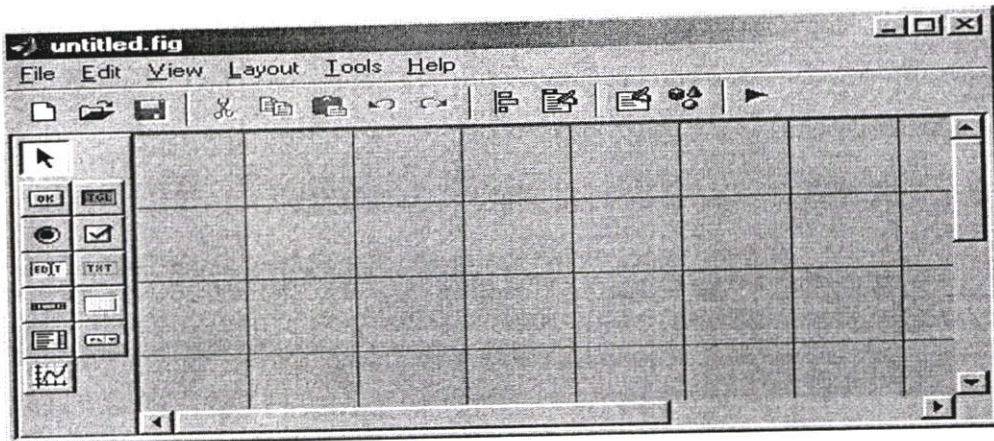
คำสั่ง	รายละเอียด
plot(x,y)	พล็อตกราฟของ x,y โดยพล็อตเป็นเส้นทึบสีน้ำเงินเมื่อไม่ได้กำหนดสีรูปแบบเส้นและสัญลักษณ์ที่จะพล็อต
plot(x,y,x,z)	พล็อตกราฟของ x,y ก่อนแล้วจึงพล็อตกราฟของ x,z โดยกราฟทั้งสองเส้นอยู่บนแกนเดียวกัน แต่แทนด้วยสีที่แตกต่างกัน
subplot(m,n,p)	แบ่งหน้าต่างรูปภาพเป็นหน้าต่างย่อยด้วย m แถว n หลัก และลำดับการพล็อตคำสั่งด้วยหน้าต่างย่อยที่ p
figure(n)	สร้างหน้าต่างรูปภาพหมายเลข n
clf	ลบรูปภาพต่างๆ บนหน้าต่างรูปภาพ
close(n)	ลบหน้าต่างรูปภาพหมายเลข n
Close all	ลบหน้าต่างรูปภาพทุกหน้าต่าง

กราฟลอการิทึม หรือเรียกอีกอย่างว่ากราฟหักมุม กราฟนี้จะพล็อตค่าข้อมูลในรูปแบบที่เป็นลอการิทึม ซึ่งมีคำสั่งดังนี้

ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันคำสั่ง สำหรับการพล็อตกราฟลอการิทึม

คำสั่ง	รายละเอียด
semilogx(x,y)	พล็อตค่า x และ y โดยใช้สเกลแบบลอการิทึมเฉพาะแกน x
semilogy(x,y)	พล็อตค่า x และ y โดยใช้สเกลแบบลอการิทึมเฉพาะแกน y
loglog(x,y)	พล็อตค่า x และ y โดยใช้สเกลแบบลอการิทึมทั้งในแกน x และแกน y

2.3.6 การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก (Graphic User Interfaces : GUI)



ภาพที่ 2.26 หน้าต่าง GUI ของโปรแกรม MATLAB

GUI เป็นวิธีการเชื่อมต่อกันระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์ โดยสร้างวัตถุต่างๆ บนจอภาพ แต่ละวัตถุมี properties ที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดเวลา ทุกอย่างที่สร้างเป็นกราฟฟิก จะเรียกว่า graphics object ซึ่งมีเครื่องมือในการสร้างดังนี้

ปุ่มกด (Pushbutton)

บางครั้งเรียกว่า ปุ่มทางเลือก (option button) ใช้สำหรับเลือกทำตามที่ต้องการ

กล่องตรวจสอบ (Check Boxes)

ใช้สำหรับเลือกกระทำ คล้ายกับสวิตซ์ปิด/เปิด เมื่อเลือกจะอยู่ในสถานะ On ถ้าไม่ได้เลือกจะอยู่ในสถานะ Off

ปุ่ม Radio (Radio Button)

มีลักษณะเป็นวงกลม เมื่อคลิกเลือกค่าคุณสมบัติจะมีค่าเป็น 1 (Max) ถ้าไม่เลือกค่าคุณสมบัติจะมีค่าเป็น 0 (Min)

กล่องรายการ (List Boxes)

เป็นกล่องที่มีรายการต่างๆ ให้เลือกใช้งาน โดยใช้เมาส์คลิกรายการที่ต้องการ

Popup Menus

เป็นเมนูรายการที่แสดงชื่อเมนูปัจจุบัน มีลูกศรในกล่องสี่เหลี่ยมเล็กด้านขวามือ เพื่อให้เลือกเมนูอื่นๆ ได้ตามต้องการ

กรอบ (Frames)

โปรแกรม MATLAB สามารถใช้กรอบล้อมปุ่มควบคุมและตัวอักษรต่างๆ ได้ตามต้องการ ส่วนใหญ่มักจะจัดรูปแบบควบคุมและตัวอักษร หรือข้อความอธิบายต่างๆ ให้อยู่ในกรอบเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการใช้งานและเข้าใจง่าย

ตัวอักษรที่อยู่กับที่ (UI static text)

ใช้เพื่อเขียนคำอธิบายการทำงานของเมนู และรายการควบคุมต่างๆ ซึ่งตัวอักษรนี้ไม่สามารถแก้ไขได้บนหน้าต่างรูปภาพ

2.4 ความรู้เกี่ยวกับกรอบแนวคิดในการวิจัย

2.4.1 การพัฒนาโปรแกรมแบบ Waterfall

จรรยา แก้วกัจจวน (อ้างใน อัจฉริย์ พิมพิบูลย์. 2544 : 25) ได้อธิบายเรื่องภาษากระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ไว้ดังนี้ กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ เป็นการแบ่งกระบวนการดำเนิน การออกแบบเป็นขั้นตอนต่างๆ เช่นกำหนดลักษณะจำเป็นพื้นฐาน การออกแบบระบบงาน การสร้างและทดสอบระบบงานเป็นต้น ขั้นตอน ในแต่ละช่วงสืบเนื่องกันไปจากขั้นหนึ่งสู่อีกขั้นหนึ่งต่างลำดับเหมือนสายน้ำตก จึงเรียกว่าเป็นกระบวนการพัฒนาแบบ Waterfall ทำให้เป็นวงจรชีวิตของซอฟต์แวร์ (Software life cycle) ซึ่งแบ่งออกได้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์และให้คำจำกัดความของระบบงาน (Requirement analysis and definition) ในขั้นตอนแรกนี้ผู้ออกแบบระบบผละผู้ใช้ระบบจะต้องพูดคุยให้เป็นที่เข้าใจกันว่า เป้าหมายและโครงสร้างระบบงานที่ผู้ใช้ต้องการคืออะไร

2. การออกแบบระบบและซอฟต์แวร์ (System and software design) ในการออกแบบระบบงานผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต้องพัฒนาหรือจัดหาใช้งาน ส่วนการออกแบบซอฟต์แวร์เป็นการกำหนดโครงสร้างหลักของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมา

3. การกำหนดสร้างและทดสอบหน่วยย่อย (Implementation and unit testing) ในขั้นตอนนี้เป็น การแบ่งส่วนของซอฟต์แวร์ออกเป็นหน่วยของโปรแกรมย่อยๆ (Program unit) และเมื่อเขียนโปรแกรมแต่ละหน่วยย่อยเสร็จแล้ว ก็ต้องมีการตรวจสอบว่าแต่ละหน่วยมีความถูกต้องตรงตามรูปแบบที่กำหนดไว้

4. การเชื่อมโยง และการทดสอบทั้งระบบ (Implementation and System testing) โปรแกรมย่อยแต่ละส่วนจะถูกนำมาประสานรวมกันเป็นระบบงาน หลังจากนั้นทั้งซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามแผนการที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อทดสอบเป็นที่พอใจแล้วจึงนำระบบนั้น ไปเสนอต่อผู้ใช้ระบบ

5. การติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance) ขั้นตอนนี้มักเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานมากที่สุด เมื่อระบบถูกนำมาติดตั้งและใช้งานจริงแล้ว การบำรุงรักษาที่มักปรากฏคือ การแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจไม่เคยคาดคิดมาก่อนในช่วงพัฒนาระบบหรืออาจเป็นการปรับแต่งระบบให้สวยงามมีประสิทธิภาพในการทำงานดียิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้มักเป็นขบวนการ

ย้อนกลับไปพิจารณาปรับแต่งแก้ไขสิ่งที่ได้กำหนดไว้ 4 ขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วแต่ที่เห็นเหมาะสมในภายหลัง

2.4.2 การพัฒนาโปรแกรม และการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลฐานข้อมูล

บรรพต ชมงาม (2539 : 18-19) กล่าวว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสามารถสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรม และการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลฐานข้อมูลนั้น มีหลักการและขั้นตอนพอสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมนั้นต้องสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว หรืออีกในหนึ่งต้องประหยัดเวลาการใช้เครื่องมากที่สุด

2. โปรแกรมนั้นสร้างความพอใจให้กับผู้ใช้ คือ เข้าใจง่ายไม่มีปัญหาใดๆ

3. โปรแกรมนั้นต้องมีอัตราผิดพลาดต่ำ หรือไม่มีเลย

4. โปรแกรมนั้นมีขั้นตอนการเขียนดี และทำให้ดัดแปลงแก้ไขได้ง่ายด้วย

5. การลงทุนในการทำโปรแกรมต้องไม่สูงนัก คือ ต้องให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด และได้กล่าวถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมดังนี้

1. การวิเคราะห์ และแยกแยะปัญหา (Analyze and Describe the Problem)

2. การออกแบบตรรกะของโปรแกรม (Design the Logic of the Program)

3. เขียนโปรแกรม (Write the Program)

4. ทดสอบและแก้ไขโปรแกรม (Test and Debug the Program)

5. ทำเอกสารประกอบการใช้โปรแกรม (Make Document the Program)

6. บำรุงรักษาโปรแกรม (Maintenance the Program)

2.4.3 กระบวนการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

กระบวนการทดสอบ และยืนยันความถูกต้องของระบบงานที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า กระบวนการ Verification & Validation (V & V) ไม่ได้เป็นเพียงขั้นตอนหนึ่งในการผลิตระบบงานเสร็จสิ้นในทันทีที่ ระบบงานถูกส่งต่อไปยังผู้ใช้ระบบงาน หากแต่ V & V เป็นกระบวนการที่ต้องเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในตลอดช่วงระยะเวลาพัฒนาระบบจนถึงการติดตั้งและใช้ระบบได้จริงในสภาพการทำงานที่เป็นจริง Verification เป็นการตรวจสอบและประเมินว่าโปรแกรมหรือระบบงานที่เราได้สร้างขึ้นมานั้นตรงตามข้อกำหนดที่ตกลงกันอย่างไรหรือไม่ ในขณะที่ Validation เป็นการตรวจสอบว่าโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นตรงกับความต้องการของผู้จัดการหรือผู้ใช้ระบบงานนั้นหรือไม่ ดังนั้นผู้ออกแบบจึงต้องทำการทดสอบระบบ 2 ประการคือ

1. การทดสอบเชิงสถิติ (Statistical testing) เป็นการทดสอบเพื่อประเมินผลความถี่ของการใช้งานในส่วนต่างๆของระบบและยังเป็นการประเมินความเชื่อถือได้ Reliability ของระบบอีกด้วย

2. การทดสอบข้อบกพร่อง (Defect Testing) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าระบบมีข้อบกพร่องผิดพลาดที่จุดใดบ้าง

กระบวนการทดสอบระบบ โดยปกติแล้วระบบงานขนาดใหญ่มักจะประกอบขึ้นมาจากระบบงานขนาดย่อยๆ (Sub-system) แต่ละระบบงานย่อยจะประกอบขึ้นมาจากหน่วยย่อยๆ ของระบบ (Module) ซึ่งประกอบด้วยวิธีดำเนินการต่างๆ กัน นิยมแบ่งกระบวนการทดสอบระบบเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. Unit Testing เป็นการทดสอบส่วนย่อยๆ แต่ละส่วนของโปรแกรมว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ โดยปกติเรามักถือว่าแต่ละส่วนเป็นอิสระสมบูรณ์ในตัวเอง ในขั้นตอนนี้เราจึงไม่จำเป็นต้องทดสอบโดยคำนึงถึงส่วนสัมพันธ์กับหน่วยอื่นๆ

2. Module Testing โดยปกติแล้วโมดูล (Module) จะหมายถึง ชุดของหน่วยย่อยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกันอยู่ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของหน่วยย่อยในระดับต่างๆ

3. Sub-system Testing การทดสอบในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบร่วมกันของโมดูลย่อยๆ แต่ละระบบงานย่อยนี้อาจจะถูกพัฒนาอย่างเป็นอิสระต่อกันและอาจนำมาติดตั้งใช้งานโดยอิสระไม่เกี่ยวข้องกันก็ได้ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานใหญ่คือการทำงานไม่สอดคล้องประสานกันระหว่างระบบงานย่อยๆ ดังกล่าว ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการตรวจสอบด้วยว่า ระบบทั้งหมดทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดหรือตามต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริงหรือไม่

4. System Testing ระบบงานย่อยๆ จะรวมกันทำให้เกิดเป็นระบบใหญ่ทั้งหมด การทดสอบการทำงานของระบบจึงเป็นการค้นหาข้อผิดพลาดที่คาดไม่ถึงถึงมาก่อน โดยที่เป็นข้อผิดพลาดซึ่งเกิดจากการขัดแย้งกันระบบย่อยต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบด้วยว่า ระบบทั้งหมดทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดหรือตามต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริงหรือไม่

5. Acceptance Testing การทดสอบเพื่อการยอมรับ ในขั้นตอนสุดท้ายนี้เป็นการทดสอบก่อนที่ระบบจะถูกยอมรับได้ว่าใช้งานได้จริงการทดสอบอาจจะกระทำได้โดยการใช้ข้อมูลจริงป้อนเข้าสู่ระบบแทนที่จะใช้ข้อมูลตัวอย่างการทดลอง

2.5 ทฤษฎีการจำลองการทำงานโดยคอมพิวเตอร์

2.5.1 ความหมายของสถานการณ์จำลอง

รวิชัย ชชาวณิช (2542 : 179) การจำลองการทำงาน คือ วิธีการวิเคราะห์ (คำนวณ) ที่อาจจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (สมการทางคณิตศาสตร์) ที่อธิบายพฤติกรรมของอุปกรณ์จริงเป็นเครื่องมือในการจำลองการทำงานว่าในแต่ละภาวะ (แต่ละเงื่อนไข) พฤติกรรมของอุปกรณ์หรือวงจรจะเป็นอย่างไร ซึ่งในการ

จำลองการทำงานนี้อาจจะมีกรอบหรือขอบเขตของเงื่อนไขประกอบด้วยเช่นกัน เช่นในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าตามแนวทฤษฎีอาจจะพิจารณาว่าอุณหภูมิของอุปกรณ์มีค่าคงที่ นั่นหมายถึงว่าเงื่อนไขในการวิเคราะห์นี้ก็คือ อุณหภูมิไม่มีผลต่อพฤติกรรมของอุปกรณ์ในวงจรนั่นเอง ในการนี้จะเห็นว่าถ้าเป็นวงจรจริง ๆ นั้น หากมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์บางชนิดก็อาจจะมีกำลังสูญเสียเกิดขึ้นในรูปของความร้อนได้ ดังนั้น แนวคิดในการจำลองการทำงานนั้น อาจจะเป็นเพียงความต้องการที่จะวิเคราะห์วงจรในลักษณะเด่นที่สำคัญ หรือวิเคราะห์ในประเด็นที่ฟังจะกระทำได้ แต่คงจะไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมที่แท้จริงของวงจรในทางปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนนัก

การจำลองการทำงานนั้น ไม่สามารถนำมาใช้แทนที่กระบวนการออกแบบวงจรได้ เพราะการจำลองการทำงานเป็นเพียงเครื่องมือช่วยในกระบวนการออกแบบวงจร ให้สามารถมองเห็นผลที่ได้จากการออกแบบวงจรได้อย่างชัดเจนมากขึ้น โดยที่ยังไม่จำเป็นต้องสร้างวงจรขึ้นมาจริง ๆ ดังนั้น เมื่อพบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ ก็จะสามารถแก้ไขได้ก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นวงจรจริง ๆ การจำลองการทำงานนั้น จะช่วยตอบคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับวงจรได้อย่างมากมายจึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์อย่างแพร่หลายดังที่ปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

