

โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่  
โดยใช้จียูไอของแมทแล็บ

SIMULATION PROGRAM FOR FILTERS USING MATLAB GUI

สิริกุล บุญเรืองศักดิ์  
SIRIGUL BUNRUEANGSAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2562

KMITL-2019-ED-M-231-081

โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่  
โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป  
SIMULATION PROGRAM FOR FILTERS USING MATLAB GUI

สิริกุล บุญเรืองศักดิ์  
SIRIGUL BUNRUEANGSAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-ED-M-231-081

# SIMULATION PROGRAM FOR FILTERS USING MATLAB GUI

SIRIGUL BUNRUEANGSAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN ELETRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING  
FACUTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-ED-M-231-081

COPYRIGHT 2019

FACUTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป
นักศึกษา	นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์
รหัสประจำตัว	61603143
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.วินัย ใจกล้า

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่มีคุณภาพ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการสอนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป และ การสอนแบบปกติ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปี 2 สาขาวิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป แบบประเมินคุณภาพ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบ t-test

จากผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.47, S.D. = 0.52$ ) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.48$ ) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และระดับคะแนนความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.42, S.D. = 0.63$ )

<b>Thesis Title</b>	Simulation Program for Filters using MATLAB GUI
<b>Student</b>	Miss Sirigul Bunrueangsak
<b>Student ID.</b>	61603143
<b>Degree</b>	Master of Science in Industrial Education
<b>Program</b>	Electrical Communications Engineering
<b>Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Piya Supavarasuwat
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Winai Jaikla

### ABSTRACT

The purpose of this research were to create , to develop simulation program for filters using MATLAB GUI. Compare the learning achievement through the simulation program for filters using MATLAB GUI between experimental group and control group. There are 40 third year students of Engineering Education (Telecommunications Engineering), Faculty of Industrial Education and Technology, KMITL, who enrolled the course “Electronics for Communications” (03376603) in the second semester of academic year 2018 for the sample group. The sample group was divided into two groups which were 20 students for an experimental group and 20 students for a control group. The research tools were simulation program for filters using MATLAB GUI, evaluation form, and achievement tests. The statistics tools used for data analysis were mean, standard deviation and t-test dependent samples.

The results of this research showed that simulation program for filter circuit by using MATLAB GUI evaluated by the experts the content aspect was considered in the good level. ( $\bar{X} = 4.47, S.D. = 0.52$ ) and the media production technique aspect was considered in very good level. ( $\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.48$ ) The learning achievement of the student of the experimental group through simulation program for filter circuit by using MATLAB GUI was higher than the students of the control group at a statistical level at 0.05. The samples’ satisfaction towards simulation program for filter circuit by using MATLAB GUI was high. ( $\bar{X} = 4.42, S.D. = 0.63$ )

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้นเนื่องมาจากความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้การแนะนำในเรื่องส่วนของแบบวัดผลสัมฤทธิ์และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ขอขอบคุณสำนักหอสมุดกลางที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้า ข้อมูลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงาน ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการสื่อสาร ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่าง

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและผู้มีพระคุณสำหรับข้าพเจ้าที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาตลอดมาจนถึงปัจจุบัน

สิริกุล บุญเรืองศักดิ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 รายละเอียดวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร รหัสวิชา 03376603.....	7
2.2 วงจรกรองความถี่.....	8
2.3 แมทแลปจียูไอ.....	13
2.4 การออกแบบและสร้างสื่อ.....	15
2.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัด.....	16
2.6 การวิจัยเชิงทดลอง.....	22
2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ.....	23
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
3.3 การสร้างเครื่องมือ.....	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	39
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	41
4.2 ผลการประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและการเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	44
4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	48
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	48
5.2 การอภิปรายผลวิจัย.....	51
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	53
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก.....	57
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ.....	58
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	69
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	76
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง.....	80

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	84
ภาคผนวก ฉ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	93
ภาคผนวก ช คู่มือประกอบการใช้งาน.....	114
ภาคผนวก ซ วิธีการออกแบบ.....	121
ประวัติผู้เขียน.....	129

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หัวข้อ/รายละเอียดการแบ่งเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร.....	8
2.2 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย .....	19
2.3 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก.....	20
2.4 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความเชื่อถือได้.....	21
2.5 กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มาจากการสุ่ม มีการวัดหลังให้สิ่งทดลอง.....	22
4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	42
4.2 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	43
4.3 ผลการประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและ การเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป...	45
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	46
ค.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	77
ค.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	78
ค.3 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	79
ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	81
จ.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น.....	85
จ.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	87
จ.3 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน.....	88
จ.4 คะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มควบคุม.....	90
จ.5 คะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลอง.....	91

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน .....	9
2.2 คุณสมบัติการสูญเสีย ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง.....	10
2.3 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่สูงผ่าน.....	10
2.4 คุณสมบัติการสูญเสีย ตัวกรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง.....	11
2.5 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน.....	11
2.6 คุณสมบัติการสูญเสียตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง.....	12
2.7 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก.....	12
2.8 คุณสมบัติการสูญเสียตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก อันดับสอง.....	13
2.9 ผังการทำงานการออกแบบและสร้างโปรแกรม.....	14
3.1 ผังงานขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	33
3.2 ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	35
3.3 ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป.....	36
3.4 ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	38

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญปัญหา

วงจรกรองความถี่ เป็นวงจรพื้นฐานด้านโทรคมนาคม ระบบเครื่องมือวัดและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ มากมาย ซึ่งวงจรเหล่านี้มักได้รับการคิดค้นและพัฒนางจรใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปแล้ววงจรกรองความถี่มีประโยชน์มากในงานอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ในด้านของการกรองสัญญาณ เช่น การกรองสัญญาณรบกวนออก การกรองสัญญาณฮาร์โมนิคต่าง ๆ ของคลื่นที่มีส่วนสำคัญออกมา ดังเช่น คลื่นสี่เหลี่ยม คลื่นสามเหลี่ยม หรือใช้ในงานด้านสื่อสารเฉพาะกิจ สามารถกรองสัญญาณพาหะที่ต้องการได้ ดังนั้น วงจรกรองความถี่ จึงมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนทางด้านโทรคมนาคม ระบบเครื่องมือวัดและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างยิ่ง (พิพัฒน์ พรหมมี. 2553)

จากสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร รหัสวิชา 03376603 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559) ได้เกิดปัญหากับนักศึกษาบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 10 ทางด้านความเข้าใจในการคิดวิเคราะห์ คำนวณ วงจรกรองความถี่ ซึ่งในการคำนวณมีความเข้าใจที่ค่อนข้างซับซ้อนและเมื่อคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้ว การตรวจสอบที่สามารถทำได้จากการต่อวงจรเพื่อทดสอบสัญญาณที่เข้ามาเทียบกับสัญญาณที่ออกจากวงจร ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์หลายชิ้น ทั้งอุปกรณ์ประกอบวงจร ออสซิลโลสโคป เครื่องกำเนิดสัญญาณและแหล่งจ่ายไฟหรือการทดสอบในโปรแกรมจำลอง PSpice ที่มีราคาแพง ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีการใช้งานจนชำนาญและทำการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจรเองเพื่อทำการทดสอบออกมา และเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมแมทแลป จิยูไอที่สามารถทดสอบวงจรในไฟล์ .exe ได้โดยไม่ต้องลงโปรแกรมแมทแลป ในการคำนวณแต่ละวงจรจะมีการพิจารณาวงจรที่แบ่งย่อยได้ คือ 1. การวิเคราะห์ห้วงวงจรกรองความถี่แพสซีฟ ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน RC อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน RL อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่าน RC อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่าน RL อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกขนาน RLC อันดับสอง และ 2. การวิเคราะห์ห้วงวงจรกรองความถี่แอกทีฟ ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่ต่ำ

ผ่านอันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง และวงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านอันดับสอง

แมทแลปจียูไอเป็นส่วนที่ต่อประสานกราฟฟิกกับผู้ใช้ คือ การใช้ภาพกราฟฟิกเป็นตัวประสานงานติดต่อกับผู้ใช้งาน เป็นวิธีการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางภาพ เช่น ใช้เมาท์กดเลือกสัญลักษณ์รูป ใช้คีย์บอร์ดป้อนข้อมูล แล้วทำการประมวลผลผ่านการเลือกคำสั่งตามรายการเลือกที่เรียกว่า ระบบเมนู โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเข้าใจการทำงานของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเลย เช่น โปรแกรมภาษาซี เป็นต้น ฟังก์ชันจียูไอเป็นส่วนประกอบของโปรแกรม MATLAB ที่ช่วยครู อาจารย์ นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจ สามารถใช้ออกแบบโครงสร้างทางกราฟฟิกและสร้างเป็นนวัตกรรมที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้สำหรับโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีขั้นตอนการคำนวณที่ยุ่งยากและเสี่ยงต่อความผิดพลาด หรือการคำนวณในลักษณะของการกระทำซ้ำ ๆ หลายๆ รอบ ซึ่งต้องใช้เวลาหากต้องคำนวณด้วยมือ ดังนั้น แมทแลปฟังก์ชันจียูไอ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาและแก้ปัญหาทางด้านนี้ อีกทั้งช่วยสนับสนุนในด้านการเรียนการสอน งานวิจัย และงานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณต่าง ๆ ให้สามารถพัฒนาผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (สมศักดิ์ อรรถทิมากุล และพินิจ เนื่องภิรมย์. 2557:2-1)