ทักษิณา สวานานนท์ (2530 : 217) การจำลองสถานการณ์ (Simulate) การจำลองเป็นการเลียนแบบจินตนาการ หรือความเป็นจริงที่เป็นภาพเล็กหรือใหญ่เกินไป อยู่ไกลเกินไป หรืองานประสบการณ์ที่ใช้จ่ายสูง หรือเสี่ยงอันตรายเกินไป เช่น การฝึกบินก่อนขับเครื่องบินจริง การฝึกนักบิน อวกาศ การขับรถ การเดินสายไฟแรงสูงหรือการจำลองภาพการจราจรในเมืองหลวง เป็นต้น เมื่อผู้ฝึกได้ใช้โปรแกรมแล้วจะช่วยลดค่าใช้จ่าย และอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี โปรแกรมนี้ใช้ได้ดีในหลายสาขาวิชา เช่น สาขาโยธา ได้แก่ การจำลองภาพงานชลประทาน อ่างเก็บน้ำ สาขาวิชาสังคมศาสตร์ ได้แก่ ภาพภัยธรรมชาติจากมลภาวะเป็นพิษ น้ำท่วม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือภาพภัยที่เกิดจากมนุษย์เอง คือ ผลจากการใช้ระเบิดปรมาณู คุณภาพของโปรแกรมนี้ ขึ้นอยู่กับโปรแกรมนั้นสามารถเลียนแบบสภาพสถานการณ์นั้น ๆ ได้มากน้อยเพียงใดนั่นเอง ซึ่งโปรแกรมที่ดีจะสามารถทำให้ผู้เรียนสรุปความคิดรวบยอดจากประสบการณ์ที่ได้รับได้ด้วยตนเอง

อำนาจ เจริญศิลป์ (2526 : 26) สถานการณ์จำลองช่วยประหยัดเวลาในการอธิบาย ช่วยให้เกิด Concept ในสิ่งต่าง ๆ ได้รวดเร็วมากกว่าการบอกจุดและการอธิบายธรรมดา นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น แสดงบทบาทช่วยเร้าความสนใจ มีความตั้งใจได้นานขึ้น นอกจากนี้สถานการณ์จำลองยังช่วยกระตุ้นให้เกิดการแก้ปัญหาาร่วมกัน

ปกาศิต ภัทรรังษี (2536 : 12) การเรียนแบบใช้สถานการณ์จำลอง หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถที่จะหาความรู้ และประสบการณ์ได้จากการเรียนในสภาวะที่คล้ายกับสภาพความเป็นจริงทุกประการ การนำเอาสภาพการเรียนแบบใช้สถานการณ์จำลองมาใช้ก็เพื่อที่จะลดในสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยต่อการศึกษา เช่น ลดค่าใช้จ่าย ลดอันตรายต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย เป็นต้น

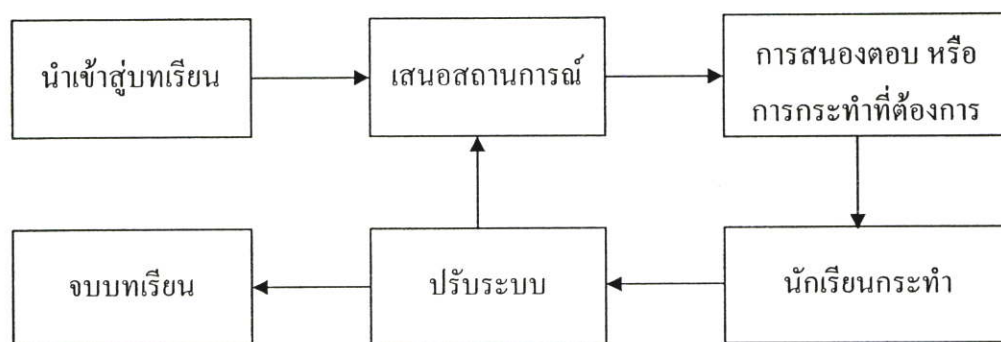
เสริมศรี ไชยสร (2528 : 212) การสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นวิธีการฝึกให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ฝึกแสดงออกฝึกสังเกตข้อมูล ประเมินข้อมูลที่สังเกตได้ จึงจัดเป็นวิธีการให้คิดสืบค้นแบบหนึ่ง ทั้งสองวิธีเป็นการสอนให้วิเคราะห์กรณี การแสดงบทบาทสมมุติเป็นการแสดงออกในสถานการณ์ที่เป็นกรณีง่าย ๆ สั้น ๆ ส่วนการจำลองสถานการณ์ บางที่เรียกสถานการณ์จำลอง

อรพรรณ พรสีมา (2530 : 46) สถานการณ์จำลอง (Simulation) สถานการณ์จำลองเป็นส่วนย่อย หรือการจำลองสภาพ หรือกระบวนการในชีวิตจริงให้เข้าใจง่ายขึ้น สถานการณ์จำลองอาจแปรเปลี่ยนได้หลายรูปแบบตามข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่เราจำลองมา หรือที่เรามุ่งแสดงให้ปรากฏออกมา สถานการณ์จำลองที่รวมเอารายละเอียดของเหตุการณ์หลายอย่าง อาจจะเป็นการยุ่งยาก และเสียเวลาสำหรับผู้ชมบางกลุ่ม แต่มองในอีกแง่มุมหนึ่ง ถ้าสถานการณ์จำลองง่ายเกินไป มันก็อาจสร้างความผิดหวังอย่างมาก ในการที่จะทำให้ผู้ชมมองเห็นจุดสำคัญที่ผู้แสดงต้องการ สถานการณ์จำลองที่มีการวางแผนมาอย่างดี จะช่วยให้เรามองเห็นองค์ประกอบเด่น ๆ ที่เป็นวัตถุประสงค์ของการแสดงและจุดช่วยชี้ทางให้ผู้สอนและผู้ร่วมแสดงเข้าใจองค์ประกอบที่ต้องการทำให้ง่ายแก่การแสดงหรือองค์ประกอบที่ถูกขจัดออกไปโดยสิ้นเชิง

บุรณะ สมชัย. 2538 ; ยืน ภู่วรรณ. 2528 ; สุวิทย์ ไวยกุล. 2528 ; ธรรมนุญ นิลวรรณ. 2537 ; จรูญ จิตรักษ์. 2539 ได้กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงหรือเลียนแบบกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยการสร้างโปรแกรมจำลองรูปแบบด้วยคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ตามการตอบสนองหรือตามกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติ ได้แก่ Static Simulation และ Interactive Simulation

1. Static Simulation เป็นการเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง โดยผู้เรียนไม่ต้องทำอะไร เช่นสถานการณ์น้ำขึ้นน้ำลง การเดินทางของลูกปืนใหญ่เหนือการทำงานของกระบอกสูบลูกกระสุนแต่ผู้เรียนไม่สามารถตอบโต้ได้

2. Interactive Simulation เป็นสถานการณ์จำลองที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้นด้วยเช่นการจำลองประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ต้องมีการปรับแต่ง เช่น เครื่องมือวัด เครื่องไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมในสถานการณ์นั้นด้วยจะเป็นการสอนให้นักเรียนแก้ปัญหาได้เห็นเหมือนจริงและเข้าใจง่าย การจำลองบางเรื่องช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ ในการปฏิบัติได้มากและลดการเสี่ยงอันตรายในการผิดพลาดปฏิบัติได้มากและลดการเสี่ยงอันตรายในการผิดพลาดปฏิบัติได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.27 แผนภูมิขั้นตอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง

สุนทร โรตบรรรเทา (2535 : 84-85) การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเกี่ยวข้องเป็นพิเศษกับการสอนภาคปฏิบัติ เนื่องจากการสร้างสถานการณ์จำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ทำให้นักศึกษามีกิจกรรมซึ่งทำอย่างอื่นได้ยากเกินไป (เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง และเกมการบริหาร) แพงเกินไป (เช่นการออกแบบและทดสอบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม) และมีอันตรายเกินไป (เช่น สถานการณ์ฉุกเฉินทางการแพทย์ การสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงการทดลองของตัวแปรทางกายภาพ) ความเป็นไปได้นี้จำกัดอยู่เฉพาะการเงินธนาคารของผู้เขียนโปรแกรมเท่านั้น ถ้าอาจารย์ไม่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์แล้ว การพัฒนาสถานการณ์จำลองเช่นนั้นอาจเกินความสามารถ วิธีที่ดีที่สุด คือหาว่าสถานการณ์จำลองที่สนใจนั้นมีอยู่แล้วในสาขาวิชาหรือไม่ และมีใช้กันที่ไหน ถ้าเป็นไปได้ควรไปหาที่นั่นและพยายามลองใช้เอกสารนั้นดูว่าเหมาะสมสำหรับวิชาที่ตนสอนหรือไม่เมื่อใช้เป็นแล้วเท่านั้นจึงคิดซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้

นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารถใช้แทนระบบการสอนเป็นรายบุคคล ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถจัดการกับกิจกรรมที่นักศึกษาต้องทำ และบางทีอาจใช้ประเมินผลการเรียนได้ด้วย อย่างไรก็ดี จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญการเขียน หรือการใช้เทป

Alessi and Trollip (1985 : 161-171) ได้กล่าวถึงการใช้สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนว่า “สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอน เป็นวิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียนเป็นการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมีส่วนเข้าไปร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจในการโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่แสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่เป็นอย่างจริงได้ สถานการณ์จำลอง จะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการณ์จริง เช่น ลดรายละเอียด ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น ในสถานการณ์จำลองผู้เรียนต้องเรียนรู้การปฏิบัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้สถานการณ์จำลองมีจุดมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างภาพแบบ การตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงของโลก เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่างๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

โปรแกรมสถานการณ์จำลอง มีความแตกต่างจากโปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา ตรงที่โปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา จะเน้นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการเสนอเนื้อหาให้ แล้วใช้คำถาม การตอบที่เหมาะสม เพื่อประเมินการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงในกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำลองสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

ดังนั้น สถานการณ์จำลองจึงเป็นการจำลองเหตุการณ์เพื่อเลียนแบบ ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพความเป็นจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาจากเหตุการณ์นั้น ๆ

2.5.2 ประเภทของสถานการณ์จำลองสถานการณ์

นงนุช วรรณวณะ (2535 : 27-28) อ้างใน วีระพงษ์ พฤษชาติ(2548 : 25-26) ได้แบ่งประเภทคอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลองเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ (Physical Simulation) โปรแกรมประเภทนี้มักจะจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกล เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้ วิธีการบังคับให้เครื่องกลนั้น ๆ ทำงานหรือเกี่ยวข้องกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ในห้องปฏิบัติที่จะต้องใช้ทดลอง เช่น สถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการขับเครื่องบินที่ยู่ยากซับซ้อน

2. การจำลองสถานการณ์เชิงขั้นตอนการทำงาน (Procedural Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเน้นการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการทำงานของเครื่องมือ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านเครื่องมือจำลอง เพื่อเน้นการฝึกทักษะ และการกระทำที่จำเป็นต่อการควบคุมให้เครื่องมือเหล่านั้นทำงาน เช่น โปรแกรมที่จำลองความสำคัญของอุปกรณ์การบินของเครื่องบิน เป็นต้น

3. การจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์ (Situational Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับทัศนคติ ความคิดเห็น และพฤติกรรมของมนุษย์ในเหตุการณ์ต่าง ๆ มากกว่าการเน้นการฝึกทักษะ ลักษณะโปรแกรมนี้จะแตกต่างจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงขั้นตอนกระบวนการ ซึ่งเน้นการสอนกฎเกณฑ์ นั่นคือ โปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงเหตุการณ์ทั่วไป จะเน้นให้ผู้เรียนค้นหาผลลัพธ์ เนื่องจากการใช้วิธีการที่ต่างกัน ผู้เรียนอาจเป็นส่วนหนึ่งหรืออาจให้ผู้เรียนเล่นบทบาทหนึ่ง และมีผู้เรียนอื่นเล่นอีกบทบาทหนึ่งของฝ่ายตรงข้ามในโปรแกรมเดียวกัน

4. การจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการ (Process Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้ จะแตกต่างจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ประเภทอื่น ๆ คือ ผู้เรียนไม่ได้ร่วมมีบทบาทในโปรแกรม เช่นเดียวกับประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วทั้ง 3 ลักษณะ โปรแกรมลักษณะนี้ ผู้เรียนจะสังเกตกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่เข้าไปขัดจังหวะเพียงแต่เลือกค่าของตัวแปรในการจำลอง โดยสามารถ เร่งลดความเร็วของสถานการณ์จำลองนั้น เช่น โปรแกรมด้านเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการ

ทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต หรือโปรแกรมสำหรับการคาดคะเนจำนวนประชากร กลุ่มต่าง ๆ เป็นต้น

Ellington, Addinall and Percival (1981 : 77-8) อ้างใน วีระพงษ์ พุกษชาติ(2548 : 26) ได้แบ่งสถานการณ์จำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สถานการณ์จำลองการทดลองที่ทำได้ยากลำบาก หรือทำไม่ได้ เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น
2. สถานการณ์จำลองที่ไม่สามารถจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้ หรือวัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาแพง เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการทดลองด้านนิวเคลียร์เตาปรมาณูและกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการ Haber ซึ่งเป็นกระบวนการทางอุตสาหกรรมทางเคมี ในการผลิตก๊าซแอมโมเนียมาจากก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การควบคุมอุณหภูมิ และใช้ความดันสูงมากในการผลิต
3. สถานการณ์จำลองการทดลองที่ไม่สามารถปฏิบัติจริงได้ เพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง และสภาพแวดล้อม เช่น การทดลองเกี่ยวกับสารกัมมภาพรังสี หรือสารพิษที่มีอันตราย
4. สถานการณ์จำลองการทดลองที่เป็นการทดลองจริง ต้องใช้เวลาในการทดลองยาวนานมาก เช่น การสำรวจจำนวนประชากร หรืออายุของสิ่งต่าง ๆ โดยวัดจากการเสื่อมสลายของสารกัมมันตภาพรังสีในวัตถุต่าง ๆ

อรพรรณ พรสีมา (2530 : 51-53) ได้แบ่งประเภทของสถานการณ์จำลองเพื่อการสอนเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. สถานการณ์จำลองกับการเรียนรู้แบบสืบค้น คุณค่าเฉพาะกาลของสถานการณ์จำลอง ก็คือมันสามารถสร้างสถานการณ์จำลองที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยวิธีสืบค้นวิธีการสอนแบบสืบสวน สอบสวนวิธีการทดลอง หรือวิธีการอื่น ๆ ที่เป็นการเรียนรู้อันเกิดจากการรวบรวมข้อมูล หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์ซึ่งเรียกว่า วิธีสอนแบบอุปนัย (Inductive Teaching)

วิธีการนี้จึงเป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพ และประหยัด แต่จุดอ่อนก็คือ การเรียนโดยวิธีนี้ต้องพึ่งความสามารถทางด้านภาษาของผู้สอน และผู้เรียนมากจึงอาจกลายเป็นอุปสรรคที่สำคัญสำหรับเด็กที่มีข้อจำกัดทางด้านคำศัพท์ ข้อเสียเปรียบอีกอย่างหนึ่งของการสอนแบบอุปนัย ก็คือความยุ่งยากที่นักเรียนทั้งหลายมักประสบในการนำความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน ซึ่งอยู่ในรูปสัญลักษณ์มาใช้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของผู้เรียน

การสอนแบบอุปนัยนี้ นักเรียนจะถูกทำให้เกิดการเรียนรู้สิ่งที่เป็นแก่นแท้หรือข้อสรุปของเรื่องโดยอาศัยการลองผิดลองถูกจากการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลจะถูกค้นพบจากการสังเกตอันสืบเนื่องจากการกระทำ การทำตัวเข้าไปสู่ปัญหาจึงเป็นหัวใจสำคัญขงสถานการณ์จำลอง และการใช้สถานการณ์จำลองนี้เราสามารถจะเปิดห้องทดลองในสาขา

สังคมศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และวิทยาศาสตร์กายภาพสาขาต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่ประการใด แต่ก็มีความจริงที่ว่า วิธีนี้เสียเวลามากกว่าการบรรยาย แต่ผลลัพธ์นั้นคุ้มค่าและก่อให้เกิดการเรียนรู้ในระดับที่สูงกว่า และสามารถจดจำได้นานกว่า

2. สถานการณ์จำลองกับการฝึกทักษะทางกายภาพ การฝึกทักษะทางกายภาพควรได้รับการฝึกฝนภายใต้เงื่อนไขที่ถูกต้องหรือในสถานการณ์จริง ควรได้รับปฏิกริยาย้อนกลับที่ค่อนข้างสูงเพื่อให้ผู้เรียนได้รู้ผลแห่งการกระทำและเกิดความรู้สึกจากการกระทำ การฝึกทักษะในลักษณะดังกล่าวอาจทำได้ยาก และเป็นอุดมคติ การฝึกทักษะหลายอย่างที่สามารถกระทำได้อย่างปลอดภัยและสะดวกสบายด้วยการอาศัยสถานการณ์จำลอง

3. การใช้สถานการณ์จำลองเพื่อเพิ่มการเรียนรู้ด้านสติปัญญา และทัศนคติอาจกล่าวได้ว่า ข้อดีที่สุดของสถานการณ์จำลอง ก็คือการเปิดโอกาสให้มีการปะทะสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับบุคคล สถานการณ์จำลองอาจถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของกิจกรรมนี้ การอธิบายบทบาทกระทำในรูปกว้าง ๆ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแต่ละคนได้แสดงออก

ทักษิณา สวานานนท์ (2530 : 216-220) แบ่งประเภทของสถานการณ์จำลองเพื่อการสอนไว้ 2 ประเภท ได้แก่

Static Simulation เป็นการนำเสนอสภาพการณ์ที่เกิดตามความเป็นจริงให้นักเรียนดู เช่น สถานการณ์จำลองการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง การทำงานของกระบอกสูบในเครื่องยนต์เป็นต้น โปรแกรมเช่นนี้จะเป็นการให้ดูการทำงานหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเท่านั้น แต่ถ้านักเรียนสามารถจัดข้อมูลในสภาพการณ์นั้นได้ เช่น สามารถปรับอากาศกับน้ำมัน ตั้งจังหวะการจุดระเบิดและอื่น ๆ เป็นต้น สถานการณ์จำลองการทำงานของกระบอกสูบในเครื่องยนต์จะกลายเป็น Interactive Simulation คือ เป็นสถานการณ์จำลองที่นักเรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ในสภาพการณ์นั้นด้วย ซึ่งรูปแบบนี้เป็นสถานการณ์จำลองที่มีประสิทธิภาพและจะเป็นการสอนนักเรียนในเรื่องการแก้ปัญหาด้วย

ถนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เลาฮอร์สแสง (2541 : 97-101) ได้แบ่งการจำลองออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ด้วยกัน ได้แก่ การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมาย (About Simulations) และการจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการ (How to Simulations)

1. การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมาย คือ การจำลองที่มุ่งเน้นในการอธิบายความหมายเกี่ยวกับวัตถุใดวัตถุหนึ่ง แนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมายนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทย่อย ๆ ได้แก่ การจำลองกายภาพ (Physical Simulation) และการจำลองกระบวนการ (Process Simulation)

1.1 การจำลองกายภาพ คือ การจำลองซึ่งอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตเห็นได้ ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่

จะอยู่ในลักษณะของการกำหนดค่าตัวแปรต้นต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของสถานการณ์ตามเวลาที่ล่วงเลยได้

1.2 การจำลองกระบวนการ คือ การจำลองซึ่งมุ่งอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการหรือแนวคิดใด ๆ ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ข้อได้เปรียบของการจำลองกระบวนการ คือ ช่วยให้ผู้เรียนปรับระดับความเร็วช้าของกระบวนการที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ให้ได้ระดับที่ช่วยให้การสังเกตและการเรียนรู้ที่ชัดเจนเกิดขึ้นได้ ซึ่งการทำเช่นนี้เป็นไปได้ในสถานการณ์จริง ๆ

2. การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการ คือ การจำลองที่มุ่งเน้นในการอธิบายวิธีการในการจัดการกับวัตถุใดวัตถุหนึ่ง แนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง การจำลองนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทย่อย ๆ ได้แก่ การจำลองขั้นตอน (Procedural Simulation) และการจำลองสถานการณ์ (Situational Simulation)

2.1 การจำลองขั้นตอนจะมุ่งเน้นการอธิบายลำดับของวิธีการในการจัดการกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งความแตกต่างของการจำลองขั้นตอน กับการจำลองกายภาพ คือ การจำลองขั้นตอนเน้นในการสอนผู้เรียนให้ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น การสอนผู้เรียนในการใช้โทรศัพท์หรือการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในขณะที่การจำลองกายภาพเน้นในการสอนผู้เรียนเกี่ยวกับการทำงานของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น การทำงานของไฟฟ้า ในเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

2.2 การจำลองสถานการณ์จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับทางด้านแนวคิด เจตคติหรือพฤติกรรมต่าง ๆ มากกว่าขั้นตอนหรือวิธีการในการจัดการกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ประกติกแล้วการจำลองสถานการณ์จะนำเสนอสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการตัดสินใจหรือผู้เรียนจะต้องเล่นบทบาทสำคัญในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้น

2.5.3 องค์ประกอบของสถานการณ์จำลอง

สถานการณ์จำลองประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 6 ประการ ได้แก่

1. วัตถุประสงค์ของสถานการณ์จำลอง สำหรับวัตถุประสงค์นี้จะแสดงเป้าหมายของการฝึก ซึ่งผู้ออกแบบและผู้ใช้สถานการณ์จำลองจะต้องมีความเข้าใจอย่างเด่นชัด เพื่อผลสัมฤทธิ์ของการใช้สถานการณ์ สำหรับวัตถุประสงค์นั้นอาจมีได้หลายประเภท เช่น วัตถุประสงค์ประเภทความรู้ เมื่อสถานการณ์จำลองก่อให้เกิดการปฏิบัติการฝึกทักษะ

2. ขอบข่ายความรู้ของสถานการณ์จำลอง เนื่องจากการฝึกสถานการณ์จำลองผู้ฝึกจะต้องมีพื้นฐานความรู้ความเข้าใจอย่างกระจ่างในส่วนที่ได้เกี่ยวข้องในการฝึกสถานการณ์จำลองนั้น ๆ เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้ไปต่อโยงให้เกิดความรู้ใหม่หรือความเข้าใจในการฝึก ในบางครั้งผู้ฝึกอาจไม่ประสบผลสำเร็จตามความต้องการ อันมีสาเหตุมาจากผู้ฝึกขาดความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับ

สถานการณ์จำลองนั้น ๆ อย่างกระฉ่าง ดังนั้นขอบข่ายความรู้นี้จึงเป็นตัวกำหนดให้ผู้ออกแบบสถานการณ์จำลองมีความระมัดระวัง ในการออกแบบให้ผู้ฝึกได้ประสบผลสำเร็จที่คิดอีกด้วย

3. ส่วนที่จำลองสถานการณ์ เนื่องจากการจำลองสถานการณ์นั้น เป็นส่วนที่เปลี่ยนมาจากความเป็นจริง ในบางครั้งลักษณะการเปลี่ยนจากของจริงให้เป็นสถานการณ์จำลองเพื่อมุ่งหวังให้ผู้ใช้งานสถานการณ์จำลองเกิดความรู้ หรือเกิดพฤติกรรมแสดงออกอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือไม่ก็อาจเป็นการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้เกิดทั้งความรู้และการแสดงออกพร้อมกันในส่วนที่ถูกเปลี่ยนแปลงมาจากของจริงนี้ ไม่ว่าจะผู้ออกแบบหรือผู้ใช้งานสถานการณ์ก็ตามจะต้องเข้าใจในเรื่องราวในส่วนที่ถูกเปลี่ยนแปลงนี้เป็นอย่างดี เพื่อผลสัมฤทธิ์ของการฝึกสถานการณ์จำลองนั้น

4. บทบาทของผู้ฝึกที่มีในสถานการณ์จำลอง เนื่องจากการฝึกสถานการณ์จำลองทุกครั้ง ตัวผู้ฝึกเองจะเป็นส่วนหนึ่งในสถานการณ์ที่สร้างขึ้นผู้ฝึกจะต้องดำเนินไปตามบทบาท ที่เกี่ยวข้องในระหว่างการฝึก ซึ่งบทบาทเหล่านี้อาจถูกให้กระทำตามกำหนดไว้หรือเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติก็ตามย่อมแล้วแต่วัตถุประสงค์และลักษณะของการจำลองสถานการณ์นั้น ๆ

5. กระบวนการเรียนรู้ เนื่องจากสถานการณ์จำลองในการฝึกมักเกี่ยวข้องกับตัวบุคคลเสมอ ไม่ว่าจะทำงานในสถานการณ์จำลองเป็นกลุ่ม หรือทำงานในสถานการณ์จำลอง เพียงลำพัง ถ้าทำงานเป็นกลุ่มจะเป็นการเกี่ยวข้องระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อมที่จำลอง ฉะนั้นเพื่อผลสัมฤทธิ์ในการใช้สถานการณ์จำลอง ผู้ออกแบบจะต้องเข้าใจจิตวิทยาในการทำงานร่วมกันของบุคคลในสภาวะต่าง ๆ ซึ่งจะได้ออกแบบสถานการณ์ให้ตรงตามเป้าหมาย

6. เกณฑ์การฝึกในการฝึก สถานการณ์จำลองนั้นผู้ออกแบบสามารถกำหนดเป้าหมายและทิศทางการดำเนินการฝึกได้ด้วยกรตั้งกฎเกณฑ์ (คล้ายหรือเหมือนกับกติกาในการเล่นเกมส์) ในด้านการตั้งเกณฑ์นั้น ผู้ออกแบบมักจะตั้งกฎเกณฑ์ขึ้นจากการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงผลสำเร็จที่ต้องการให้ผู้ฝึกปฏิบัติ (ทัศนัย แสนพลพัฒน์. 2541 : 14-15)

2.5.4 ประโยชน์ และข้อจำกัดของสถานการณ์จำลอง

ทัศนัย แสนพลพัฒน์ (2541 : 19-20) ได้สรุปเป็นประเด็นสำคัญของประโยชน์ และข้อจำกัดของสถานการณ์จำลอง ไว้ดังนี้

1. การใช้สถานการณ์จำลอง ในด้านการเรียนการสอน Romiszowski ได้กล่าวถึงประโยชน์จากการจำลองสถานการณ์ไว้ดังนี้

1.1 สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ทางการศึกษาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1.2 สามารถทำให้ผู้เรียนที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

1.3 ทำให้การเรียนการฝึกที่ยู่ยากสลับซับซ้อนง่ายต่อการเข้าใจ และสร้างประสบการณ์คล้ายประสบการณ์จริง

1.4 สามารถลดค่าใช้จ่ายในทางเศรษฐกิจ ได้ เช่น อุปกรณ์การฝึกจริงมีราคาแพง ซ้ำรูดเสียหายได้ง่าย หรือสื่อของหนึ่งต้องเดินทางไปศึกษาไกล ๆ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมาก เช่น การเรียนภูมิศาสตร์ แก้ไขโดยการเรียนในห้องที่จำลองเกี่ยวกับภูมิศาสตร์แทน

1.5 ให้ความปลอดภัยในกรณีทำงานจริงมีอันตราย หรืองานที่ยู่ยากซับซ้อน เช่น การฝึกหัดขับเครื่องบิน หรือการซ่อมรถ เป็นต้น

1.6 ให้ผู้เรียนรู้ได้นอกเหนือจากการเรียนทางด้านเทคนิคอย่างเดียว เช่น สามารถเรียนรู้ทางทฤษฎี และทางอารมณ์ได้อีก เป็นต้น

1.7 สามารถทำให้ผู้ฝึกสถานการณ์จำลองเกิดแรงจูงใจในการเรียน

1.8 การจำลองสถานการณ์สามารถใช้ในหลักสูตรการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี ภายใต้งานใจการสร้างอย่างมีสมมติฐาน การแก้ปัญหาและการสังเกต การประเมินผล และแก้ไขข้อบกพร่องและสร้างการจำลองให้ได้ผลตามต้องการ

2. การใช้สถานการณ์จำลองในด้านการทดสอบทักษะ Cant Butler ได้สรุปว่า เนื่องจากการใช้อุปกรณ์จริงระหว่างการทดสอบทักษะประสบปัญหายุ่งยาก บางครั้งเราสามารถใช้อุปกรณ์จำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้ในการทดสอบทักษะเฉพาะอย่างถึงแม้ว่าการจำลองสถานการณ์จะไม่ทำให้เกิดงานได้เหมือนของจริง แต่ก็ไม่เป็นปัญหาในการทดสอบทักษะ เพราะสถานการณ์จำลองจะถูกสร้างอย่างรัดกุม โดยคำนึงถึงลักษณะการจำลองทักษะเป็นอย่างดี ซึ่งมีข้อคิดเห็นที่สำคัญ 4 ประการ ดังนี้

2.1 การจำลองสถานการณ์สามารถที่จะแยกการวัด การทดสอบเฉพาะส่วนย่อยของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานโดยตรง

2.2 การจำลองสถานการณ์เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าสถานการณ์จริง และยังสามารถสร้างการจำลองไว้เหมือน ๆ กันได้หลายชุด เพื่อสะดวกในการทดสอบทักษะของผู้เรียนพร้อมกันได้หลาย ๆ คนในแต่ละครั้งของการทดสอบทักษะ

2.3 การจำลองสถานการณ์นอกจากลดปัญหาความยุ่งยากลงแล้ว ยังช่วยให้ผู้ทดสอบเกิดความปลอดภัยอย่างแน่นอน

2.4 การจำลองสถานการณ์บางอย่างอาจควบคุมได้ โดยการต่อวงจรไฟฟ้าเพิ่มเติม และควบคุมการขับเคลื่อนด้วยสวิทช์ ซึ่งอุปกรณ์จริงไม่สามารถทำได้

ข้อจำกัดในการจำลองการทำงาน

รัชชัย ชยวณิช (2542 : 179-180) ในการจำลองการทำงานนั้น มีข้อจำกัดในทางปฏิบัติด้วยเช่นกัน เพราะในบางกรณี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของชิ้นส่วน/อุปกรณ์ก็ไม่

สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างครบถ้วนทั้งหมด รวมทั้งกรณีที่ใช้กำหนดรูปแบบวงจรที่จะนำมาทดลองการทำงานแบบฝึกหลักการ เช่น ต่อแบบลัดวงจร เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ก็จะไม่สามารถจำลองการทำงานได้เช่นเดียวกัน (ทั้ง ๆ ที่ในเชิงทฤษฎีนั้นจะรู้ได้ทันทีว่าแรงดันและกระแสเป็นอย่างไร) ทั้งนี้เพราะในการจำลองการทำงานนั้น ผู้สร้างโปรแกรมจะกำหนดกฎเกณฑ์ที่ใช้เป็นระเบียบวิธีในการคำนวณ ถ้ากำหนดเงื่อนไขบางอย่างคิดก็จะเป็นการดำเนินการต่อไปได้ แต่ก็อาจมีข้อความแจ้งให้ผู้ใช้ทราบถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ชิ้นส่วน/อุปกรณ์บางประเภทที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้นหรือค่อนข้างซับซ้อนก็อาจจะถูกประมาณว่ามีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้นหรือมีความซับซ้อนน้อยลงก็เป็นได้ดังที่ปรากฏในทางวิศวกรรมทั่วไป

ข้อดีของการจำลอง

1. สามารถควบคุมการทดลองได้ สามารถทำการทดลองซ้ำกี่ครั้งก็ได้ ลองใช้ข้อมูลป้อนเข้าระบบหลายชุดที่แตกต่างกันได้ ทำให้ทราบว่าระบบมีพฤติกรรมต่างกันไปอย่างไร
2. ทำให้ระยะเวลาในการศึกษาสั้นลง ถ้าศึกษาระบบจริงอาจต้องเสียเวลาคอยเป็นปีกว่าจะเกิดเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้าใช้คอมพิวเตอร์จำลองสามารถสร้างเหตุการณ์ให้เกิดขึ้นได้ทันทีในเวลาไม่ถึง 1 วินาที
3. ไม่ทำให้ระบบจริงเกิดความเสียหาย ลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างมาก
4. เป็นเครื่องมือสำคัญในการฝึกอบรมบุคลากร เช่น การฝึกหัดทางการแพทย์

ข้อเสียของการจำลอง

1. ต้องเสียเวลาในการสร้างแบบจำลองเป็นเวลานาน เนื่องจากระบบที่ทำการจำลองส่วนใหญ่มักจะเป็นระบบที่ซับซ้อน ดังนั้นตัวแบบจะมีตัวแปรที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย
2. ข้อสมมติฐานบางประการเกี่ยวกับตัวแปรของแบบที่สร้างขึ้นอาจทำให้ตัวแบบไม่เป็นตัวแทน ของระบบจริงได้เท่าที่ควรทำให้ผลที่ออกมาเกิดการผิดพลาด
3. ขาดประสบการณ์จากการใช้งานจริง