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป ขึ้นมาเป็นโปรแกรมจำลองที่สามารถเลือกรูปแบบของวงจรได้ ผู้ใช้งานสามารถป้อนค่าพารามิเตอร์ของวงจรเองได้ โดยสามารถกำหนดค่าความจุของตัวเก็บประจุ ค่าตัวต้านทาน ค่าความเหนี่ยวนำ เพื่อให้ให้นักศึกษาได้มองเห็นภาพถึงการวิเคราะห์วงจรได้และสามารถตรวจสอบคำตอบได้โดยง่ายด้วยตนเอง โดยที่โปรแกรมจะแสดงค่าสัญญาณอิมพัลส์เทียบเอาต์พุต ค่าเฟส ค่าอัตราขยายของวงจร

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{x} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปแตกต่างกับเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

1.3.3 ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป อยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

### 1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดในการสร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยใช้กรอบแนวคิดแบบ ADDIE (ADDIE Model) ของ Seels, B. & Glassgow, Z. มาประยุกต์ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดและลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ (อ้างใน จินตวีร์ คล้ายสังข์และประกอบ กรณีกิจ.2559)

- (1) การวิเคราะห์ (Analysis)
- (2) การออกแบบ (Design)
- (3) การพัฒนา (Development)
- (4) การนำไปใช้ (Implementation)
- (5) การประเมินผล (Evaluation)

### 1.5 ขอบเขตการวิจัย

#### 1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เรียนเรื่องวงจรกรองความถี่

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปี 2 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สำหรับการสื่อสาร ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้แก่ กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ

#### 1.5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

#### 1.5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ประกอบด้วย

- (1) การวิเคราะห์วงจรกรองความถี่แพสซีฟ
  - (1.1) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง
    - (1.1.1) วงจร RC
    - (1.1.2) วงจร RL
  - (1.2) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง
    - (1.2.1) วงจร RLC อนุกรม
    - (1.2.2) วงจร RLC ขนาน
  - (1.3) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง
    - (1.3.1) วงจร RC
    - (1.3.2) วงจร RL
  - (1.4) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง
    - (1.4.1) วงจร RLC อนุกรม
    - (1.4.2) วงจร RLC ขนาน
  - (1.5) วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง
    - (1.5.1) วงจร RLC อนุกรม
    - (1.5.2) วงจร RLC ขนาน
  - (1.6) วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก อันดับสอง
    - (1.6.1) วงจร RLC อนุกรม
    - (1.6.2) วงจร RLC ขนาน

- (2) การวิเคราะห์วงจรรองความถี่แอกทีฟ
  - (2.1) วงจรรองความถี่ต่ำผ่านอันดับหนึ่ง
  - (2.2) วงจรรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง
  - (2.3) วงจรรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสอง
  - (2.4) วงจรรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง
  - (2.5) วงจรรองความถี่ที่ต้องการผ่านอันดับสอง

1.5.4 ลักษณะของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป แบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 โปรแกรมย่อย คือ วงจรรองความถี่แบบแพสซีฟและวงจรรองความถี่แบบแอกทีฟ

1. การกำหนดค่าพารามิเตอร์อินพุต ได้แก่ ค่าตัวต้านทาน ค่าตัวนำ และค่าตัวเก็บประจุ
2. การแสดงผลเอาต์พุต ได้แก่ ค่าความถี่คัตออฟ ค่าความถี่ธรรมชาติ กราฟผลตอบสนองเชิงความถี่ เฟส สมการทรานเฟอร์ฟังก์ชัน และสัญญาณอินพุตเทียบเอาต์พุตได้

## 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 จ็อยไอของแมทแลป หมายถึง การเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก (Graphical User Interface : GUI) เป็นการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งคอมพิวเตอร์จะทำการรับข้อมูลเข้าไปประมวลผลทางเมตริกซ์ และคีย์บอร์ด คอมพิวเตอร์จะทำการแสดงกราฟ รูปภาพหรือวิดีโอต่าง ๆ ออกมาบนจอภาพ

1.6.2 วงจรรองความถี่ หมายถึง วงจรที่สามารถเลือกความถี่ให้ผ่านไปได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ วงจรรองความถี่แบบแพสซีฟ ใช้ตัวเก็บประจุ ตัวนำและตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์แพสซีฟ และวงจรรองความถี่แบบแอกทีฟ ใช้โอปแอมป์ เป็นอุปกรณ์แอกทีฟที่ต่อรวมกับตัวเก็บประจุ และตัวต้านทาน แบ่งประเภทตามหน้าที่ได้แก่ วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน, วงจรรองความถี่สูงผ่าน, วงจรรองความถี่ที่ต้องการผ่าน และวงจรรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

1.6.3 โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป หมายถึง โปรแกรมที่นำเสนอรายละเอียดของวงจรรองความถี่ชนิดแพสซีฟและแอกทีฟ มีการแสดงผลตอบสนองทางความถี่ เฟส ค่าความถี่คัตออฟ และสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามที่กำหนด

1.6.4 การเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ในแผนการสอน มีกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องวงจรรองความถี่ คือ การบรรยายจากอาจารย์ผู้สอน มีการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข

1.6.5 การเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ในแผนการสอน มีกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องวงจรรองความถี่ คือ การบรรยายจากอาจารย์ผู้สอน มีการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลขและใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

1.6.6 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับการประเมินผลเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง คะแนนที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด หรือตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกในข้อเดียวกันเป็น 0 คะแนน

1.6.7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนเรื่อง วงจรรองความถี่

1.6.8 คุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1.6.9 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบภายในจิตใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ประกอบด้วยความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพโปรแกรม ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งานและด้านความถูกต้องของเนื้อหา

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 รายละเอียดวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร รหัสวิชา 03376603
- 2.2 วงจรกรองความถี่
- 2.3 แมทแลปจ็อยไอ
- 2.4 การออกแบบและสร้างสื่อ
- 2.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัด
- 2.6 การวิจัยเชิงทดลอง
- 2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 รายละเอียดวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร รหัสวิชา 03376603

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559)

##### 2.1.1 จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

##### 2.1.2 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาทฤษฎีในหัวข้อ คุณสมบัติของโปโพลาร์ทรานซิสเตอร์ และทรานซิสเตอร์ สนามไฟฟ้า (เฟท) การไบแอสและการวิเคราะห์วงจรที่ใช้อุปกรณ์ตัวเดียว วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายหลายภาคและวงจรขยายผลต่าง วงจรผลตอบสนองความถี่ภาคเดียว วงจรขยายที่มีการป้อนกลับเสถียรภาพและการชดเชยความถี่ ออปแอมป์และการใช้งาน วงจรกรองความถี่ วงจรออสซิลเลเตอร์วงจรขยายกำลังและแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง

##### 2.1.3 แผนการสอน

แบ่งการเรียนการสอนเป็น 18 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หัวข้อการแบ่งเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร

สัปดาห์ที่	หัวข้อ	จำนวน (ชม.)
1	กล่าวนำ	3
2	สารกึ่งตัวนำและไดโอด	3
3	ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์	3
4	การวิเคราะห์วงจรรขยายสัญญาณขนาดเล็กของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์	3
5	ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า	3
6	การวิเคราะห์วงจรรขยายสัญญาณขนาดเล็กทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า	3
7	วงจรรขยายสัญญาณหลายภาค	3
8	การตอบสนองความถี่ของวงจรรขยาย	3
9	สอบกลางภาค	3
10	วงจรรขยายที่มีการป้อนกลับ	3
11	วงจรรขยายกำลัง	3
12	วงจรรวมเชิงเส้นและการใช้งาน	3
13	วงจรรวมเชิงเส้นและการใช้งาน (ต่อ)	3
14	วงจรรออสซิลเลเตอร์	3
15	วงจรรองความถี่	3
16	วงจรรองความถี่ (ต่อ)	3
17	แหล่งจ่ายกำลังไฟตรง	3
18	สอบปลายภาค	3

ผู้วิจัยได้นำเนื้อหาในสัปดาห์ที่ 15 และ 16 เรื่อง วงจรรองความถี่ มาใช้เป็นเนื้อหาในการดำเนินการวิจัย

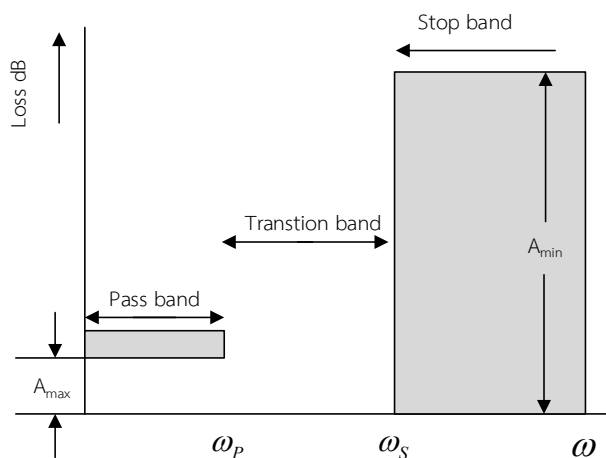
## 2.2 วงจรรองความถี่

ตัวกรองสัญญาณใช้สำหรับการปรับปรุงร่างของสเปกตรัมทางความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของระบบโทรคมนาคมและระบบควบคุมต่าง ๆ สามารถแบ่งประเภทตามอุปกรณ์ที่ใช้ของวงจรรองความถี่ได้เป็น 2 ประเภท คือ วงจรรองความถี่ที่ใช้อุปกรณ์แพสซีฟ เช่น ตัวเก็บประจุ ตัวนำและตัวต้านทาน เป็นต้น เรียกว่า วงจรรองความถี่แบบแพสซีฟ (Passive