2.6 หลักการออกแบบกราฟิก

การออกแบบกราฟิก เป็นลักษณะของการออกแบบพื้นผิว 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อกลางสำหรับการถ่ายทอดข้อความ ความรู้สึกนึกคิด และอารมณ์ จากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งเพื่อให้เข้าใจ และรู้เรื่องโดยใช้ประสาทตาในการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ การออกแบบงานกราฟิกที่ดีควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การจัดองค์ประกอบดี วางตำแหน่งทิศทางของเส้นต่าง ๆ ให้สมดุล มีการให้สี แสงเงา ที่ดี มีจุดสนใจ โดยเน้นจุดสนใจให้เด่นชัด

2. สื่อความหมายได้ชัดเจน เมื่อผู้ดูแล้วจะได้ทราบถึงสิ่ง ที่ต้องการสื่อความหมาย
3. มีความตัดกันและคมชัด ภาพที่เน้นจุดสนใจจะทำให้ภาพแลดูน่าสนใจ มากกว่าภาพที่ไม่มีการเน้นส่วนสำคัญซึ่งจะทำให้ภาพดูไม่มีมิติ
4. ใช้วัสดุให้เหมาะสม โดยใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า

ในการออกแบบเพื่อที่จะได้สื่อความหมายให้ตรงกับวัตถุประสงค์ ควรมีการวางแผนหรือวางโครงร่างคร่าว ๆ ก่อน หลักการที่ทำให้การออกแบบสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ดูมีหลักการดังต่อไปนี้

1. ความง่าย (Simplify) หมายถึง ง่ายต่อการสื่อความหมายสามารถเข้าใจได้ทันที ง่ายในการอ่าน และง่ายต่อการนำไปใช้
2. เป็นเอกภาพ (Unity) หมายถึง มีความกลมกลืนกัน ไม่ว่าจะป็นรูปร่าง สี หรือ ช่องว่าง
3. การเน้น (Emphasis) หมายถึง ออกแบบให้มีแนวความคิดเดียวหรือจุดสนใจเดียว
4. ความสมดุล (Balance) หมายถึง น้ำหนักทางซ้ายและขวา จะเท่า ๆ กัน ซึ่งความสมดุลแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ

4.1 ความสมดุลตามแบบ (Formal balance) คือ ลักษณะทั้งสองข้างจะเท่ากัน

4.2 ความสมดุลไม่ตามแบบ สมดุลด้วยสายตา (Informal balance) คือ ลักษณะทั้งสองข้างจะไม่เหมือนกัน แต่ความรู้สึกเหมือนสมดุลกัน เช่น ภาพใหญ่สีอ่อน จะสมดุลกับภาพเล็กสีเข้ม

ในการออกแบบกราฟิกต่าง ๆ หรือการจัดองค์ประกอบภาพ สามารถใช้องค์ประกอบทางศิลปะเป็นแนวทางได้ สิ่งที่จะช่วยให้การออกแบบเร้าความสนใจผู้ดูยิ่งขึ้น คือ

1. เส้น (Line) ช่วยนำสายตาตามผู้ดู
2. รูปร่าง (Shape) ช่วยเร้าความสนใจเบื้องต้น
3. พื้นผิว (Texture) เพื่อเน้นถึงความแตกต่างและช่วยให้เกิดมิติ
4. สี (Color) ช่วยเพิ่มความเหมือนจริง ความแตกต่าง เน้นสิ่งที่ต้องการ ตลอดจนการแสดงออกถึงอารมณ์ของภาพได้เป็นอย่างดี
5. ช่องว่าง (Space) เพื่อความเป็นระเบียบ และถ้าเป็นตัวอักษรช่องว่างจะช่วยให้ง่ายต่อการอ่าน

สีกับการออกแบบ

สี คือ ลักษณะความเข้มของแสงสว่างที่ปรากฏต่อสายตา ช่วยทำให้เกิดความสวยงาม เป็นสิ่งที่โน้มน้าวจิตใจมนุษย์ ทำให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ ได้ เช่น ขนาดใหญ่หรือเล็ก ความ

สะอาด นามอง อุณหภูมิร้อนหรือเย็น เป็นต้น สีที่เลือกนำมาใช้สำหรับงานออกแบบ สามารถเลือกใช้ได้ตามความรู้สึกของมนุษย์ที่รู้สึกต่อสีนั้น ๆ ดังนี้

สีน้ำเงิน	ให้ความรู้สึกสงบเรียบ มีสมาธิ สบายตา หนักแน่น
สีเหลือง	ให้ความรู้สึกร่าเริง แจ่มใส ช่วยให้เกิดความคิด
สีแดง	ให้ความรู้สึกตื่นเต้น ดึงดูดความสนใจ ร้อนแรง
สีเขียว	ให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติ สดชื่น สบายตา มีความสุข
สีม่วง	ให้ความรู้สึกสงบเยือก อำนาจ เกียรติยศ
สีขาว	ให้ความรู้สึกบริสุทธิ์ สะอาด เบา
สีเทา	ให้ความรู้สึกเป็นกลาง สงบนิ่ง เรียบร้อย
สีดำ	ให้ความรู้สึกขบเซา แข็งแรง กลมกลืน
สีชมพู	ให้ความรู้สึกสดชื่น หอมหวาน น่ารัก นุ่มนวล
สีฟ้า	ให้ความรู้สึกโปร่งใส สะอาด
สีส้ม	ให้ความรู้สึกตื่นเต้น ร้อนแรง อันตราย

2.7 การประเมินคุณภาพโปรแกรม และสื่อ

เพื่อให้รู้ว่าโปรแกรมที่เลือกหรือผลิตขึ้นมานั้นสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ จะต้องมีการประเมินคุณภาพโปรแกรม และสื่อ (พิสิฐ เมธาภัทร และ ชีรพล เมธิกุล. 2529 : 171 – 173) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)

1.1 ด้านวัตถุประสงค์

1.1.1 สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์

1.1.2 สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

1.2 ด้านเนื้อหา

1.2.1 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด

1.2.2 เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้

1.2.3 เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรก

1.3 ประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ในการสื่อความหมาย

1.3.1 บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

1.3.2 สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอย ให้มีความหมายและเป้าหมาย มากขึ้น

1.3.3 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น

- 1.3.4 ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น
2. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน (Human Factor)
 - 2.1 ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
 - 2.2 ด้านผู้สอน
 - 2.2.1 สื่อไม่จำเป็นอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน
 - 2.2.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน
3. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อม และการนำไปใช้งาน
 - 3.1 ด้านวัสดุอุปกรณ์
 - 3.1.1 ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น
 - 3.1.2 ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น
 - 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบส่วนใหญ่ หาได้ตามวิทยาลัยทั่ว ๆ ไป
 - 3.2 ด้านเวลา
 - 3.2.1 เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
 - 3.2.2 เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อสั้น ไม่มากเกินไป
 - 3.3 ด้านการใช้เวลา
 - 3.3.1 สามารถนำไปใช้ง่าย และสะดวก
 - 3.3.2 ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
 - 3.3.3 ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่น ๆ ขณะไปใช้งาน

2.8 ความหมาย และการวัดความพึงพอใจ

พฤติกรรมเกี่ยวกับความพึงพอใจของมนุษย์คือความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียดหรือความกระวนกระวาย หรือภาวะไม่ได้คุณภาพในร่างกาย ซึ่งเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวได้แล้ว มนุษย์ย่อมได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่ตนต้องการ (เศกสิทธิ์, 2544 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8)

ความพึงพอใจตามความหมายของพจนานุกรมทางด้านจิตวิทยาคือ ความรู้สึกของผู้ที่มารับบริการต่อสถานบริการตามประสบการณ์ที่ได้รับ จากการเข้าไปติดต่อขอรับบริการในสถานบริการ นั้น

ความพึงพอใจ (Satisfaction) ตามความหมายของพจนานุกรมทางด้านพฤติกรรม (Walman, 1973 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8) ได้ให้คำจำกัดความว่า เป็นสภาพความรู้สึกของบุคคลที่มีความสุข ความอึดอเมใจ เมื่อความต้องการหรือแรงจูงใจของตนได้รับการตอบสนอง

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก รัก ชอบ ยินดี เต็มใจ หรือมีเจตคติที่ดีของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความพึงพอใจ จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับผลตอบแทนของความต้องการ ทั้งด้านวัตถุและด้านจิตใจ ความพึงพอใจเป็นเรื่องเกี่ยวกับอารมณ์ ความรู้สึก และทักษะของบุคคลอันเนื่องมาจากสิ่งเร้าและสิ่งจูงใจ ซึ่งจะปรากฏออกมาทางพฤติกรรม โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำกิจกรรมต่างๆ ของบุคคล (พิณ. 2529 และ อัจฉนา. 2534 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8)

Vroom (1964 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8) กล่าวว่า ทักษะคิตและความพึงพอใจในสิ่งหนึ่งสามารถใช้แทนกันได้เพราะทั้งสองคำนี้จะหมายถึง ผลที่ได้จากการที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้น ทักษะคิตด้านบวกจะแสดงให้เห็นสภาพความพึงพอใจในสิ่งนั้น และทักษะคิตด้านลบจะแสดงให้เห็นสภาพความไม่พึงพอใจ

Walman (1989 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8)กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ความต้องการ หรือแรงจูงใจ

ดิเรก ฤกษ์ห่วย (อ้างในรสรินทร์. 2538 : 36) กล่าวว่าความพึงพอใจ หมายถึงทักษะคิตในทางบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นความพึงพอใจในการปฏิบัติต่อสิ่งนั้น

อุทัยพรรณ สุคใจ (2545 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8) ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทักษะคิตของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาจจะเป็นไปในเชิงประเมินค่าว่าความรู้สึกหรือทักษะคิตต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้นเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ

ชรีณี เดชจินดา (2535 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 8) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทักษะคิตของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ความรู้สึกพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของบุคคลได้รับการตอบสนอง หรือบรรลุจุดมุ่งหมายในระดับหนึ่ง ความรู้สึกดังกล่าวจะลดลงหรือไม่เกิดขึ้น หากความต้องการหรือจุดมุ่งหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง

สนิท เหลือบุญนาค (2529 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 9) กล่าวถึงความพึงพอใจว่า หมายถึง ท่าที ความรู้สึกความคิดเห็นที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งภายหลังจากที่ได้รับประสบการณ์ในสิ่งนั้นมาแล้ว ในทางบวก พึงพอใจ นิยมชมชอบ สนับสนุน เจตคติที่ดีของบุคคล เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการ ในทางตรงกันข้าม ถ้าไม่ได้รับการตอบสนองตามความต้องการ ความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า ความพึงพอใจและความไม่พึงพอใจมีความเกี่ยวข้องกันในลักษณะตรงกันข้าม

วิชัย เหลืองธรรมชาติ (2531 อ้างในรัชวลี วรวุฒิ. 2548 : 9) กล่าวว่า ความพึงพอใจมีส่วนเกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความต้องการของมนุษย์ได้รับการตอบสนองซึ่งมนุษย์ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดย่อมมีความต้องการในขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน

พิน (2529 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 9) ได้สรุปไว้ว่า ความพึงพอใจว่าหมายถึง ความรู้สึกรัก ชอบ ยินดี เต็มใจ หรือมีเจตคติที่ดีของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับผลตอบแทนของความต้อการทั้งทางด้านวัตถุและจิตใจ

สุพล (2540 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 9) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก ความคิดเห็นในลักษณะเชิงบวกของบุคคลเมื่อได้รับการตอบสนองความต้อการหรือได้รับสิ่งตอบแทนที่คาดหวังไว้

สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์ (2540 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 9) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัวที่รู้สึกเป็นสุขหรือยินดีที่ได้รับการตอบสนองความต้อการในสิ่งที่ขาดหายไป หรือสิ่งที่ทำให้เกิดความไม่สมดุล ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมที่จะแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมใดๆ นั้น

อรรถพร (2546 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 9) ได้สรุปว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ทัศนคติหรือระดับความพึงพอใจของบุคคลต่อกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมนั้นๆ โดยเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ ค่านิยมและประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ ระดับของความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อกิจกรรมนั้นๆ สามารถตอบสนองความต้อการแก่บุคคลนั้นได้

สายจิตร (2546 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 9) ได้สรุปว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ แต่ถ้าเมื่อใดที่สิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้อการหรือทำให้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ ก็จะเกิดความรู้สึกทางบวกแต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าสิ่งใดสร้างความรู้สึกผิดหวังไม่บรรลุจุดมุ่งหมาย ก็จะทำให้เกิดความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกไม่พึงพอใจ

จากที่กล่าวข้างต้นพอสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ ค่านิยม และประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ และจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้อการให้แก่บุคคลนั้นได้ ซึ่งระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่างกันไป

การวัดความพึงพอใจ

โยธิน (2546 อ้างในรัชวลี วรุฒิ. 2548 : 10) กล่าวว่า มาตรการวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้อการทราบความคิดเห็นซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การบริหาร การควบคุมงาน และเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูด กิริยาท่าทาง วิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยในการสร้างโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ผู้วิจัยได้ศึกษาศึกษาค้นคว้ารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ดิเรก แม่งเตียน (2548 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าโปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาจะดပ်ปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม (ต่อเนื่อง 2 ปี) ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก มีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้ เลือกเนื้อหา วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สร้างแบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการออกแบบและสร้างโปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก โดยใช้โปรแกรม Macromedia Authorware และจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม MATLAB นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาข้อบกพร่อง เมื่อแก้ไขแล้วนำเสนอให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่อง และให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ ตรวจสอบประเมินคุณภาพสื่อ นำข้อมูลที่ได้ปรับแก้โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก มาทดลองหาประสิทธิภาพ ผลการวิจัยปรากฏว่าโปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาเท่ากับ 4.31 และมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อเท่ากับ 4.49 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับดีขึ้นไปทุกรายการและมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.60/83.33 ซึ่งไม่น้อยกว่า 80/80

ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ปริญญา จันทรใส (2548 : 39) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ หาคุณภาพโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล ด้านเนื้อหา และด้านผลผลิต และเพื่อศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล จำนวน 7 ท่าน ใช้แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สรุปได้ว่า คุณภาพโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล ด้านเนื้อหา และด้านผลผลิต อยู่ในระดับดี และผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล มีความพึงพอใจในระดับดีมากในการใช้โปรแกรม

บุญยงค์ แก้วบุคดี (2545 : บทคัดย่อ) วิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองแบบและวิเคราะห์ระบบคิว โดยใช้หลักการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) มาทำการจำลองคุณสมบัติ และพฤติกรรมของคิวและโครงข่ายคิวประเภทต่างๆ และพัฒนารูปแบบให้ใช้งานได้สะดวก และเห็นการทำงานได้โดยชัดเจน โดยใช้การติดต่อแบบวินโดว์ (Window Interface) ผู้ใช้สามารถออกแบบระบบคิวได้จากสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่ายบนหน้าจอ แก้วไขตัวแปรต่างๆ แล้ววิ่งโปรแกรมจำลองแบบ ได้ออกแบบส่วนวิเคราะห์และสรุปผลการจำลองแบบ สำหรับระบบอย่างสมบูรณ์ตามวิธีทางสถิติ การพัฒนาโปรแกรมใช้หลักการโปรแกรมแบบสนใจวัตถุ (Object Oriented) ซึ่งช่วยให้การสร้างโปรแกรมจำลองแบบที่ซับซ้อนทำได้ง่ายขึ้นและกะทัดรัด โปรแกรมนี้อยู่ในรูปแบบจาวาแอปเพล็ต (Java Applet) ซึ่งแสดงผลผ่าน โปรแกรมคูเอกสารอินเทอร์เน็ต (WEB Browser) และสามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ ออกแบบและพัฒนาระบบที่มีคิวเป็นส่วนประกอบได้

วิชัย ศิวรานนท์ (2541 : บทคัดย่อ) วิจัยและพัฒนาโปรแกรมและการจำลองการทำงานของเครื่องกลึง ซีเอ็นซี โดยเสนอแนวทางการแก้ไขด้วยการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาจำลองภาพกราฟิกของการทำงานของเครื่องจักรกล เพื่อให้เห็นการทำงานที่คล้ายกับการทำงานของเครื่องจักรกล โดยการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่คล้ายกับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้ในการศึกษา ฝึกหัดทักษะและเพิ่มพูนความชำนาญในการเขียนโปรแกรมควบคุมเชิงตัวเลข โดยได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบตอบโต้กับระบบได้ไม่ต้องเขียนโปรแกรม เหมือนกับการเขียนโปรแกรมทั่วไป เพียงแต่ใส่ค่าต่างๆ ตามที่ต้องการระบบก็จะทำการเขียนโปรแกรมให้โดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นก็สามารถจำลองภาพการทำงานของโปรแกรมให้เห็นได้