Filter) ส่วนวงจรกรองความถี่ที่ใช้อุปกรณ์แอคทีฟ เช่น ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ เป็นต้น ที่ต่อรวมกับตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน เรียกว่า วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ (Active Filter) หรืออาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งคือ วงจรกรองความถี่แบบแอนะล็อก (Analog filter) ตัวกรองสามารถแบ่งประเภทตามหน้าที่ได้ คือ ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter: LPF) ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High-pass filter: HPF) ตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน (Band-pass filter: BPF) และตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก (Band-Reject filter: BRP) (พิพัฒน์ พรหมมี. 2553 : 3-1)

### 2.2.1 ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter: LPF)

ฟังก์ชันพื้นฐานของตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน จะยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้โดยมีการสูญเสียต่ำมาก แต่ที่ความถี่สูงนั้นจะเป็นตัวลดทอนสัญญาณ คุณสมบัติทั่วไปของตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแสดงไว้ในภาพที่ 2.1 ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน จะทำหน้าที่ผ่านสัญญาณตั้งแต่อาน DC ไปจนถึงจุดความถี่ตัด (Cut-Off) ( $\omega_p$ ) โดยมีการลดทอนเท่ากับ  $A_{\max}$  (dB) ซึ่งเราเรียกว่า แถบความถี่ผ่านและเมื่อความถี่สูงกว่า  $\omega_s$  จะมีการลดทอนเท่ากับ  $A_{\max}$  (dB) ย่านความถี่จาก  $\omega_s$  ไปจนถึงความถี่อื่นนั้นจะเรียกว่า แถบความถี่หยุด และ  $\omega_s$  จะเรียกว่า ขอบความถี่หยุด ช่วงความถี่ระหว่าง  $\omega_p$  ไปจนถึง  $\omega_s$  จะเรียกว่า แถบเปลี่ยนผ่านความถี่ (Transition Band)

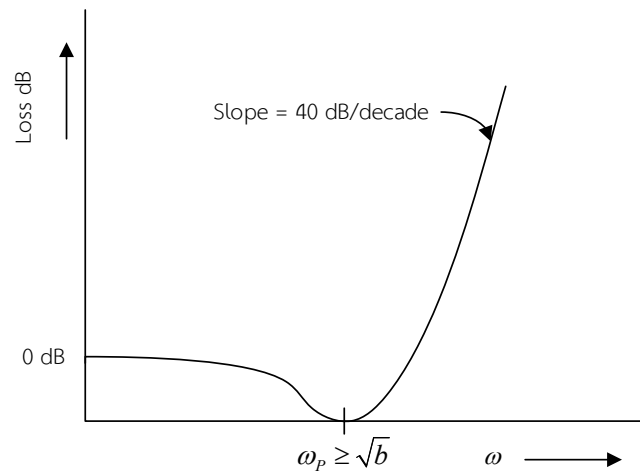


ภาพที่ 2.1 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF)

$$\text{Gain} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{b}{s^2 + as + b} = \frac{\omega_z^2}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} + \omega_p^2} \quad (2.1)$$

และเมื่อเขียนในรูปของสมการ Loss จะกลายเป็น

$$\text{Loss} = \frac{V_{in}}{V_o} = \frac{s^2 + as + b}{b} \quad (2.2)$$

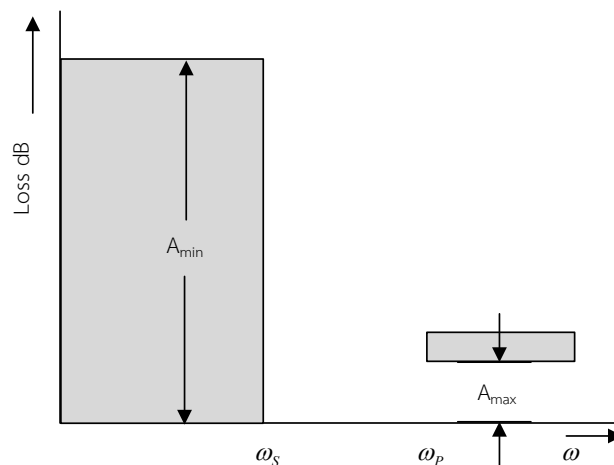


ภาพที่ 2.2 คุณสมบัติการสูญเสีย ตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง

จากสมการที่ (2.1) สามารถเขียนเป็นกราฟได้ดังภาพที่ 2.2 โดยเมื่อความถี่ต่ำ การสูญเสียจะมีค่าประมาณ 1 หรือเท่ากับ (0 dB) และ เมื่อความถี่สูง การสูญเสียจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ  $s^2$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40 dB/decade

### 2.2.2 ตัวกรองความถี่สูงผ่าน (High-pass filter: HPF)

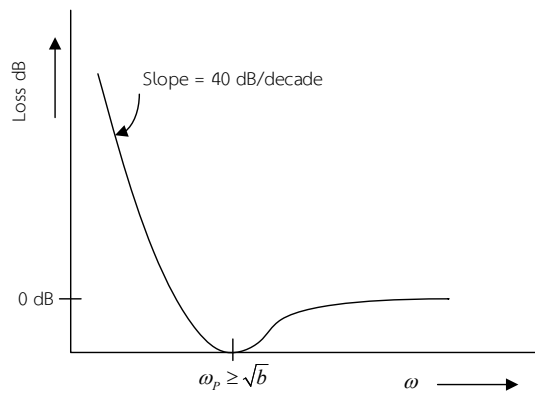
ตัวกรองความถี่สูงผ่าน จะยอมให้ความถี่ที่มีค่าสูงกว่าค่าความถี่ตัด ผ่านได้คุณสมบัติของตัวกรองความถี่สูงผ่าน แสดงไว้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่สูงผ่าน

แถบความถี่ผ่านจะเริ่มจาก  $\omega_p$  ไปจนถึง  $\infty$  และแถบความถี่ตัดจะเริ่มตั้งแต่ความถี่ DC ไปจนถึง  $\omega_s$  ซึ่งมีลักษณะกลับกันกับตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน สมการในรูปของตัวกรองความถี่สูงผ่านอันดับสองจะเป็นดังนี้

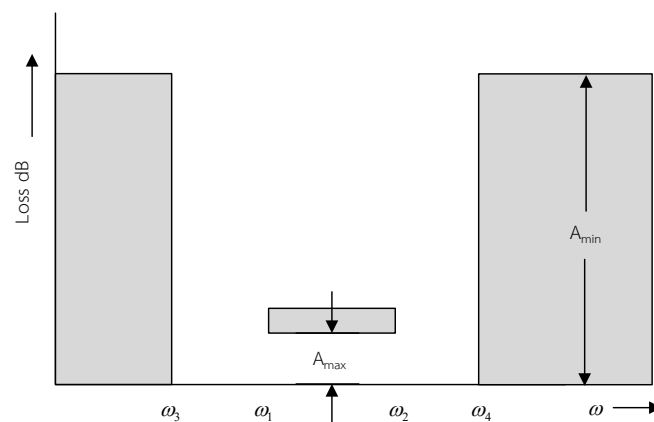
$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{s^2}{s^2 + as + b} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q_p}s + \omega_p^2} \quad (2.3)$$



ภาพที่ 2.4 คุณสมบัติการสูญเสีย ตัวกรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง

### 2.2.3 ตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน (Band-pass filter: BPF)

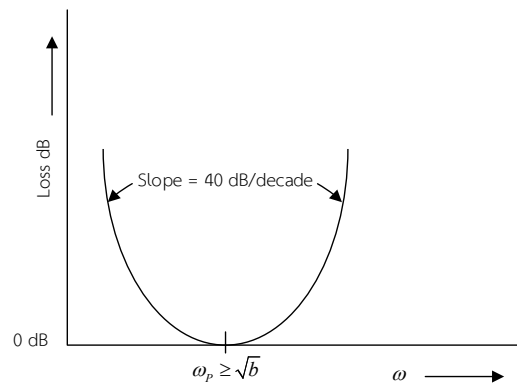
ตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่านเป็นตัวกรองที่มีคุณสมบัติ คือ ที่แถบความถี่ผ่าน จะมีค่าการสูญเสียต่ำมาก ๆ และขณะเดียวกันที่ย่านความถี่ข้างเคียงทั้งสองด้าน จะมีลักษณะเป็นการไม่ให้ความถี่ผ่านดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

โดยแถบความถี่ผ่านจาก  $\omega_1$  ไปจนถึง  $\omega_2$  จะมีค่าการลดทอนเท่ากับ  $A_{\max}$  (dB) ซึ่งจะมีอยู่สองค่า คือ ค่าความถี่ DC ไปจนถึง  $\omega_3$  และ  $\omega_4$  ไปจนถึง  $\infty$  จะมีค่าการลดทอนเท่ากับ  $A_{\min}$  (dB) โดยสมการการส่งผ่านของตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่านอันดับสองมีค่าเท่ากับ