ทันทีด้วยวิธีนี้สามารถทราบการทำงานของโปรแกรมได้ว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ จึงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา

Pane Corbrt and John Samson (1996 : Abstract) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียกับการเรียนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียมีความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ จากการวิจัยดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียสามารถนำไปใช้ในการศึกษาและฝึกอบรมได้

Sweeney Trolip (1998 : Abstract) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยกลุ่มที่เรียนแบบปกติกับกลุ่มที่มีการเรียนเสริมด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าผลการวิจัยกลุ่มที่เรียนเสริมด้วยคอมพิวเตอร์ จะมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนเสริมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่มีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเรียนจำทำให้เกิดมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากการเรียนแบบปกติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการสร้างโปรแกรม การหาคุณภาพและ ความพึงพอใจในการใช้งาน ของโปรแกรม จำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ผู้วิจัย ได้กำหนดแนวทางวิธีการดำเนินการวิจัยตามหัวข้อ และขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือ ผู้ที่สนใจในการออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ

กลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรม โทecomนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คนได้มาโดย วิธีการสุ่มอย่างง่าย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนา โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ วงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ออกเป็น 3 ประเภทคือ

3.2.1 โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วย โปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นการพัฒนาเพื่อการจำลองสถานการณ์ การ ออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ แสดงผลบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำงานภายใต้

โปรแกรมหลัก MATLAB ใช้ทฤษฎีการคำนวณ การประมาณแบบ บัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth) ในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ แบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter)
4. วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter)

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพโปรแกรม เพื่อตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ที่มีต่อความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยยึดแนวขั้นตอนของ จรณิศ แก้วกัจจวน (2540:72-74) ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Water fall ทำให้เกิดเป็นชีวิตของซอฟต์แวร์ (Software life cycle.) มีกระบวนการทั้งหมด 5 ขั้นตอนซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ดังนี้

1. การวิเคราะห์ และการกำหนดขอบเขตงาน (Requirement Analysis and Definition.) ทำการศึกษา ทฤษฎีการออกแบบวงจรกรองความถี่ แบบพาสซีฟ และหลักการที่เกี่ยวข้อง ทำการกำหนดความสามารถของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ตรงกับเป้าหมาย และโครงสร้างระบบงานที่ผู้ใช้ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีคุณสมบัติและความสามารถดังนี้

- 1.1 การใช้งาน สามารถเลือกหน้าที่การทำงานแบบเมนูเลือก
- 1.2 แสดงผลการออกแบบในรูปแบบของกราฟ และแสดงวงจรจริง
- 1.3 การออกแบบวงจรกรองความถี่ ใช้ทฤษฎีการคำนวณการประมาณแบบ

Butterworth โดยมีค่าความต้านทานด้านอินพุท เท่ากับด้านเอาต์พุท ($R_s = R_L$)

- 1.4 สามารถปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรพารามิเตอร์ได้ตามชนิดของวงจรกรองความถี่
- 1.5 แสดงผลการออกแบบในรูปแบบของกราฟการตอบสนองในเชิงเวลา

(Time Domain) และเชิงความถี่ (Frequency Domain)

1.6 แสดงผลการออกแบบในรูปวงจรมีอนทางอุดมคติ ที่ชนิดวงจรรองความถี่
ละ 2 รูปแบบ แบบเมนูเลือก

1.7 การออกแบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่
แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB แบ่งการออกแบบเป็น 4 ประเภทวงจรรอง ดังนี้

1.7.1 วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

1.7.2 วงจรรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)

1.7.3 วงจรรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter)

1.7.4 วงจรรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter)

2. การออกแบบระบบ และซอฟต์แวร์ (System and Software Design)ในการออกแบบ
ระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม MATLAB ในการออกแบบ
โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม
MATLAB ที่ใช้ลักษณะฟังก์ชัน GUI (Graphic User Interface)ในการออกแบบโครงสร้างหลัก
ของโปรแกรม และแสดงผล

3. การกำหนดสร้าง และทดลองหน่วยย่อย (Implementation and Unit testing.)ในการ
ออกแบบระบบที่สร้างขึ้นแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1.ส่วนควบคุมหลักและการเชื่อมโยง 2.ส่วนการ
คำนวณค่าพารามิเตอร์ ในการออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟทั้ง 4 แบบ 3.ส่วนการ
แสดงผลลัพธ์ทางค่าพารามิเตอร์ กราฟแสดงผลตอบสนองทางความถี่ และรูปวงจรมีอนทาง
อุดมคติ

4. การเชื่อมโยง และการทดสอบทั้งระบบ (Implementation and System testing)โปรแกรม
ย่อยทั้ง 3 ส่วนจะถูกนำมาประสานรวมกันเป็นระบบงาน หลังจากนั้นจะตรวจสอบทั้งระบบ
โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าตรงตามแผนการที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถทำงานได้
อย่างถูกต้องเมื่อทดสอบเป็นที่พอใจแล้วจึงนำระบบนั้นไปเสนอต่อผู้ใช้

5. การติดตั้งใช้งาน และการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance)สุดท้ายนำระบบที่
พัฒนาเสร็จแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ ตรวจสอบ และ
พิจารณาปรับแต่งแก้ไขที่ได้กำหนดไว้ 4 ขั้นตอน ที่ผ่านมา แล้วแต่เห็นเหมาะสมในภายหลัง

3.3.1 การสร้างระบบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบ
พาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่ทำงานภายใต้โปรแกรมหลัก MATLAB ผู้วิจัยได้ดำเนินการ
ตามลำดับดังนี้

(1) ศึกษาทฤษฎีและหลักการของการเขียนโปรแกรมแอ็กชันสคริปต์ (Action Script) กับ
รูปแบบ M – Files (นามสกุล .m) บนการใช้งานแบบ GUI (Graphic User Interface) ของ
โปรแกรม MATLAB

(2) ศึกษา การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ซึ่งจะนำข้อมูลมาสร้าง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

(3) กำหนดขอบเขตขนาด และความสามารถของซอฟต์แวร์

(4) สร้างแบบร่างของซอฟต์แวร์ ออกแบบหน้าจอ ส่วนควบคุมหลักและการเชื่อมโยง ส่วนการคำนวณค่าพารามิเตอร์ ในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟทั้ง 4 แบบ ส่วนการแสดงผลทั้งทางค่าพารามิเตอร์ กราฟแสดงผลตอบสนองทางความถี่ และวงจรเสมือนทางอูมคติ

(5) นำแบบร่างของซอฟต์แวร์ ออกแบบหน้าจอ ส่วนควบคุมหลักและการเชื่อมโยง ส่วนการคำนวณค่าพารามิเตอร์ ในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟทั้ง 4 แบบ ส่วนการแสดงผลทั้งทางค่าพารามิเตอร์ กราฟแสดงผลตอบสนองทางความถี่ และวงจรต้นแบบ ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร่วมตรวจสอบ

(6) สร้างโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ โดยการเขียนโปรแกรมแอ็กชันสคริปต์(Action Script)กับรูปแบบ M – Files (นามสกุล .m) บนการใช้งานแบบ GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม MATLAB

(7) นำซอฟต์แวร์ที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบอีกครั้ง

(8) นำซอฟต์แวร์ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้าน เนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อความถูกต้อง เหมาะสม แก้ไข ปรับปรุง ในส่วนช่องการเติมค่าตัวแปร และการแสดงกราฟการตอบสนอง จึงทำการวิเคราะห์ เพื่อหาคุณภาพ

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีความเหมาะสมในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีความเหมาะสมในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีความเหมาะสมในระดับพอใช้

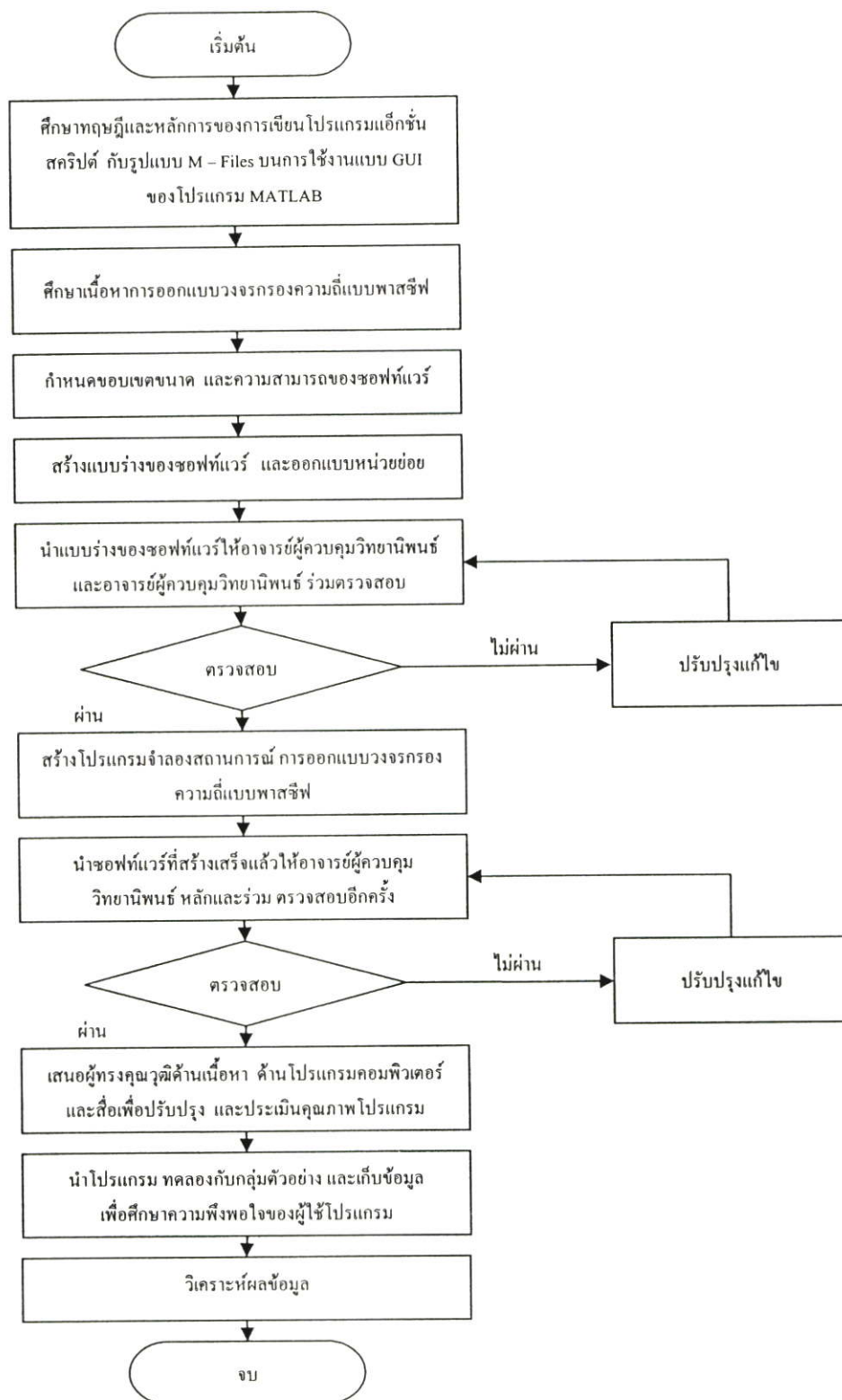
ระดับ 1 หมายถึงโปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีความเหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

- 1) รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจําภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) ผศ.ดร.วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจําภาควิชาวิศวกรรมระบบ
ควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3) ดร.อรุณี จันทร์ศิลา
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจําโปรแกรมวิชา
คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ

- 1) รศ.วิสุทธ์ สุนทรกนกพงศ์
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจําภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 2) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจําภาควิชาครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 3) ผศ.สิทธิชัย บุตรสมั่น
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจําโปรแกรมวิชา
เทคโนโลยีอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 - 4) ผศ.วรวิทย์ สมหา
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจําภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - 5) อาจารย์พงษ์เกียรติ เขษมพิทักษ์กุล
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจําภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (9) นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วย
โปรแกรม MATLAB ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขและทำการวิเคราะห์ เพื่อหาคุณภาพแล้ว ทดลอง
กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสม
ของโปรแกรม
- (10) นำผลที่ได้จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ข้อมูล



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

(1) กำหนดหัวข้อและสร้างแบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ โดยผู้วิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ด้านเนื้อหา และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ในการให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1) ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 หมายถึง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2) เกณฑ์การประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ อยู่ในระดับดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ อยู่ในระดับดี

2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ อยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ อยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ อยู่ในระดับควรปรับปรุง

(2) นำแบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร่วมตรวจสอบเพื่อไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

(3) นำแบบประเมินคุณภาพของโปรแกรม ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน ตรวจสอบเพื่อหาข้อเสนอนะ และข้อปรับปรุงข้อคำถามให้สอดคล้องกับด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ จำนวน 3 ท่านดังรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน

1) รศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) รศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(4) นำแบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินหาคุณภาพโปรแกรม

(5) นำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ค่าเฉลี่ยจะต้องอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3.3.3 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

(1) กำหนดหัวข้อและสร้างแบบร่างแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ โดยผู้วิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ด้านเนื้อหา และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ในการให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1) ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

2) เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ ของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก

2.50-3.49 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับน้อย

1.00-1.49 หมายถึง ความพึงพอใจ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

(2) นำแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร่วมตรวจสอบเพื่อไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

(3) นำแบบแบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรม ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน ตรวจสอบเพื่อหาข้อเสนอแนะ และข้อปรับปรุงจำนวน 3 ท่านดังรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน

1) รศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) รศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

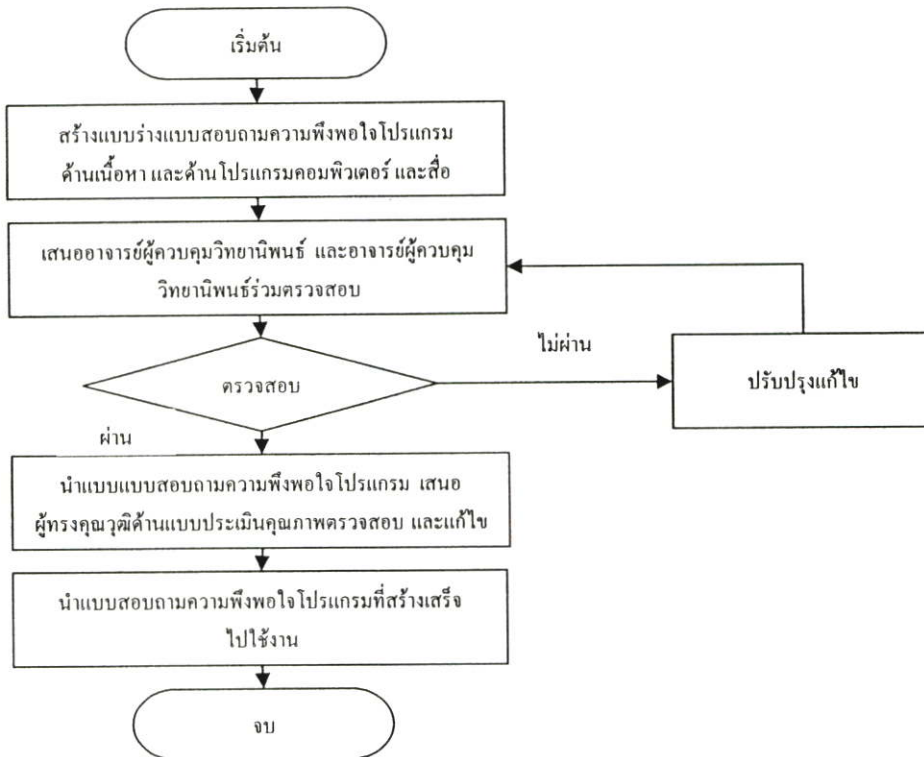
3) ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(4) นำแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งมีข้อคำถามในด้านภาพรวมของโปรแกรมและการใช้งาน ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม

เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

(5) นำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ค่าเฉลี่ยจะต้องอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลองสถานการณ์การ ออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการติดต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เพื่อจัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และประสานงานในการทำวิจัยในครั้งนี้ ถึงผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ และกลุ่มตัวอย่าง
2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ติดต่อประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ และกลุ่มตัวอย่าง
3. นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB พร้อมกับ แบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ

วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ ทดลองใช้และประเมินคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลการประเมินมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุป และอภิปรายผล

4. นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB พร้อมกับ แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งมีข้อคำถามในด้านภาพรวมของโปรแกรมและการใช้งาน ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจ เพื่อนำข้อมูลการประเมินมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุป และอภิปรายผล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพ และความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

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

เมื่อ	\bar{X}	= ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	$\sum X$	= ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	X	= คะแนนแต่ละจำนวน
	N	= จำนวนข้อมูล

3.5.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179) ใช้สูตร

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

เมื่อ	S.D.	= ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	N	= จำนวนข้อมูล
	X	= ค่าคะแนนแต่ละคน
	\bar{X}	= ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X$	= ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเพื่อพัฒนา หาคุณภาพโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งจะต้องมีคุณภาพ ระดับดี ขึ้นไปโดยประเมินคุณภาพ 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหา และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านละ 3 ท่าน อีกทั้งศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ จากนักศึกษาจะดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คนโดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของประชากรจากหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

4.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

การวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยประเมินคุณภาพ 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา 3 ท่าน และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ 5 ท่าน รวม 8 ท่าน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	N=3		ระดับคุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1.เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
2.ความถูกต้องของเนื้อหาการออกแบบการสร้างโปรแกรม	4.67	0.47	ดีมาก
3.ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.00	0.82	ดี
4.ความถูกต้องของภาพวงจรเสมือนที่ใช้	4.00	0.00	ดี
5.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส	4.67	0.47	ดีมาก
6.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด	4.67	0.47	ดีมาก
7.ความเหมาะสมในการจัดลำดับการออกแบบวงจร	4.67	0.47	ดีมาก
8.ความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่จำลองการออกแบบได้	4.33	0.47	ดี
9.สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่จำลองได้จาก โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ไปใช้งานในการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟได้จริง	4.33	0.47	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.33	0.46	ดี

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับดี(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ

รายการประเมิน	N=5		ระดับคุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1.การวางรูปแบบหน้าจอ	3.75	0.45	ดี
2.ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.25	0.45	ดี
3.ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่และกรอบ	4.50	0.55	ดีมาก
4.ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.25	0.84	ดี
5.ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	4.25	0.45	ดี
6.ความเหมาะสมของสีของภาพวงจรเสมือน	4.50	0.55	ดีมาก
7.ความเหมาะสมของความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน	4.25	0.55	ดี
8.ความเหมาะสมของการจัดวางภาพวงจรเสมือน	4.50	0.55	ดีมาก
9.ความเหมาะสมของสีของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนอง	4.00	0.84	ดี
10.ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนอง	4.00	0.71	ดี
11.โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ	3.75	0.45	ดี
12.มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลองใช้	3.75	0.45	ดี
13.การบำรุงรักษาโปรแกรมจำลองทำได้ง่าย	3.75	0.45	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.12	0.56	ดี

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.56 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.)

4.2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB และตอนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักศึกษาจะดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากร 30 คน

ข้อมูล		จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
1.เพศ	ชาย	26	86.67
	หญิง	4	13.33
2.อายุ	16-19 ปี	0	0
	20-24 ปี	30	100
	25-29 ปี	0	0
	มากกว่า 30 ปีขึ้นไป	0	0
3.ท่านมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ในลักษณะนี้หรือไม่	เคย	2	6.67
	ไม่เคย	28	93.33

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากร 30 คนเรียงลำดับคะแนนและเปอร์เซ็นต์พบว่าประชากรจำนวน 30 คน เป็นเพศชาย 26 คน หรือร้อยละ 86.67 เพศหญิง 4 คน หรือร้อยละ 13.33 มีอายุระหว่าง 20-24 ปี ทั้งหมด 30 คนคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี โดยไม่เคยมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ในลักษณะนี้มาก่อนจำนวน

28 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 93.33 และเคยมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ในลักษณะนี้มาก่อนจำนวน 2 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 6.67

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

รายการประเมิน	N=30		ระดับความพึงพอใจ
	\bar{X}	S.D.	
1.ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB	3.83	0.38	มาก
2.ความครบถ้วนของการจำลองการออกแบบการสร้างวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.40	0.67	มาก
3.ความถูกต้องของการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ	4.17	0.38	มาก
4.ความเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ	4.77	0.43	มากที่สุด
5.ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่างๆจากการคำนวณโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.67	0.48	มากที่สุด
6.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด	4.27	0.45	มาก
7.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส	4.40	0.50	มาก
8.ความเหมาะสมของวงจรเสมือนวงจรรองความถี่	4.77	0.43	มากที่สุด
9.รูปแบบการแสดงผลของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ	4.00	0.45	มาก
10.ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ วงจรรองความถี่แบบพาสซีฟที่เกิดขึ้นในการใช้งานมีน้อย	4.03	0.49	มาก
11.ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.20	0.71	มาก
12.การนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟไปใช้งานจริง	4.07	0.58	มาก
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.30	0.50	มาก

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนักศึกษาจะดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย มีความพึงพอใจโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา (Research and Development) โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรื่อง โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ในบทนี้ได้สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

- 5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย
- 5.2 สมมติฐานการวิจัย
- 5.3 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 5.7 สรุปผลการวิจัย
- 5.8 อภิปรายผล
- 5.9 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

5.2 สมมติฐานการวิจัย

1. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ มีคุณภาพระดับดีขึ้นไป
2. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB จากการสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง มีความความพึงพอใจโปรแกรมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

5.3 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือผู้ที่สนใจในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนา โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นการพัฒนาเพื่อการจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ แสดงผลบนหน้าจอเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำงานภายใต้โปรแกรมหลัก MATLAB ใช้ทฤษฎีการคำนวณ การประมาณแบบ บัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth) ในการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ แบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass filter)
4. วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band stop filter)

2. แบบประเมินคุณภาพโปรแกรม เพื่อตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

3. แบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง ที่มีต่อความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อกับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เพื่อจัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และประสานงานในการทำวิจัยในครั้งนี้ ถึงผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ และกลุ่มตัวอย่าง

2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ติดต่อประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ และกลุ่มตัวอย่าง

3. นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB พร้อมกับ แบบประเมินคุณภาพ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านและด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ จำนวน 5 ท่านทดลองใช้และประเมินคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลการประเมินมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุป และอภิปรายผล

4. นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB พร้อมกับ แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน คือนักศึกษาจะดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจ เพื่อนำข้อมูลการประเมินมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุป และอภิปรายผล

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพ และความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. หาคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยประเมินคุณภาพ 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหา และด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ

2. ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

5.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้เป็นดังนี้

1. คุณภาพ ของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับดี สามารถนำไปออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟได้

คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.56 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี สามารถนำไปออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟได้

2. ความพึงพอใจ ของผู้ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนักศึกษาจะระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย มีความพึงพอใจโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่สร้างขึ้นเป็นที่พึงพอใจในการใช้งาน

5.8 อภิปรายผล

จากการวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยในการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับดี เนื่องจากการกำหนดเนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาการออกแบบการสร้างโปรแกรม ภาษาที่ใช้ ภาพวงจรเสมือนที่ทำการวาด

ประกอบการออกแบบวงจร ตามความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่จำลองการออกแบบได้ ทำให้กราฟแสดงการตอบสนองทางขนาดและกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส มีความถูกต้อง โดยการออกแบบการจัดลำดับการออกแบบวงจรความเหมาะสมสามารถเลือกออกแบบได้อย่างคล่องตัวและเหมาะสม ซึ่งสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่จำลองได้จาก โปรแกรมจำลองสถานการณ์การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ไปใช้งานในการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟได้จริง และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 แสดงว่าผู้ประเมินมีความคิดเห็นไปในแนวทางเดียวกัน

ผลการวิจัยในการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.12 แสดงว่าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี เนื่องจากการการวางรูปแบบหน้าจอที่ง่ายต่อการใช้งาน ขนาดตัวอักษร การจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่และกรอบ สีตัวอักษร สีพื้นหลัง สีของภาพ วงจรเสมือน มีความเหมาะสม สวยงาม อีกทั้งมีความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน การจัดวางภาพ วงจรเสมือน สีของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนองที่เหมาะสม และชัดเจนในการศึกษาเปรียบเทียบ โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลอง และสามารถทำการบำรุงรักษาโปรแกรมจำลองทำได้ง่าย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.56 แสดงว่าผู้ประเมินมีความคิดเห็นไปในแนวทางเดียวกัน

ผลการวิจัยในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB มีความพึงพอใจโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก เนื่องจากโปรแกรมมีความสะดวกในการช่วยการออกแบบ สามารถลดเวลาการคำนวณ และยังสามารถนำค่าพารามิเตอร์ ที่ทำการจำลองได้ไปวิเคราะห์ศึกษาการตอบสนองทางขนาดและทางเฟสได้ทันที เหมาะกับการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟไปใช้งานจริง หรือใช้เพื่อการศึกษาการออกแบบได้ดี โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 แสดงว่าผู้ประเมินมีความคิดเห็นไปในแนวทางเดียวกัน

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปริญญา จันทรใส(2548:บทคัดย่อ)ได้ว่า คุณภาพโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล ด้านเนื้อหา และด้านผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี และผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล มีความพึงพอใจในระดับดีมาก ในการใช้โปรแกรม

ดังนั้นโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถทำการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ และนำไปใช้งานได้จริง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.9 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลวิจัยไปใช้งาน

1. ผู้ใช้ควรอ่านคู่มือการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อความสะดวก และความคล่องตัวในการใช้งาน
2. ผู้ใช้ควรมีพื้นฐานความรู้ในหลักการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ เพื่อที่จะสามารถทำการวิเคราะห์ เลือกการออกแบบที่ดีที่สุด และเหมาะสมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มนักศึกษาหรือนักวิชาการสามารถนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ประกอบการศึกษาเพื่อเรียนรู้ควบคู่การศึกษาทางทฤษฎีเรื่องการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนของการจำลองการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ
2. ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนการกำหนดจำนวนตัวอุปกรณ์ให้มากกว่านี้
3. ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนการแสดงผลการตอบสนองเพื่อการเปรียบเทียบ
4. ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนการเชื่อมโยงกับ โปรแกรมอื่นเพื่อให้ตัวโปรแกรม MATLAB สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
5. ควรมีการเพิ่มเติมในส่วนของวงจรเสมือนให้สามารถจำลองการออกแบบตามจำนวนของการออกแบบได้ตรงตามการแสดงค่าอุปกรณ์
6. นำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ศึกษาเปรียบเทียบเชิงลึก กับ โปรแกรมทางวิศวกรรมอื่นๆ

บรรณานุกรม

- กอบชัย สิริพงษ์ดี. 2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Protel.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- กันยรัตน์ จนวนรุ่ง. 2547. “บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบจำลองสภาพการทำงาน เรื่องกลุ่มคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จรมิต แก้วก้งวาน. 2540. **วิศวกรรมซอฟต์แวร์หลักการออกแบบพัฒนาระบบเชิงวิศวกรรมและองค์ประกอบมนุษย์**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- จำลอง ศรีสง่า. 2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องทฤษฎีลอจิกเกต วิชาดิจิตอลเบื้องต้น.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จิรยุทธ์ มหัทธนกุล. 2541. **การออกแบบวงจรกรองแอนะล็อก**. กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล.
- ดำรงค์ ทิพย์โยธา. 2546. **คณิตศาสตร์ปรนัย เล่มที่ 28 : คู่มือโปรแกรมสำเร็จรูป MATHCAD MATHEMATICA MATLAB MAPLE**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดิเรก แม่งเตียน. 2548. “โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการมอดูเลตและดีมอดูเลตในระบบสื่อสารแอนะล็อก ” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ดนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. กรุงเทพฯ :ดวงกมลโปรดักชั่น.
- ทักษิณา สนวนานนท์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ครุสภาลาดกระบัง.
- ทัศนัย แสนพลพัฒน์. 2541. “การออกแบบและสร้างชุดจำลองการทำงานเครื่องกลไฟฟ้า กระแสตรงด้วยคอมพิวเตอร์” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บรรพต ชมงาม. 2539. “ การพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูล สำหรับสืบค้นการเรียนการสอนทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้ไมโครคอม ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- บุญยงค์ แก้วบุตดี. 2545. “โปรแกรมจำลองแบบและวิเคราะห์ระบบคิว” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประกาศิต ภัทรรังษี. 2536. “การสร้างชุดฝึกสถานการณ์จำลองปัญหาปรับอากาศในรถยนต์” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ปริญญา จันทร์ไส. 2548. “โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรื่องการสร้างสายอากาศไดโพล” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิสิฐ เมธาภัทร และธีรพล เมธิกุล. 2529. **ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มนัส สังวรศิลป์ และวรรธน์ ภัทรอมรกุล. 2543. **คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพฯ : อินโฟเพรส.
- ยีน ภู่วรรณ. 2538. “การใช้คอมพิวเตอร์การสอนในการเรียนการสอน” หน้า 31-33. รายงานการสัมมนาบทบาทของเทคโนโลยีขั้นสูงต่อการพัฒนาการศึกษาไทยในอนาคต. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **วิธีวิจัยทางการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- รัชวลี วรภูมิ. 2548. “ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของข้าราชการสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (รัฐศาสตร์) สาขาวิชา รัฐศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย ศิวรานนท์. 2541. “โปรแกรมและการจำลองการทำงานของเครื่องกลึง ซีเอ็นซี” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสื่อสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วีระพงษ์ พลฤษชาติ. 2548. “การปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์ห่วงจอร์อิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรมพีเอสไปซ” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุนทร โคตรบรรเทา. 2535. **เทคนิคการสอนรบบวงจร.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สุรพล ดีขำ. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ” วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- เสริมศรี ไชยศร. 2528. ระบบหลักสูตรการสอน. เชียงใหม่ : พระสิงห์การพิมพ์.
- อรพรรณ พรสีมา. 2530. เทคโนโลยีทางการสอน. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.
- อำนาจ เจริญศิลป์. 2526. การฝึกประสบการณ์วิชาชีพภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูธนบุรี.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

- แบบประเมินโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา
- แบบประเมินโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ
- แบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB

**แบบประเมินโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา**

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย “✓” ลงในช่องว่างทางขวามือ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. ความถูกต้องของเนื้อหาการออกแบบการสร้างโปรแกรม					
3. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
4. ความถูกต้องของภาพวงจรเสมือนที่ใช้					
5. ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส					
6. ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด					
7. ความเหมาะสมในการจัดลำดับการออกแบบวงจร					
8. ความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่จำลองการออกแบบได้					
9. สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่จำลองได้จาก โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ไปใช้งานในการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟได้จริง					

ข้อควรได้รับการแก้ไข

ข้อเสนอแนะ อื่นๆ

ลงชื่อผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB สำหรับผู้เชี่ยวชาญทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย “✓” ลงในช่องว่างทางขวามือ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
	5	4	3	2	1
1.การวางรูปแบบหน้าจอ					
2.ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
3.ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ และกรอบ					
4.ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
5.ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง					
6.ความเหมาะสมของสีของภาพวงจรเสมือน					
7.ความเหมาะสมของความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน					
8.ความเหมาะสมของการจัดวางภาพวงจรเสมือน					
9.ความเหมาะสมของสีของกราฟการวิเคราะห์การ ตอบสนอง					
10.ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการ วิเคราะห์การตอบสนอง					
11. โปรแกรมจำลองมีลักษณะดูน่าสนใจ					
12. มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้ โปรแกรมจำลองใช้					
13. การบำรุงรักษาโปรแกรมจำลองทำได้ง่าย					

ข้อควรได้รับการแก้ไข

ข้อเสนอแนะ อื่นๆ

ลงชื่อผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อการวิจัย เรื่อง

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจมีทั้งหมด 2 ตอนด้วยกัน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ
วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB

ตอนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามความพึงพอใจฉบับนี้ สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความพึงพอใจของ
โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม
MATLAB

การวิจัยในครั้งนี้จะสำเร็จได้ต้องอาศัยความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถาม
ความพึงพอใจ ผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณาโปรดสละเวลาตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยให้
ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนตรงความเป็นจริง ข้อมูลที่ท่านตอบมาจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะถูก
นำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อการวิจัยนี้เท่านั้น ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้
ความร่วมมือครั้งนี้

ว่าที่ ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาณิช
ผู้ดำเนินการวิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจ

เพื่อประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบ
พาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรอง
ความถี่

แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย “✓” ลงในช่องว่างทางขวามือ ที่ตรงกับความรู้สึกความพึงพอใจของ
ท่าน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
1.ความสะดวกในการใช้งาน โปรแกรมจำลอง สถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาส ซีฟ ด้วย โปรแกรม MATLAB					
2.ความครบถ้วนของการจำลองการออกแบบการสร้าง วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ					
3.ความถูกต้องของการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ					
4.ความเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆจากโปรแกรม จำลองสถานการณ์ การออกแบบ					
5.ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่างๆจากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจร กรองความถี่แบบพาสซีฟ					
6.ความถูกต้องและการแสดงของกราฟแสดงการ ตอบสนองทางขนาด					
7.ความถูกต้องและการแสดงของกราฟแสดงการ ตอบสนองทางเฟส					
8.ความเหมาะสมของวงจรเสมือนวงจรกรองความถี่					
9.รูปแบบการแสดงผลของ โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ					

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
10.ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลองสถานการณ์วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟที่เกิดขึ้นในการใช้งานมีน้อย					
11.ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ					
12.การนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟไปใช้งานจริง					

ตอนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย “✓” ลงในช่องว่าง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1.เพศ

ชาย

หญิง

2.อายุ

16-19 ปี

20-24 ปี

25-29 ปี

มากกว่า 30 ปีขึ้นไป

3.ท่านมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ในลักษณะนี้หรือไม่

เคย

ไม่เคย

ข้อเสนอแนะ อื่นๆ

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้ความร่วมมือครั้งนี้

ภาคผนวก ข.

- ข้อมูลและผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา
- ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ
- ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรอง ความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	N=3		ระดับคุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1.เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
2.ความถูกต้องของเนื้อหาการออกแบบการสร้างโปรแกรม	4.67	0.47	ดีมาก
3.ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.00	0.82	ดี
4.ความถูกต้องของภาพวงจรเสมือนที่ใช้	4.00	0.00	ดี
5.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด	4.67	0.47	ดีมาก
6.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส	4.67	0.47	ดีมาก
7.ความเหมาะสมในการจัดลำดับการออกแบบวงจร	4.67	0.47	ดีมาก
8.ความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่จำลองการออกแบบได้	4.33	0.47	ดี
9.สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่จำลองได้จาก โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB ไปใช้งานในการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟได้จริง	4.33	0.47	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.33	0.46	ดี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเมื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อเรียงลำดับพบว่า มีข้อพิจารณาที่ได้ผลระดับคุณภาพ ระดับดีมาก ตามลำดับคือ ด้านเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านความถูกต้องของเนื้อหาการออกแบบการสร้างโปรแกรม ด้านความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด การตอบสนองทางเฟส ด้านความเหมาะสมในการจัดลำดับการออกแบบวงจร และอยู่ในลำดับ ดี ดังนี้ ด้านความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ที่จำลองการออกแบบได้ ด้านสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่จำลองได้จากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ไปใช้งานในการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟได้จริง ด้านความถูกต้องของภาพวงจรเสมือนที่ใช้ และด้านความถูกต้องของภาษาที่ใช้ โดยค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวมเท่ากับ 4.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ซึ่งระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรอง ความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ

รายการประเมิน	N=5		ระดับคุณภาพ
	\bar{X}	S.D.	
1.การวางรูปแบบหน้าจอ	3.75	0.45	ดี
2.ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.25	0.45	ดี
3.ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่และกรอบ	4.50	0.55	ดีมาก
4.ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.25	0.84	ดี
5.ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	4.25	0.45	ดี
6.ความเหมาะสมของสีของภาพวงจรเสมือน	4.50	0.55	ดีมาก
7.ความเหมาะสมของความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน	4.25	0.55	ดี
8.ความเหมาะสมของการจัดวางภาพวงจรเสมือน	4.50	0.55	ดีมาก
9.ความเหมาะสมของสีของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนอง	4.00	0.84	ดี
10.ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนอง	4.00	0.71	ดี
11. โปรแกรมจำลองมีลักษณะดูน่าสนใจ	3.75	0.45	ดี
12. มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลองใช้	3.75	0.45	ดี
13. การบำรุงรักษาโปรแกรมจำลองทำได้ง่าย	3.75	0.45	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.12	0.56	ดี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรอง ความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเมื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อเรียงลำดับพบว่า มีข้อพิจารณาที่ได้ผลระดับคุณภาพ ระดับดีมาก ตามลำดับคือ ด้านความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่และกรอบ ด้านความเหมาะสมของสีของภาพวงจรเสมือน ด้านความเหมาะสมของการจัดวางภาพวงจรเสมือน และอยู่ในลำดับ ดี ดังนั้นด้านความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน ด้านความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร สีพื้นหลัง ความชัดเจนของภาพวงจรเสมือน ด้านความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์การตอบสนอง สีของกราฟการ

วิเคราะห์การตอบสนอง ด้านการวางรูปแบบหน้าจอ โปรแกรมจำลองมีลักษณะดูน่าสนใจ ด้านความสะดวกความคล่องตัวในการใช้ และด้านการบำรุงรักษาโปรแกรมจำลองทำได้ง่าย โดยค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวมเท่ากับ 4.12 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ซึ่งระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จากประชากร 30 คน

ข้อมูล		จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
1.เพศ	ชาย	26	86.67
	หญิง	4	13.33
2.อายุ	16-19 ปี	0	0
	20-24 ปี	30	100
	25-29 ปี	0	0
	มากกว่า 30 ปีขึ้นไป	0	0
3.ท่านมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ในลักษณะนี้หรือไม่	เคย	2	6.67
	ไม่เคย	28	93.33

จากผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ซึ่งเมื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อเรียงลำดับพบว่า มีข้อพิจารณาที่ได้ผลระดับความพึงพอใจ ระดับมากที่สุดตามลำดับคือ ความเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ความเหมาะสมของวงจรเสมือน ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่างๆ และอยู่ในลำดับ มาก ดังนี้ ด้านความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส และทางขนาด ด้านความครบถ้วนของการจำลองการออกแบบ ด้านความถูกต้องของการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ด้านความสวยงาม เหมาะสมโดยรวม ด้านการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ ไปใช้งานจริง ด้านข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในการใช้งานมีน้อย ด้านรูปแบบการแสดงผล โดยค่าเฉลี่ยเลขคณิตรวมเท่ากับ 4.30 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม เกี่ยวกับความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

รายการประเมิน	N=30		ระดับความพึงพอใจ
	\bar{X}	S.D.	
1.ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB	3.83	0.38	มาก
2.ความครบถ้วนของการจำลองการออกแบบการสร้างวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.40	0.67	มาก
3.ความถูกต้องของการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ	4.17	0.38	มาก
4.ความเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ	4.77	0.43	มากที่สุด
5.ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่างๆจากการคำนวณโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.67	0.48	มากที่สุด
6.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางขนาด	4.27	0.45	มาก
7.ความถูกต้องของกราฟแสดงการตอบสนองทางเฟส	4.40	0.50	มาก
8.ความเหมาะสมของวงจรเสมือนวงจรกรองความถี่	4.77	0.43	มากที่สุด
9.รูปแบบการแสดงผลของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบ	4.00	0.45	มาก
10.ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลองสถานการณ์ วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟที่เกิดขึ้นในการใช้งานมีน้อย	4.03	0.49	มาก
11.ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ	4.20	0.71	มาก
12.การนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟไปใช้งานจริง	4.07	0.58	มาก
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.30	0.50	มาก

ภาคผนวก ค.

- คู่มือการใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB

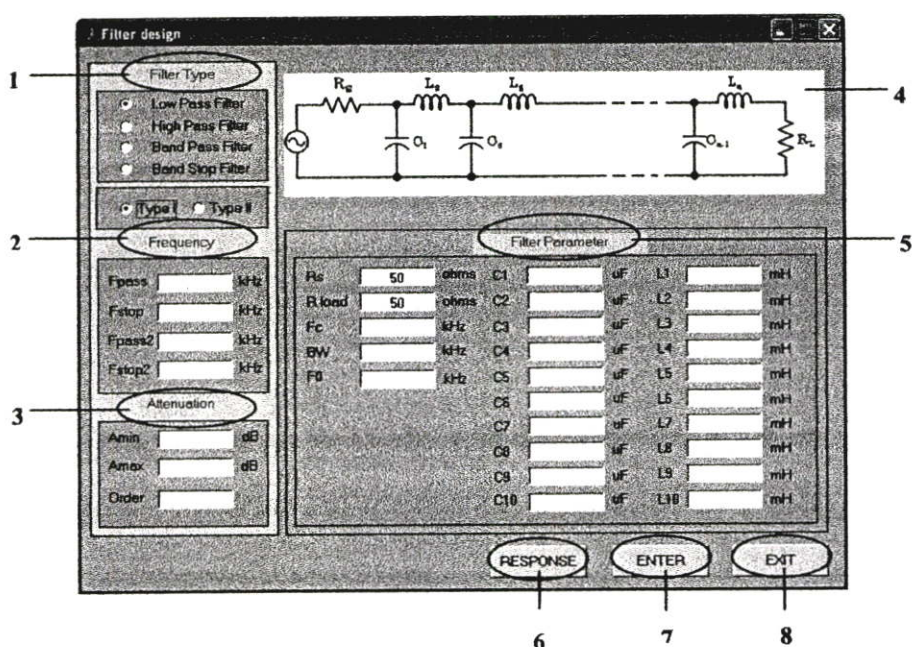
คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ

ด้วยโปรแกรม MATLAB

การใช้งานโปรแกรมการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ส่วนที่ต้องทำความเข้าใจ คือ ส่วนประกอบบนหน้าต่างเมนูหลัก วิธีการใช้โปรแกรม ทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรกรองความถี่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ส่วนประกอบของโปรแกรมการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ



ภาพที่ ค.1 ส่วนประกอบของโปรแกรมออกแบบวงจรกรองความถี่พาสซีฟ

1. **Filter Type** เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานโปรแกรมเลือกประเภทของวงจรกรองความถี่ ดังนี้

Low Pass Filter หมายถึง วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

High Pass Filter หมายถึง วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

Band Pass Filter หมายถึง วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

Band Stop Filter หมายถึง วงจรกรองแถบความถี่หยุด

Type I หมายถึง รูปแบบการต่อวงจรแบบที่ 1

Type II หมายถึง รูปแบบการต่อวงจรแบบที่ 2

2. **Frequency** ให้ผู้ใช้งานโปรแกรมกำหนดความถี่ที่ต้องการในหน่วย kHz ดังนี้

Fpass หมายถึง ความถี่ที่สามารถผ่านได้

Fstop หมายถึง ความถี่ที่ไม่สามารถผ่านได้

Fpass2 ความถี่ที่สามารถผ่านได้

Fstop2 ความถี่ที่ไม่สามารถผ่านได้

3. **Attenuation** ให้ผู้ใช้งาน โปรแกรมกำหนดค่าการลดทอนสัญญาณในหน่วย dB และ กำหนดค่า n (Order) ของวงจร

Amin ค่าการลดทอนที่ต่ำที่สุด

Amax ค่าการลดทอนที่สูงที่สุด

Order อันดับของวงจรกรองความถี่

4. เป็นส่วนที่ใช้แสดงภาพวงจรกรองความถี่ตามการเลือกประเภทและรูปแบบการต่อวงจร

5. **Filter Parameter** แสดงค่าของผลลัพธ์ซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

Rs หมายถึง ความต้านทานขาเข้า หน่วยเป็น Ω

R load หมายถึง ความต้านทานโหลด หน่วยเป็น Ω

Fc หมายถึง ความถี่คัตออฟ หน่วยเป็น kHz

BW หมายถึง แบนด์วิดท์ หน่วยเป็น kHz

F0 หมายถึง ความถี่กลาง หน่วยเป็น kHz

C1,C2,...,C10 หมายถึง ค่าความจุที่ใช้ในวงจร หน่วยเป็น μF

L1,L2,...,L10 หมายถึง ค่าความเหนี่ยวนำที่ใช้ในวงจร หน่วยเป็น mH

6. **RESPONSE** เป็นปุ่มสำหรับเลือกดูกราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรที่ออกแบบที่ได้

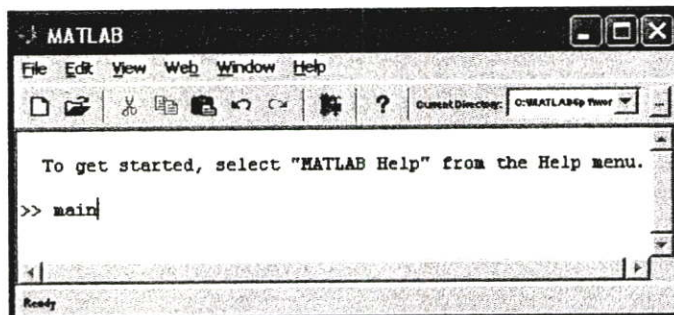
7. **ENTER** เป็นปุ่มที่สั่งให้โปรแกรมทำการออกแบบวงจรตามข้อกำหนดที่ต้องการ

8. **EXIT** เป็นปุ่มจบการทำงานของโปรแกรมหรือออกจากหน้าต่างเมนูหลัก

การใช้งานโปรแกรมออกแบบวงจรกรองความถี่พาสซีฟ

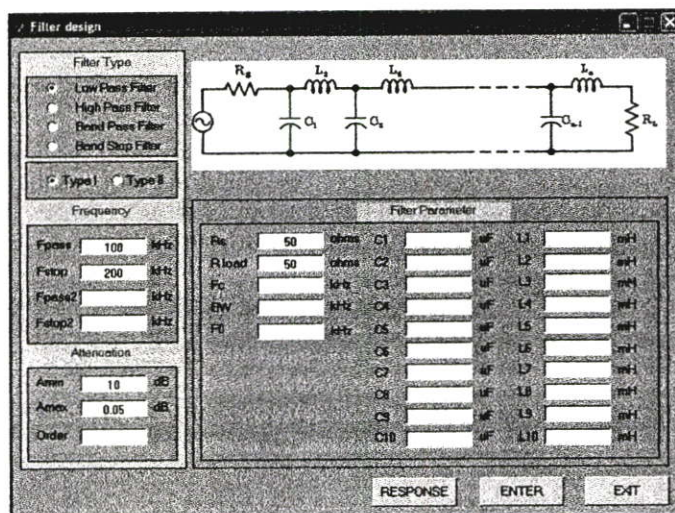
การใช้งานโปรแกรมเพื่อออกแบบวงจรกรองความถี่พาสซีฟนั้น สามารถทำตามขั้นตอนดังนี้

1. เปิดโปรแกรม MATLAB โดยใช้เมาส์เลือก start > Programs > MATLAB 6.1
2. เข้าสู่หน้าต่างเมนูหลักโดยพิมพ์คำว่า main บนหน้าต่าง command windows



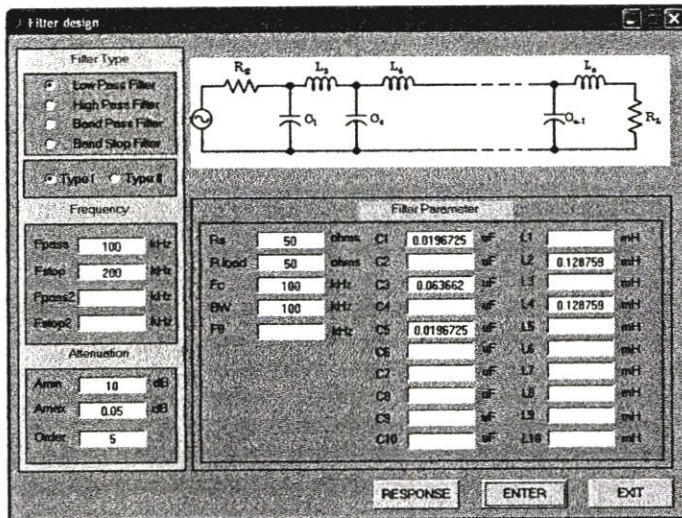
ภาพที่ ค.2 การเข้าสู่หน้าต่างเมนูหลัก

3. กำหนดคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ที่ต้องการบนหน้าต่างเมนูหลัก ดังตัวอย่างภาพที่ 3 เป็นการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยเลือกรูปแบบการต่อวงจรแบบที่ 1 (Type I)



ภาพที่ ค.3 การกำหนดคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ที่ต้องการ