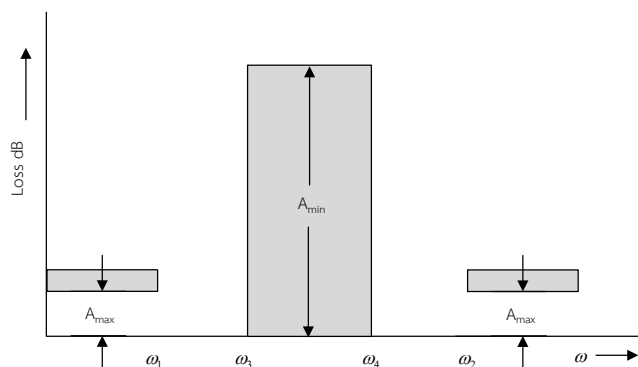
$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{as}{s^2 + as + b} = \frac{\frac{\omega_z}{Q_z} s}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q_p} s + \omega_p^2} \quad (2.4)$$



ภาพที่ 2.6 คุณสมบัติการสูญเสียตัวกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง

#### 2.2.4 ตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก (Band-Reject filter: BRP)

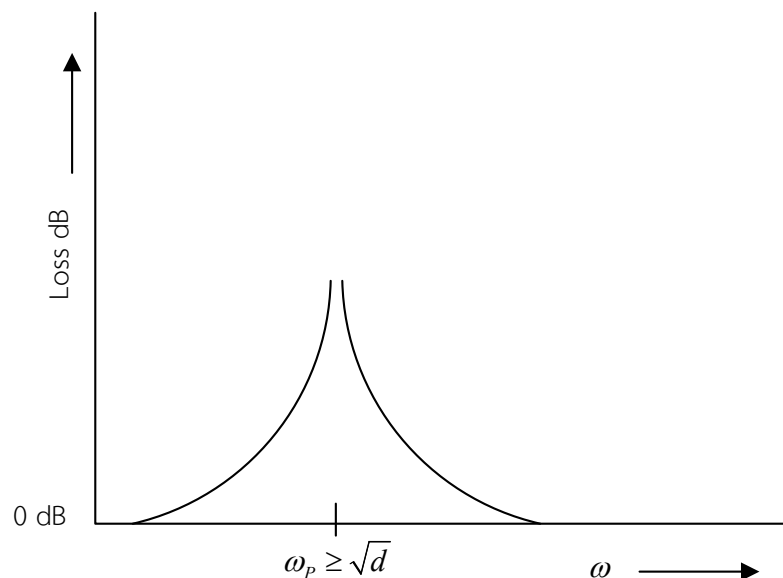
ตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก ใช้สำหรับกรองสัญญาณแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป โดยมีคุณสมบัติดังภาพที่ 2.7 โดยแถบความถี่หยุดจะอยู่ที่  $\omega_3$  ถึง  $\omega_4$  โดยที่แถบความถี่ผ่าน จะอยู่ต่ำกว่า  $\omega_1$  และ มากกว่า  $\omega_2$



ภาพที่ 2.7 คุณสมบัติของตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

สมการการส่งผ่านของตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก สามารถเขียนได้เป็น

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{s^2 + d}{s^2 + as + b} = \frac{s^2 + \omega_z^2}{s^2 + \frac{\omega_p}{Q_p}s + \omega_p^2} \quad (2.5)$$



ภาพที่ 2.8 คุณสมบัติการสูญเสียตัวกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก อันดับสอง

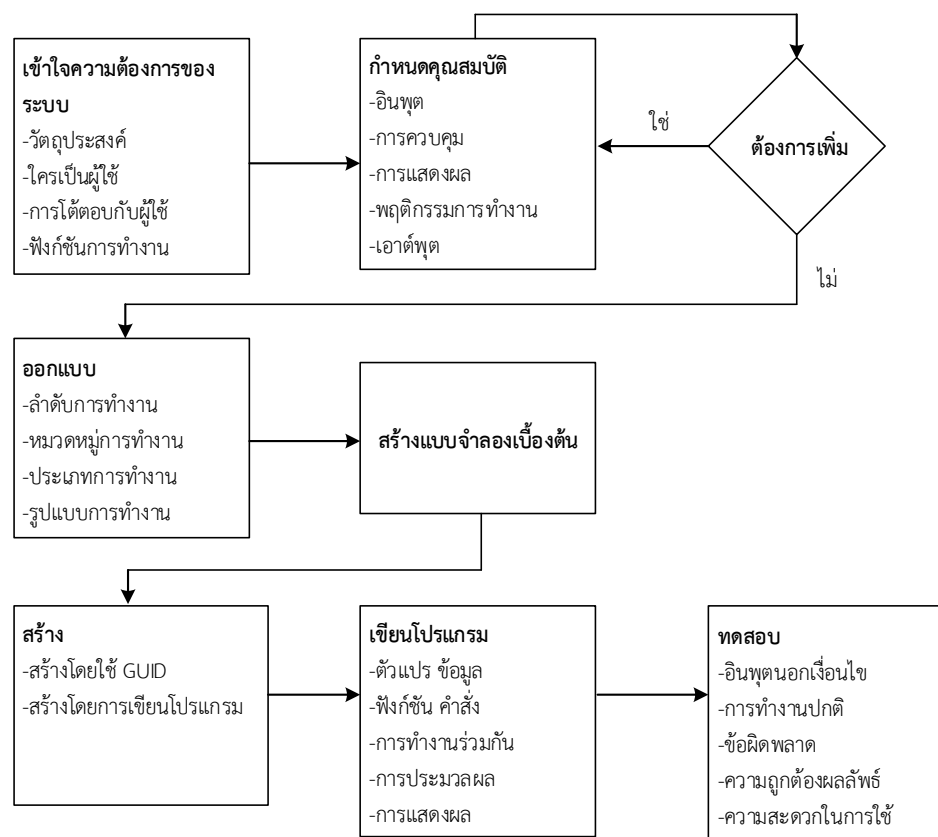
### 2.3 แมทแลปจียูไอ

ส่วนต่อประสานกราฟฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface : GUI) คือ การใช้ภาพกราฟฟิกเป็นตัวประสานงานติดต่อกับผู้ใช้งาน เป็นวิธีการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางภาพ เช่น ใช้เมาท์กดเลือกสัญลักษณ์รูป ใช้คีย์บอร์ดป้อนข้อมูล แล้วทำการประมวลผลผ่านการเลือกคำสั่งตามรายการเลือกที่เรียกว่า ระบบเมนู โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเข้าใจการทำงานของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเลย เช่น โปรแกรมภาษาซี เป็นต้น ฟังก์ชันจียูไอเป็นส่วนประกอบของโปรแกรม MATLAB ที่ช่วยครู อาจารย์ นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจ สามารถใช้ออกแบบโครงสร้างทางกราฟฟิกและสร้างเป็นนวัตกรรมที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้สำหรับโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีขั้นตอนการคำนวณที่ยุ่งยากและเสี่ยงต่อความผิดพลาด หรือการคำนวณในลักษณะของการกระทำซ้ำหลายๆ รอบ ซึ่งต้องใช้เวลามากหากต้องคำนวณด้วยมือ ดังนั้น แมทแลปฟังก์ชันจียูไอ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนา

และแก้ปัญหาทางานเหล่านี้ อีกทั้งช่วยสนับสนุนในด้านการเรียนการสอน งานวิจัย และงานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณต่าง ๆ ให้สามารถพัฒนาผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ก่อนที่จะทำการสร้างโปรแกรม GUI ผู้ใช้งานต้องมีการออกแบบและกำหนดขอบเขตข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการสร้างแต่ละครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ปรับเป็นขอบเขตการทำงานของโปรแกรม ซึ่งผู้ใช้งานต้องพิจารณาเกี่ยวกับ

1. ใครจะต้องเป็นผู้ใช้งานโปรแกรม
2. ต้องการสร้างโปรแกรมอะไร
3. ผู้ใช้งานต้องมีปฏิสัมพันธ์กับอย่างไรบ้าง
4. ฟังก์ชันแม่ทแลปสามารถรองรับการสร้างจิวไอหรือไม่



ภาพที่ 2.9 ผังการทำงานการออกแบบและสร้างโปรแกรม

การที่ผู้ใช้งานจะออกแบบโปรแกรมใด ๆ ก็ตาม จำเป็นต้องทราบวัตถุประสงค์ของการสร้างโปรแกรมนั้น ๆ เพื่อให้สามารถทำงานครอบคลุมวัตถุประสงค์และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานจะต้องออกแบบการทำงานในลักษณะของเอกสารความต้องการของผู้ใช้ เพื่อให้ทราบขอบเขตและพิจารณาความเป็นไปได้ ก่อนที่จะเริ่มทำการสร้าง ซึ่งส่วนประกอบหลักของ

การออกแบบควรพิจารณาถึง อินพุต เอาต์พุต การแสดงผล และส่วนการประมวลผลของโปรแกรม ที่จะต้องพิจารณาถึงความสามารถและขีดจำกัดของแม่เหล็ก และหลังจากที่ออกแบบเสร็จ จะต้องทำการสร้างและทดสอบเพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเสถียรภาพของการทำงานนั้น ๆ การออกแบบและสร้างจ็อยโอทุกครั้ง ผู้ใช้งานต้องเลือกและตัดสินใจว่าสร้างให้ใครใช้ ทำงานอย่างไร ฟังก์ชันแม่เหล็กสามารถรองรับการสร้างจ็อยโอหรือไม่ และการทดสอบที่สภาวะการทำงานแบบปกติและไม่ปกติ เพื่อความสมบูรณ์และการทำงานที่ถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ (สมศักดิ์ อรรถทิมากุล และพินิจ เนื่องภิรมย์ 2557:2-1)

## 2.4 การออกแบบและการสร้างสื่อ

ในการทําวิจัยในครั้งนี้ การสร้างสื่อกล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างร่วมกันได้ โดยยึดกรอบแนวความคิดแบบ ADDIE ของ Seels, B. & Glassgow, Z. (อ้างใน จินตวิริ์ คล้ายสังข์, ประกอบ กรณี กิจ.2559)

ADDIE Model เป็นกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอนที่นำออกแบบการเรียนการสอน และนักพัฒนาการฝึกอบรมนิยมใช้กัน ซึ่ง ADDIE Model มีลำดับการพัฒนาเป็น 5 ขั้น ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ (A: Analysis) การออกแบบ (D: Design) การพัฒนา (D: Development) การทดลองใช้ (I: Implementation) และการประเมินผล (E: Evaluation) ซึ่งแต่ละขั้นตอนเป็นแนวทางที่มีลักษณะที่ยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์

ในขั้นนี้เป็นการทำความเข้าใจปัญหาการเรียนการสอน เป้าหมายของรูปแบบการสอน และวัตถุประสงค์ที่จะสร้างขึ้นตลอดจนสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนที่จำเป็นต้องมี โดยพิจารณาจากคำถามเพื่อการวิเคราะห์ดังนี้

- (1) การวิเคราะห์ผู้เรียน
- (2) การวิเคราะห์วัตถุประสงค์
- (3) การวิเคราะห์เนื้อหา
- (4) การวิเคราะห์บริบท

### ขั้นที่ 2 การออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบประกอบด้วย การกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ให้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ กำหนดเครื่องมือวัดประเมินผล แบบฝึกหัด เนื้อหา วางแผนการสอน และเลือกสื่อการสอน ขั้นตอนการออกแบบควรจะทำอย่างเป็นระบบและมีเฉพาะเจาะจง โดยความเป็นระบบนี้หมายถึงตรรกะ มีระเบียบแบบแผนของการจำแนก การพัฒนา และการประเมินแผนยุทธวิธีที่วางไว้

เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย สำหรับความเฉพาะเจาะจงหมายถึง แต่ละองค์ประกอบของการออกแบบ รูปแบบการสอนจะต้องเอาใจใส่ทุกรายละเอียด

### ขั้นที่ 3 การพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนา คือ ขั้นที่ผู้ออกแบบสร้างส่วนต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นของการออกแบบซึ่งครอบคลุมการ สร้างเครื่องมือวัดประเมินผล สร้างแบบฝึกหัด สร้างเนื้อหา และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการสอน เมื่อเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดเพื่อนำผลไปปรับปรุงแก้ไข จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ สร้างแผนการสอนและสื่อของบทเรียนซึ่งจะต้องพัฒนาการสอนและสื่อทั้งหมดที่ใช้ในการสอน ประกอบไปด้วย การเตรียมการ การสร้างบทเรียน การสร้างเอกสารประกอบการเรียน

### ขั้นที่ 4 การทดลองใช้

ขั้นตอนการทดลองใช้ คือ ขั้นของการสอนโดยอาจจะเป็นรูปแบบชั้นเรียน การฝึกอบรม หรือห้องทดลอง หรือรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยจุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล จะต้องให้การส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนสนับสนุนการเรียนรู้รอบรู้ของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ ประกอบด้วย การติดตั้งบทเรียน การจัดทำตารางเวลาพร้อมปรับหลักสูตร การลงทะเบียนเรียนและการบริหารบทเรียน การปฐมนิเทศผู้เรียน การวางแผนสนับสนุนจากผู้สอน การจัดส่งสนับสนุนบทเรียน

### ขั้นที่ 5 การประเมินผล

ขั้นการประเมินผลประกอบด้วยสองส่วน คือ การประเมินผลรูปแบบ (Formative) และการประเมินผลในภาพรวม (Summative) การประเมินผลรูปแบบคือ การนำเสนอในแต่ละขั้นของ ADDIE Process ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา และการประเมินผลในภาพรวมจะทำเมื่อการสอนเสร็จสิ้นเพื่อประเมินผลประสิทธิภาพการสอนทั้งหมดข้อมูลจากการประเมินผลรวมโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการสอน ประกอบด้วย ประกอบด้วยการประเมินการวิเคราะห์ การประเมินการออกแบบ การประเมิน การพัฒนา และการประเมินเมื่อนำไปใช้จริง

## 2.5 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัด

ผู้วิจัยต้องทำการหาคุณภาพของเครื่องมือวัด ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยและต้องตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดเพื่อให้แน่ใจว่าคุณภาพสูง มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ ความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อถือได้ (พรรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558)

### 2.5.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรง คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดค่าหรือลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์และสถานการณ์ที่กำหนดไว้

2.5.1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ถูกต้องตรงประเด็นและครบถ้วนครอบคลุมเนื้อหาสาระของสิ่งที่ต้องการจะวัด ตามที่ได้กำหนดไว้ เช่น เนื้อหาวิชาต่าง ๆ เป็นต้น การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นการพิจารณาว่ารายการสิ่งที่วัดในเครื่องมือนี้มีความถูกต้องตรงประเด็นและครบถ้วนครอบคลุมเนื้อหาสาระของสิ่งที่ต้องการวัดเพียงใด ผู้พิจารณาอาจเป็นตัวผู้วิจัยหรือผู้สร้างเครื่องมือขึ้นเองหรืออาจให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับสิ่งที่วัดเป็นผู้พิจารณา โดยมีการแนบรายละเอียดของเนื้อหาที่ต้องการวัดไปพร้อมกับตัวเครื่องมือด้วย จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญควรมีหลายคน อาจมีประมาณ 3-5 คน

วิธีการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญอาจจำแนกเป็น 2 วิธี

(1) วิธีการหาความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิเป็นคำร้อยละเป็นแนวคิดที่อุทุมพร (อ้างใน พรรณี ลีกิจวัฒน์ (2558 : 194) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ไว้ว่านิยมใช้การคำนวณค่าที่ได้จากความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในประเด็นที่เกี่ยวข้อง

(1.1) ความครอบคลุมเนื้อหา

(1.2) ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่แตกเป็นหมวด หน่วย

ย่อยๆ

(1.3) ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา จุดมุ่งหมายและน้ำหนัก

วิธีการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา คือ การให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตารางโครงสร้างแล้วสรุปผลตามประเด็นในข้อ (1.1), (1.2) และ (1.3) ว่ามีผู้ทรงคุณวุฒิร้อยละเท่าไรที่มีความเห็นตรงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วควรมีผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อยร้อยละ 50 ขึ้นไป ที่มีความเห็นชอบตรงกันจึงจะถือว่าผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรง

(2) วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of item Objective Congruence : IOC) ซึ่งมีผู้กล่าวถึงบ่อย ๆ เป็นการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อความแล้วลงความเห็นเป็นรายข้อว่าข้อความนั้น ๆ สามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้หรือไม่ แล้วตอบโดยการให้คะแนนรายข้อ ซึ่งมีค่าที่เป็นไปได้ 3 ค่าคือ +1, 0, -1 การให้คะแนนแต่ละค่ามีเงื่อนไข ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นสามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นสามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นไม่สามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้

วิธีที่ (2) นี้คล้ายกับวิธีที่ (1) ต่างกันตรงที่วิธีที่ (1) ไม่มีการให้คะแนนติดลบในกรณีที่ใช้วัดไม่ได้ ส่วนวิธีที่ (2) นี้มีการให้คะแนนติดลบในกรณีที่ใช้วัดไม่ได้

นำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญไปคำนวณค่า IOC เป็นรายข้อ โดยใช้สูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (2.6)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง  
 R แทน คะแนนรายข้อตามดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ  
 $\sum$  แทน ผลรวม  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่า IOC มีค่าที่เป็นทศนิยมไม่เกิน 1.00 ทั้งทางบวก (+) และทางลบ (-) ถ้า IOC มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.00 หมายความว่ามีความเที่ยงตรงสูงสุด เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันทุกท่านว่าข้อคำถามนั้นสามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้

ถ้า IOC มีค่าเข้าใกล้ 1.00 หมายความว่ามีความเที่ยงตรงสูง เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันเป็นส่วนใหญ่ว่าข้อคำถามนั้นสามารถใช้วัดตัวแปรที่ศึกษาได้ข้อคำถามที่จะเลือกไว้ใช้ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถ้าข้อใดมีค่า IOC ไม่ถึงเกณฑ์ 0.50 แต่มีความจำเป็นต้องใช้ข้อคำถามนั้นเพื่อให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด ก็อาจทำได้โดยการปรับปรุงข้อคำถามนั้นให้เหมาะสมขึ้นและอาจขอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินใหม่จนกว่าจะผ่านเกณฑ์

การตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC นี้ผู้วิจัยจำเป็นต้องส่งแบบตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบฟอร์มการให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้อ แนบไปกับตัวเครื่องมือวัดด้วย ตั้งแต่ตอนนำเครื่องมือวัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ นอกจากนี้ ควรจะมีหนังสือแนะนำเพื่อขอความอนุเคราะห์ พร้อมคำชี้แจงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ว่าผู้วิจัยมีความประสงค์ให้ตรวจเครื่องมืออะไรตลอดจนเค้าโครงการวิจัยและ/หรือนิยามศัพท์ของตัวแปรที่ต้องการวัดแนบไปด้วย เมื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจให้คะแนนแล้วจึงนำคะแนนรายข้อมาใช้คำนวณในสมการ (2.6)

### 2.5.2 ความยากง่าย

ความยากง่าย คือ คุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่แสดงว่าข้อสอบนั้นความยากง่ายเพียงใด ถ้ามีผู้ทำถูกมากก็เป็นข้อสอบง่าย ถ้ามีผู้ทำถูกน้อยก็เป็นข้อสอบยาก การหาค่าความยากง่ายเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย และเป็นแบบทดสอบในระบบอิงกลุ่ม มีลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อไม่ใช่เป็นการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งฉบับหรือเป็นรายด้าน ค่าความยากง่ายของข้อสอบโดยทั่วไปนิยมคิดคำนวณเป็นค่าสัดส่วน (proportion: p) ของจำนวนผู้ตอบถูกจากจำนวนผู้ตอบทั้งหมดในข้อนั้น ซึ่งเป็นตัวเลขทศนิยมที่มีค่าไม่เกิน 1.00 ดังนั้นถ้าข้อสอบข้อใดมีค่าความยากง่าย = 0.50 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายปานกลาง คือ มีผู้ตอบถูกร้อยละ 50 หรือครึ่งหนึ่งของผู้ตอบทั้งหมดในข้อนั้น ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดีมากในแง่ของความยากง่าย

แต่ถ้าข้อใดมีค่า  $p$  ใกล้ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อสอบง่ายเกินไปและข้อใดมีค่า  $p$  ใกล้ 0.00 แสดงว่าเป็นข้อสอบยากเกินไปไม่ควรนำมาใช้ ค่าความยากง่ายที่อยู่ในรูปของค่าร้อยละหรือสัดส่วนโดยทั่วไปมีความหมาย ดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่าย		ระดับความยากง่าย	การนำไปใช้
ร้อยละ (%)	สัดส่วน (p)		
81 - 100	0.81 - 1.00	ง่ายมาก	ไม่ควรใช้
61 - 80	0.61 - 0.80	ง่าย	ใช้ได้
40 - 60	0.40 - 0.60	ปานกลาง	ใช้ได้ดี
20 - 39	0.20 - 0.39	ยาก	ใช้ได้
0 - 19	0.00 - 0.19	ยากมาก	ไม่ควรใช้

ข้อสอบที่จะคัดเลือกมาใช้ในระบบอิงกลุ่มควรเป็นข้อที่มีความยากง่ายอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีค่า  $p$  ตั้งแต่ 0.40 - 0.60 แต่ในทางปฏิบัติมักกำหนดเกณฑ์ความยากง่ายของข้อสอบที่จะเลือกมาใช้ไว้ในช่วงกว้างขึ้น คือครอบคลุมตั้งแต่ระดับยาก ปานกลางและง่าย คือ มี  $p$  ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 ถ้าข้อใดมีความยากง่ายนอกเหนือจากเกณฑ์นี้ถือเป็นข้อที่ยากมากและง่ายมากตามลำดับ ไม่ควรใช้ แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้ข้อสอบข้อนั้นเพื่อให้ครอบคลุมในที่ต้องการวัด ก็อาจทำได้โดยการปรับปรุงข้อสอบข้อนั้นให้มีความเหมาะสมขึ้น

2.5.2.1 วิธีการหาความยากง่ายของข้อสอบปรนัย (แบบผิดให้ 0 ถูกให้ 1) วิธีการหาความยากง่ายของข้อสอบปรนัยที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ เทคนิค 27% และเทคนิค 50% ขึ้นอยู่กับความมาก - น้อยของจำนวนผู้เข้าสอบ

2.5.2.2 การหาความยากง่ายโดยใช้เทคนิค 50% ใช้กับข้อสอบที่มีการให้คะแนนแบบ 0, 1 คือ ผิดให้ 0 ถูกให้ 1 ตัวเลข 50% หมายถึง ค่าร้อยละของผู้ตอบกลุ่มสูง 50% และกลุ่มต่ำ 50% นั่นคือ มีการแบ่งผู้ตอบออกเป็น 2 กลุ่มเท่า ๆ กันตามลำดับคะแนน มักใช้ในกรณีที่มีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เช่น ประมาณ 20-30 คน หลักการคำนวณหาความยากง่าย ( $p$ ) คือ การหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกของแต่ละข้อ เป็นการนำจำนวนของผู้ตอบถูกทั้งสองกลุ่มรวมกันหารด้วยจำนวนผู้ตอบทั้งในกลุ่มสูงและในกลุ่มต่ำรวมกันเขียนเป็นสูตรในการคำนวณค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อได้ดังนี้

$$p = \frac{R_H + R_L}{2n} \quad (2.7)$$

- เมื่อ  $p$  แทน ค่าความยากง่าย  
 $R_H$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มสูง  
 $R_L$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มต่ำ  
 $n$  แทน จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม (ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน)

### 2.5.3 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก คือ คุณสมบัติของเครื่องมือวัด ที่สามารถจำแนกบุคคลออกเป็นสองกลุ่มที่ต่างกัน เช่น กลุ่มเก่ง-กลุ่มอ่อนในเรื่องที่เป็นความรู้ความสามารถ หรือแบ่งออกเป็นกลุ่มบวก-กลุ่มลบ กลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ ในเรื่องที่เป็นความรู้สึก เช่น เจตคติ การหาอำนาจจำแนกใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดประเภทแบบทดสอบและแบบวัดเจตคติลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อ เป็นต้น ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในรูปของสัดส่วนโดยทั่วไปมีความหมายดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ )	ระดับอำนาจจำแนก	การนำไปใช้
0.40-1.00	สูงมาก	ใช้ได้ดี
0.30-0.39	สูง	ใช้ได้
0.20-0.29	ปานกลาง	ใช้ได้
0.10-0.19	ต่ำ	ไม่ควรใช้
0.01-0.09	ต่ำมาก	ใช้ไม่ได้
0.00	ไม่มี	ใช้ไม่ได้
-1.00- -0.01	กลับทิศทาง	ใช้ไม่ได้

ข้อสอบที่จะคัดเลือกมาใช้ควรเป็นข้อที่มีอำนาจจำแนกอยู่ในระดับสูง คือ มีค่า  $r$  ตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป แต่ในทางปฏิบัติมักกำหนดเกณฑ์อำนาจจำแนกของข้อสอบที่เลือกมาใช้ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปจนถึงระดับสูงและสูงมาก คือ มีค่า  $r$  ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ข้อที่มีอำนาจต่ำกว่านี้ คือ มีค่า  $r$  ต่ำกว่า 0.20 โดยปกติจะไม่นำมาใช้ แต่ถ้าต่ำไปเพียงเล็กน้อยและมีความจำเป็นต้องใช้เพื่อให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด ก็อาจทำได้โดยการปรับปรุงข้อสอบข้อนั้นให้เหมาะสมขึ้น

วิธีการหาอำนาจจำแนกของข้อสอบปรนัย (แบบผิดให้ 0 ถูกให้ 1)

วิธีการหาอำนาจจำแนกของแบบข้อสอบแบบปรนัยที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ เทคนิค 27% และเทคนิค 50% โดยผู้วิจัยใช้ เทคนิค 50%

การหาอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิค 50% ใช้กับข้อสอบที่มีการให้คะแนนแบบ 0,1 คือผิดให้ 0 ถูกให้ 1 หลักการคิดคำนวณหาค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) คือ การหาค่าสัดส่วนของผลต่างระหว่าง

จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำของแต่ละข้อ เป็นการนำจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูงตั้งลบด้วยจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ แล้วนำผลต่างที่ได้รับมาหารด้วยจำนวนผู้ตอบ 1 กลุ่ม เขียนเป็นสูตรในการคำนวณค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อได้ดังนี้

$$r = \frac{R_H - R_L}{n} \quad (2.8)$$

เมื่อ  $r$  แทน ค่าอำนาจจำแนก

$R_H$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มสูง

$R_L$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกของข้อนั้นในกลุ่มต่ำ

$n$  แทน จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม (ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน)

#### 2.5.4 ความเชื่อถือได้

ความเชื่อถือได้ คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้คงที่หรือสม่ำเสมอ ความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัดอาจจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ความเชื่อถือได้แบบความคงที่ ความเชื่อถือได้แบบความเท่าเทียมกันและความเชื่อถือได้แบบความสอดคล้องภายใน คำว่าความเชื่อถือได้นี้บางตำราอาจเรียกว่า ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น โดยผู้วิจัยใช้ความเชื่อถือได้แบบความสอดคล้องภายใน การหาความเชื่อถือได้แต่ละแบบ เป็นการคำนวณค่าความเชื่อถือได้ ซึ่งเป็นตัวเลขที่อยู่ในรูปทศนิยม มีค่าไม่เกิน 1.00 การแปลความหมายค่าความเชื่อถือได้อาจใช้เกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความเชื่อถือได้

ค่าความเชื่อถือได้	ระดับความเชื่อถือได้	การนำไปใช้
0.80-1.00	สูงมาก	ใช้ได้ดีมาก
0.70-0.79	สูง	ใช้ได้ดี
0.50-0.69	ปานกลาง	พอใช้
0.30-0.49	ต่ำ	ไม่ควรใช้
ต่ำกว่า 0.30	ต่ำมาก	ใช้ไม่ได้

ความเชื่อถือได้แบบความสอดคล้องภายใน คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่มีความสม่ำเสมอสอดคล้องกันภายในเครื่องมือชุดเดียว ตรวจสอบได้โดยการนำเครื่องมือไปใช้วัดเพียงครั้งเดียวกับกลุ่มเดียวและมีวิธีการหาความเชื่อถือได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีแบ่งครึ่ง ซึ่งมีหลายสูตร ได้แก่ สูตรของ Guttman สูตรของ Spearman Brown และสูตรของ Hoyt วิธีของ Kuder Richardson วิธีของ Cronbach และวิธีของ Kendall โดยผู้วิจัยใช้วิธีของ Kuder-Richardson

วิธีของ Kuder-Richardson เป็นวิธีการหาความเชื่อถือได้แบบความสอดคล้องภายใน เป็นวิธีที่ทำการวัดเพียงครั้งเดียว แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson ซึ่งมี 2 สูตร คือ KR 20 และ KR 21 ใช้กับเครื่องมือวัดที่มีการให้คะแนนแบบ 0,1 คือ ผิดให้ 0 ถูกให้ 1

สูตร KR 20 เป็นสูตรดั้งเดิม ซึ่งจะต้องมีการหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกและผู้ตอบผิดของแต่ละข้อ

สูตร KR 21 เป็นสูตรที่ดัดแปลงจากสูตร KR 20 คำนวณสะดวกกว่าสูตร KR 20 ไม่ต้องหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกและผู้ตอบผิดของแต่ละข้อ แต่ใช้เฉพาะกรณีที่มีความยากง่ายของข้อคำถามแต่ละข้อเท่า ๆ กัน ซึ่งหาได้ยากจึงมีโอกาสใช้น้อย โดยผู้วิจัยเลือกใช้สูตร KR 20 รายละเอียดของแต่ละสูตรมีดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right] \quad (2.9)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  แทน ค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องมือวัด

$k$  แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum$  แทน ผลรวม

$p$  แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

$q$  แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

$S^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

## 2.6 การวิจัยเชิงทดลอง

การวิจัยเชิงทดลองตามเกณฑ์ระดับของการควบคุมตัวแปร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การทดลองขั้นต้น การทดลองกึ่งทดลอง และการทดลองแท้ ผู้วิจัยเลือกใช้การทดลองกึ่งทดลอง แบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มาจากการสุ่ม มีการวัดก่อนและหลังให้สิ่งทดลอง มีวิธีการ ดังนี้

ตารางที่ 2.5 กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มาจากการสุ่ม มีการวัดหลังให้สิ่งทดลอง

กลุ่ม	วัดก่อน	สิ่งทดลอง	วัดหลัง
E	-	X	$T_E$
C	-	-	$T_C$

1. เลือกตัวอย่าง 2 กลุ่ม
2. กำหนดให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างละ 1 กลุ่ม E และ C ถ้าเป็นไปได้ให้ใช้วิธีสุ่ม
3. ให้สิ่งทดลอง X กับกลุ่มทดลอง แต่ไม่ให้กับกลุ่มควบคุม
4. วัดตัวแปรตามหลังให้สิ่งทดลองทั้ง 2 กลุ่ม  $T_E$  และ  $T_C$  ในเวลาเดียวกัน ด้วยเครื่องมือวัดหลังเรียน
5. วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้
  - 5.1 เปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบสมมุติฐานสำหรับสองกลุ่มชนิดเป็นอิสระต่อกัน โดยเลือกตามระดับข้อมูล ได้แก่ t-test, Mann-Whitney U test หรือ
  - 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดหลังให้สิ่งทดลองของทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน

## 2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจในงานเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการจูงใจ จะมีผลย้อนกลับให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานด้วย

### 2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ ตรงกับภาษาอังกฤษ ว่า “Satisfaction” เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคลากรมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกต โดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับ ซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2552 กล่าวไว้ว่า “พึง” คำช่วยกริยาอื่น หมายความว่า ยอมตาม แปลว่า ควร เช่น พึงไป ว่า ควรไป, หมายความว่า จำเป็น แปลว่า ต้อง เช่น พึงใจ หมายความว่า พอใจ ชอบใจ และคำว่า “พอ” หมายความว่า เท่าที่ต้องการ เต็มความต้องการ ถูกชอบ เมื่อนำคำสองคำมาผสมกัน “พึงพอใจ” จะหมายถึง ชอบใจถูกใจตามที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับ Wolman (1973) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายที่ต้องการ หรือแรงจูงใจ คำว่า ความพึงพอใจมีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลายดังนี้

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542 : 278 - 279 ) กล่าวว่า 1) ความพึงพอใจ เป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่างๆ 2) ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ 3) ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมา

จากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจและได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ ตามที่หวังไว้

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541 : 56-58 ) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ (Satisfaction) หมายถึง ความรู้สึกที่ดีของบุคคลที่ได้รับการตอบสนองเมื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในสิ่งที่ต้องการ และคาดหวัง ความพึงพอใจเป็นความชอบของแต่ละบุคคลซึ่งระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกัน อาจเนื่องจากพื้นฐานทางการศึกษา ทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมพฤติกรรมความพึงพอใจของมนุษย์เป็นความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด (Tension) หรือความกระวนกระวาย (Discomfort)หรือภาวะไม่ได้ดุลยภาพ (Unequilibrium) ในร่างกายเมื่อ มนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้แล้ว มนุษย์ย่อมจะได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่ตนเองต้องการ

วัฒนา เพ็ชรวงศ์ (2542 : 19) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก หรือทัศนคติทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ย่อมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่านิยมและ ประสบการณ์ที่ได้รับ

จากการศึกษาความหมายความพึงพอใจ และทัศนะว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความสุขนี้เป็นความสุขที่แตกต่างจากความรู้สึกทางบวกอื่นๆ กล่าวคือ เป็นความรู้สึกที่มีระบบย้อนกลับ ความสุขสามารถทำให้เกิดความสุข หรือความรู้สึกทางบวกเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความสุขเป็น ความรู้สึกที่สลับซับซ้อน และความสุขนี้จะมีผลต่อบุคคลมากกว่าความรู้สึกทางบวกอื่นๆ

### 2.7.2 ลักษณะของความพึงพอใจ

กิตติธัช อิมวัฒน์กุล (2553 : 8) ความพึงพอใจเกิดจากการประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงในสถานการณ์หนึ่ง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาตามปัจจัยแวดล้อมและสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ผ่านการแสดงออกทางอารมณ์และความรู้สึกในทางบวกของบุคคล ต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดเป็นความรู้สึกชอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ผันแปรได้ตามปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับความคาดหวังของบุคคลในแต่ละสถานการณ์นอกจากนี้ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่แสดงออกมาในระดับมากน้อยได้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของการประเมินสิ่งที่ได้รับจริงกับสิ่งที่คาดหวังไว้ นอกจากนี้ความพึงพอใจของบุคคลใดบุคคลหนึ่งจะถูกกำหนดจากความรู้สึกของแต่ละบุคคล โดยจากการพิจารณาความแตกต่างระหว่างผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริงและผลตอบแทนที่เขามีความรู้สึกว่าเขาควรจะได้รับแล้ว ถ้าหากผลตอบแทนที่ได้รับจริงมากกว่าผลตอบแทนที่เขาคาดว่าจะได้รับย่อมจะก่อให้เกิดความพึงพอใจขึ้น ซึ่งความพอใจจะมากหรือน้อยหรือไม่พึงพอใจนั้น ขึ้นอยู่กับความยุติธรรมของผลตอบแทน

### 2.7.3 การวัดความพึงพอใจ

การประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงตั้งนั้นการวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดทัศนคติ หรือความรู้สึกของบุคคล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถาม หมายถึง ชุดของข้อความที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อความ สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามมีได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติ (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2555: 176) ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ใช้แบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศเพื่อการจัดเก็บข้อมูลนักเรียนรายบุคคล โดยกลุ่มตัวอย่างกรอบความคิดเห็นของตนในแบบสอบถามที่ผู้วิจัยออกแบบเพื่อวัดความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ การวัดความพึงพอใจแบบนี้ คุณภาพของข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและตรงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. การสัมภาษณ์ หมายถึง วิธีการสนทนาที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย การสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกันกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือ การสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์หรือผู้ถามเป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ให้สัมภาษณ์หรือผู้ตอบก็ตอบโดยการพูด แล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ ในการสัมภาษณ์บางกรณีมีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2555: 179-180) ซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจทางตรง โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์และพูดคุยกับกลุ่มตัวอย่างโดยตรง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3. การสังเกต หมายถึง วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นได้ วิธีการสังเกตเหมาะสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนการสอน (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2555: 181-182) การสังเกตนั้นเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจอีกวิธีหนึ่งโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการพูดจา กริยา ท่าทาง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากและต้องอาศัยการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบสอบถาม โดยนำรูปแบบของแบบสอบถามมาจากแบบสอบถามที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความพึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ ส่วนในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดเก็บข้อมูลนักเรียนรายบุคคล ผู้วิจัยได้ใช้มาตราการวัดเจตคติของลิเคิร์ต (Likert scale) ซึ่งเป็นค่ามาตราวัด 5 มาตรา มาใช้ในการประเมินความพึงพอใจ

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

กนลา เจริญสุข (2556) ทำวิจัยเรื่อง MATLAB GUI สำหรับการเรียนการสอนวิชา แคลคูลัสเวกเตอร์ เรื่องปริพันธ์สามชั้น เพื่อได้ทำสื่อประกอบการเรียนการสอนเรื่อง ปริพันธ์สามชั้นในปริภูมิสามมิติ ทั้งในระบบพิกัดฉาก ระบบพิกัดทรงกระบอกและระบบพิกัดทรงกลม โดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI ในการแสดงพื้นผิวต่าง ๆ ในปริภูมิสามมิติ แสดงชิ้นส่วนย่อยเพื่อใช้ประกอบการอธิบายปริพันธ์สามชั้นในระบบพิกัดฉาก ระบบพิกัดทรงกระบอกและระบบพิกัดทรงกลม และคำนวณค่าปริพันธ์สามชั้น ควบคู่กับโปรแกรม PowerPoint ในการอธิบายหลักการและเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้สอนสามารถนำไปประกอบการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการประเมินและวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการสุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาที่กำลังศึกษารายวิชาแคลคูลัสเวกเตอร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ของมหาวิทยาลัยศิลปากร จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริพันธ์สามชั้นของนักศึกษากลุ่มที่ใช้สื่อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สื่อ อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 และพบว่าผู้ใช้มีผลความพึงพอใจในระดับมาก โดยเรื่องที่มีความพึงพอใจสูงคือ โปรแกรม MATLAB GUI มีความน่าสนใจและมีความเข้าใจในบทนิยามของปริพันธ์สามชั้นมากขึ้น

ไพศาล คงเรือง และ สมมาตร ขำเกลี้ยง (2558) เขียนบทความเรื่อง โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 เรียกว่า ESDP รูปแบบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำงานด้วยโปรแกรมแมทแลป ในฟังก์ชันจ็อยโอ (GUI) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถ 1) กำหนดขนาดสายตัวนำสำหรับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า 2) กำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับสายไฟฟ้า 3) กำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า และ 4) คำนวณขนาดของท่อผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี และผลการประเมินของผู้ใช้งาน จำนวน 7 คน มีค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ธนกร มธุมิศรานนท์ (2557) ทำวิจัยเรื่อง โปรแกรมจำลองการทำงานสำหรับระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้ต่อโปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานที่สร้างขึ้น โดยมีเครื่องมือที่ใช้

ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยแบบสอบถามสำหรับหาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้ใบงานการทดลองจำนวน 3 ใบงานและแบบทดสอบ ซึ่งโปรแกรมจำลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการตรวจคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยที่ค่าเฉลี่ยของระดับความถูกต้องของเนื้อหา มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 4.13$ , S.D.= 0.56) ค่าเฉลี่ยของระดับความสะดวกของการใช้งานของโปรแกรมจำลองการทำงานสำหรับระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 4.36$ , S.D.= 0.53) ค่าเฉลี่ยของระดับความเหมาะสมของสื่อ มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 4.03$ , S.D.= 0.70) โปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI มีความเหมาะสมต่อวิชาการสื่อสารระบบดิจิทัล หลักการสื่อสาร และวิชาสัญญาณและระบบ ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินระดับความถูกต้องของใบงานมีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{x} = 4.15$ , S.D.= 0.67) และทำการทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีปีที่ 3 สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จำนวน 20 คน ได้ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้ต่อโปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 3.68$ , S.D.= 0.81) และผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนและจำนวนผู้สอบผ่านมากขึ้น และผลวิเคราะห์ด้วย t-test ได้พบว่า โปรแกรมจำลองการทำงานระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง (2557) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแบบสะเต็มศึกษา สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง ซึ่งกระบวนการวิจัยเริ่มดำเนินการจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามกระบวนการสะเต็มศึกษาแบบ REPEA Model ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการทบทวน (Recall) ขั้นการให้เนื้อหา (Explanation) ขั้นการทำกิจกรรมกลุ่ม (Participation) ขั้นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange) และขั้นการวัดและประเมินผล (Assessment) จากนั้นพัฒนาชุดการสอนที่ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบงาน แบบทดสอบ โปรแกรมจำลอง สื่อเพาเวอร์พอยต์ และชุดเครื่องมือวัดเสมือนจริง ชุดการสอนจะนำไปใช้ในการสอนเรื่องวงจรสายส่งความถี่สูงและการประยุกต์ใช้งานที่ประกอบด้วย 4 หน่วยเรียน ได้แก่ พื้นฐานสายส่งความถี่สูง สมการของสายส่งและคลื่นนิ่ง สมิทชาร์ตและการใช้งาน และสายส่งไมโครสตริปและการประยุกต์ใช้งาน สุดท้ายรูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 คน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก หลังจากการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาตรีจำนวน 30 คน ที่ลงทะเบียน

เรียนในภาคการศึกษาที่ 2/2559 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดการสอน ที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.01 ที่สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ นอกจากนี้ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัยที่กำหนดไว้

สมมาตร ข้าเกลี้ยง (2557) เขียนบทความเรื่อง การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยโอของแมทแลป มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยโอของแมทแลป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรไฟฟ้า กระแสตรง ภาคเรียนที่ 2/2556 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของซอฟต์แวร์มีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์

จงรัก สามารถ สมมาตร ข้าเกลี้ยง และ สมศักดิ์ อรรถทิมากุล (2556) เขียนบทความเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรรองความถี่ สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมจำลอง วงจรรองความถี่สำหรับ ประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม ในรูปแบบของโปรแกรมจำลอง โดยโปรแกรมจำลองวงจรรองความถี่ที่พัฒนาขึ้น ทำงานภายใต้โปรแกรม MATLAB ส่วนรับและแสดงผลการทำงานพัฒนาด้วยฟังก์ชัน GUI และวิเคราะห์ผล โดยวิธีการวนรอบของคลื่น ผลการทดสอบพบว่า โปรแกรมจำลองวงจรรองความถี่ที่ พัฒนาสามารถแสดงขนาดและแสดงรูปของวงจรรองความถี่ไมโครสตริป แสดงพารามิเตอร์ กระจัด กระจ่าย และรูป ของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า โดยผลการจำลองมีความสอดคล้องกับ ผลการคำนวณของโปรแกรม Sonnet Lite เวอร์ชัน 11.53 ดังนั้น จึง กล่าวได้ว่า โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ป็นสื่อ ประกอบการสอนเรื่องวงจรรองความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง รัฐพล จินะวงศ์ และ สมศักดิ์ อรรถทิมากุล (2557) เขียนบทความเรื่อง การศึกษาสภาพและแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอน วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความถี่สูง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรณีศึกษาภาคกลางตอนบน 1 นำเสนอการศึกษา สภาพและแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอน วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรณีศึกษาภาคกลางตอนบน 1 โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวม ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์ผู้สอน 6 คน และนักศึกษา 143 คน จากสถาบันการศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ภาคกลางตอนบน 1 ผลการศึกษาพบว่า วิธีการสอนที่ อาจารย์ใช้สอนส่วนใหญ่เป็นแบบบรรยายโดยใช้สื่อการสอนกระดานดำเป็นหลักรูปแบบกิจกรรมของ

นักศึกษาเป็นการตอบคำถาม เขียนรายงานและการทดลอง เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้  
ข้อสอบแบบอัตนัยและปรนัย สำหรับประเด็นที่ต้องการในการพัฒนา ได้แก่ ด้านสื่อการเรียนการสอน  
ให้มีความหลากหลายส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดจากเรียนรู้ ด้านรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่  
สอดคล้องกับนักศึกษาและเนื้อหาวิชาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป เป็นการวิจัยเชิงทดลองนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือ
- 3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

#### 3.1.1 ประชากร

นักศึกษาที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เรียนเรื่อง วงจรกรองความถี่

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาชั้นปี 2 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้แก่ กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

2. แบบประเมินคุณภาพ
3. แบบประเมินความพึงพอใจ
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 3.3 การสร้างเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป แบบประเมินคุณภาพ แบบประเมินความพึงพอใจ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.3.1 โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยมีรายละเอียด ตามขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป วิเคราะห์เนื้อหา ศึกษา รายละเอียด เรื่อง วงจรกรองความถี่และทำการวิเคราะห์วงจร ตลอดจนวิธีการสร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

3.3.1.2 การออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ให้ตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาต่าง ๆ เตรียมความพร้อม รูปแบบ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโปรแกรมจำลองการทำงาน รวมทั้งการแสดงผลข้อมูลที่ต้องการนำเสนอต่อผู้ใช้งาน

3.3.1.3 ทำการพัฒนาโปรแกรมและตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่นำมาสร้างโปรแกรม ผู้วิจัยนำเสนอโปรแกรมให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ เพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.4 นำโปรแกรมที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อประเมินคุณภาพ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยมีรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

(1) รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) รศ.ดร.พรพิมล ฉายรัศมี

รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3) รศ.ดร.สันติ ตันตระกูล

รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

(1) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3) ผศ.ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โดยใช้เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อทำการประเมินตามเกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert (พวงรัตน์ ทีวีรัตน์.2540 : 107)

ระดับความคิดเห็น

ระดับคะแนน 5 หมายถึง คุณภาพดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง คุณภาพดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง คุณภาพปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง คุณภาพพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง คุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การจัดระดับคะแนนค่าเฉลี่ย

เกณฑ์ 4.50-5.00 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก

เกณฑ์ 3.50-4.49 หมายถึง ระดับคุณภาพดี

เกณฑ์ 2.50-3.49 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง

เกณฑ์ 1.50-2.49 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้

เกณฑ์ 1.00-1.49 หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

ในการประเมินคะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ ตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ผลที่ได้ปรากฏว่า ทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 (รายละเอียดในภาคผนวกตารางที่ ค.1-ค.2)

โดยปรับปรุงแก้ไขตามที่คุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อแนะนำสรุปดังนี้