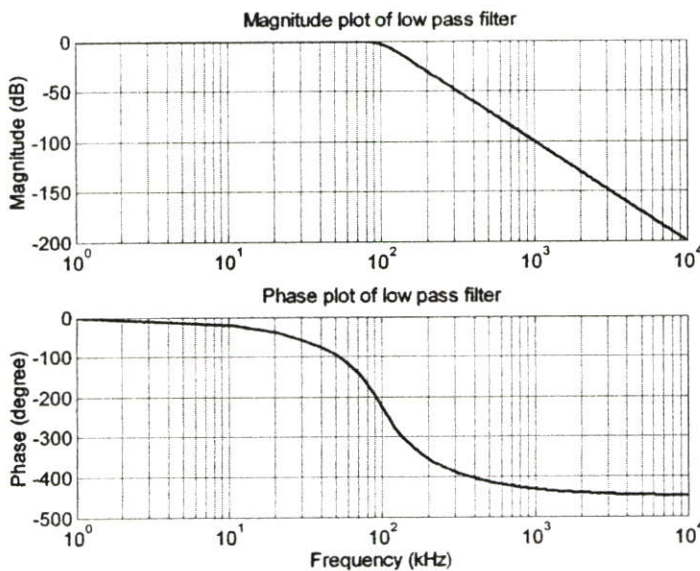
4. คลิกปุ่ม ENTER เพื่อให้โปรแกรมทำการออกแบบวงจร ซึ่งจะได้ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ ค.4 ผลการออกแบบวงจรความถี่ที่ต้องการ

5. เมื่อต้องการดูกราฟผลตอบสนองทางความถี่ให้เลือกปุ่ม RESPONSE จะได้กราฟดังภาพ

ที่ 5



ภาพที่ ค.5 กราฟผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรที่ออกแบบได้

ทฤษฎีวงจรกรองความถี่เบื้องต้น

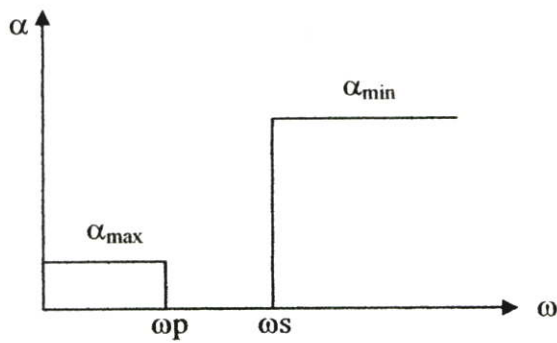
โปรแกรมการออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟนี้สามารถออกแบบวงจรกรองความถี่ได้ 4 ประเภท ได้แก่

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter)
4. วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band Stop Filter)

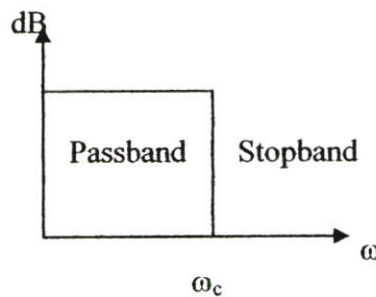
ลักษณะเฉพาะและรูปแบบการต่อวงจร

วงจรกรองความถี่แต่ละประเภท จะมีลักษณะเฉพาะและรูปแบบการต่อวงจรแตกต่างกัน ดังนี้

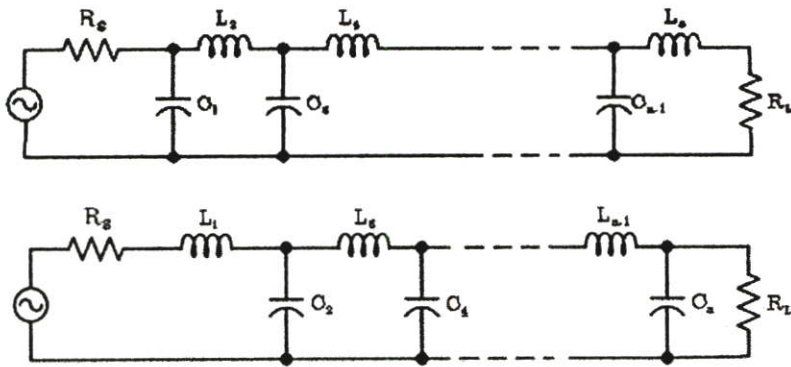
1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)



ภาพที่ ก.6 ลักษณะเฉพาะของ วงจร Low Pass Filter

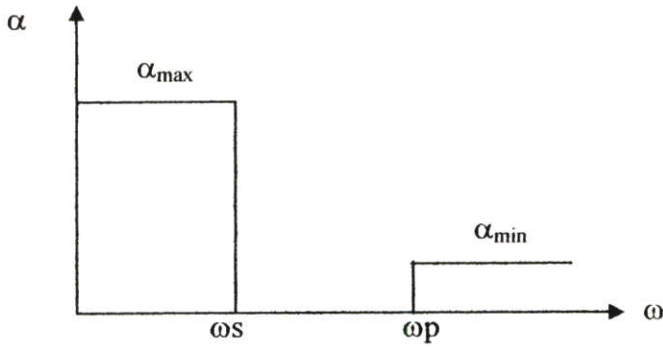


ภาพที่ ก.7 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

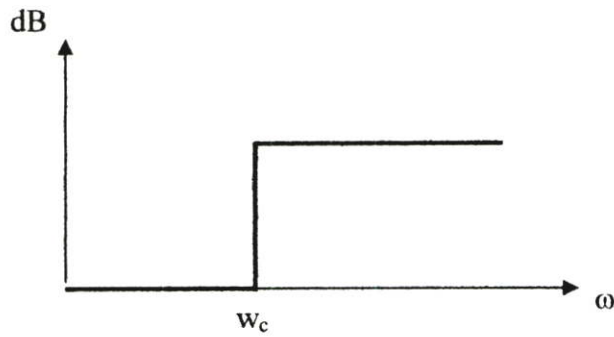


ภาพที่ ค.8 รูปแบบการต่อวงจร Low Pass Filter

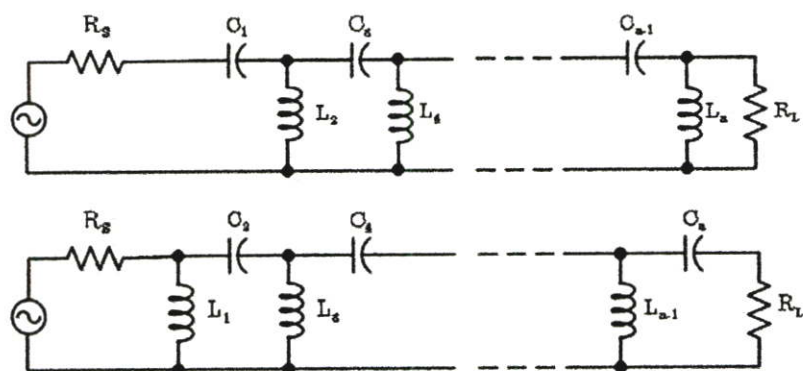
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)



ภาพที่ ค.9 ลักษณะเฉพาะของวงจร High Pass Filter

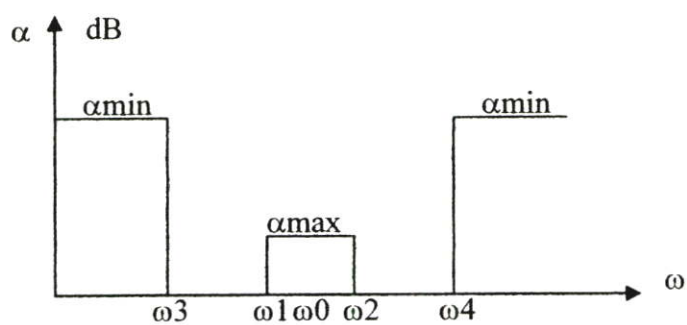


ภาพที่ ค.10 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร High Pass Filter

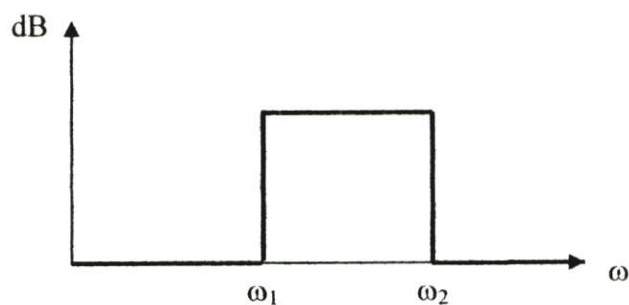


ภาพที่ ค.11 รูปแบบการต่อวงจร High Pass Filter

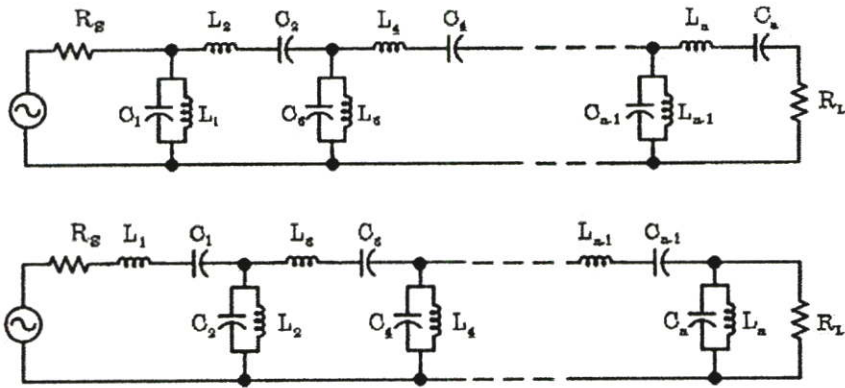
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter)



ภาพที่ ค.12 ลักษณะเฉพาะของวงจร Band Pass Filter

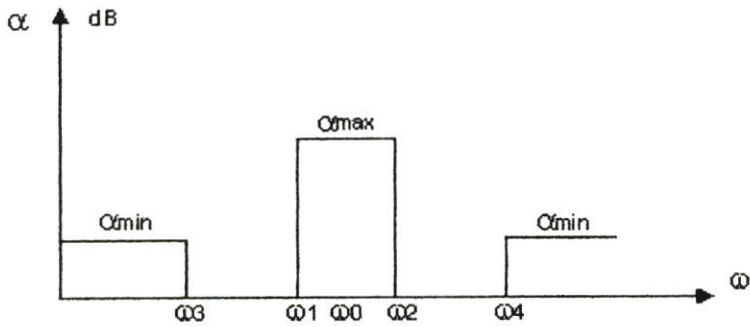


ภาพที่ ค.13 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Pass Filter

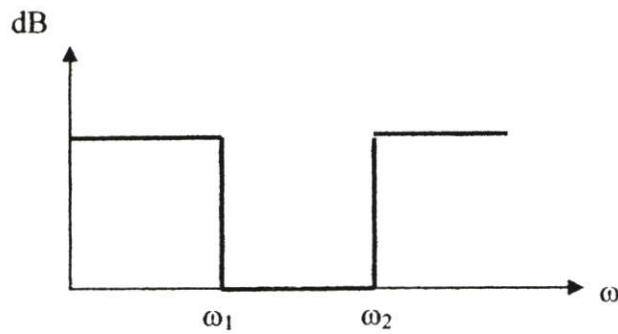


ภาพที่ ค.14 รูปแบบการต่อวงจร Band Pass Filter

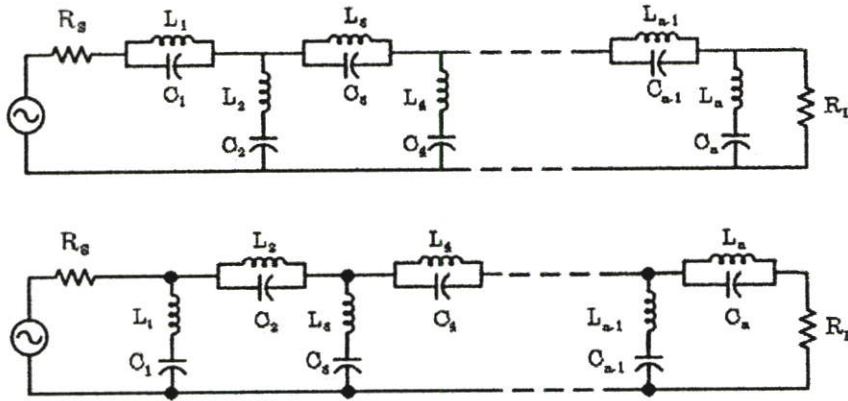
4. วงจรกรองแถบความถี่หยุด (Band Stop Filter)



ภาพที่ ค.15 ลักษณะเฉพาะของวงจร Band Stop Filter



ภาพที่ ค.16 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจร Band Stop Filter



ภาพที่ ค.17 รูปแบบการต่อวงจร Band Stop Filter

สูตรคำนวณค่าพารามิเตอร์

รูปแบบทั่วไปของ Transfer Function คือ

$$T(j\omega) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{a_n \omega^n + a_{n-1} \omega^{n-1} + \dots + a_0}{b_m \omega^m + b_{m-1} \omega^{m-1} + \dots + b_0}$$

การคำนวณอันดับ

$$n = \frac{\log \left[\left(10^{\frac{\alpha_{\min}}{10}} - 10 \right) / \left(10^{\frac{\alpha_{\max}}{10}} - 10 \right) \right]}{2 \log \left(\frac{\omega_s}{\omega_p} \right)}$$

การแปลงความถี่และการปรับค่าอุปกรณ์

$$R_{\text{new}} = k_m R_{\text{old}}$$

$$C_{\text{new}} = \frac{1}{k_m k_f} C_{\text{old}} \quad ; \quad k_m \text{ คือ ค่า Magnitude Scaling}$$

$$L_{\text{new}} = \frac{k_m}{k_f} L_{\text{old}} \quad ; \quad k_f \text{ คือ ค่า frequency scaling}$$

ภาคผนวก ง.

- หนังสือราชการ
- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

ว่าที่ ร.ต.ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ รหัสประจำตัว 45063326 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB (PASSIVE FILTER CIRCUIT DESIGN SIMULATION PROGRAM USEING MATLAB)” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2549

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2549

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0774

วันที่ ๖ กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอลความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ รัตรี)

ด้วย ว่าที่ ร.ต. ชานูวัฒน์ ภูนิลवालย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ รัตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงษ์ นะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2549 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอลความอนุเคราะห์จากท่านโปรด อนุญาตให้ ว่าที่ ร.ต. ชานูวัฒน์ ภูนิลवालย์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้โปรแกรมประเมินคุณภาพกับนักศึกษา ครุศาสตร์วิศวกรรม ชั้นปีที่ 2 เพื่อการวิจัยได้ พร้อมกันนี้ได้แนบประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและ เค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ และแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้

ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กิ่งอินทอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศร 0524.04 / 0768


วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0768 วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.ดร.พรรณี ลิกิจวัฒน์

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 0766 วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.พระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานุวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน โปรแกรมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่าน จะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานุวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบท ประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ศบ 0524.04/ 0766



คณะกรรมการอำนวยการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย
เรียน ผศ.ดร.วราพงษ์ ตั้งศรีวัฒน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ
ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอำนวยการ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมิน โปรแกรมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและ
เหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจสอบและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ
ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 0766



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน คร.อรุณี จันทร์ศิลา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน โปรแกรมด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน โปรแกรมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 0766



คณะกรรมการอุดมศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย
เรียน รศ.วิสุทธิ์ สุทรทนต์พงษ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศษ 0524.04 / 0766

วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้ว เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจ และประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและ ประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ ได้แนบบทแบบประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะ ได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ศบ 0524.04/ 0766



คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย
เรียน ผศ.สิทธิชัย บุตรสมัน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ
ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ
ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อนี้ว่ามีความถูกต้อง
และเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ
ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0766

วันที่

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.วรวิทย์ สมหา

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ ด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราชรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทประเมิณด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0766

วันที่

26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์พงษ์เกียรติ เชนฐพิทักษ์กุล

ด้วย ว่าที่ร้อยตรี ฐานุวัฒน์ ภูนิลวาลย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB” โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ ว่าที่ร้อยตรี ฐานุวัฒน์ ภูนิลวาลย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทแบบประเมินด้าน โปรแกรมและสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน

1) รศ.ดร.พรณี ติกิจวัฒนะ

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) รศ.ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาการบริหารการอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1) รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) ผศ.ดร.วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) ดร.อรุณี จันทร์ศิลา

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อ

1) รศ.วิสุทธ์ สุนทรกนกพงศ์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) ผศ.สิทธิชัย บุตรสมัน

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำโปรแกรมวิชา
เทคโนโลยีอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

4) ผศ.วรวิทย์ สมหา

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5) อาจารย์พงษ์เกียรติ เชนฐพิทักษ์กุล

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ร้อยตรี ฐานวัฒน์ ภูนิลวาลย์
วัน เดือน ปีเกิด	25 กันยายน 2522
สถานที่เกิด	ขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	41 ถนนนครสวรรค์ 38 ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2545 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2550 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2545 อาจารย์อัตราจ้าง โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พ.ศ.2549 อาจารย์ประจำ แผนกวิชาช่าง ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนวิศวกรรมแหลมฉบัง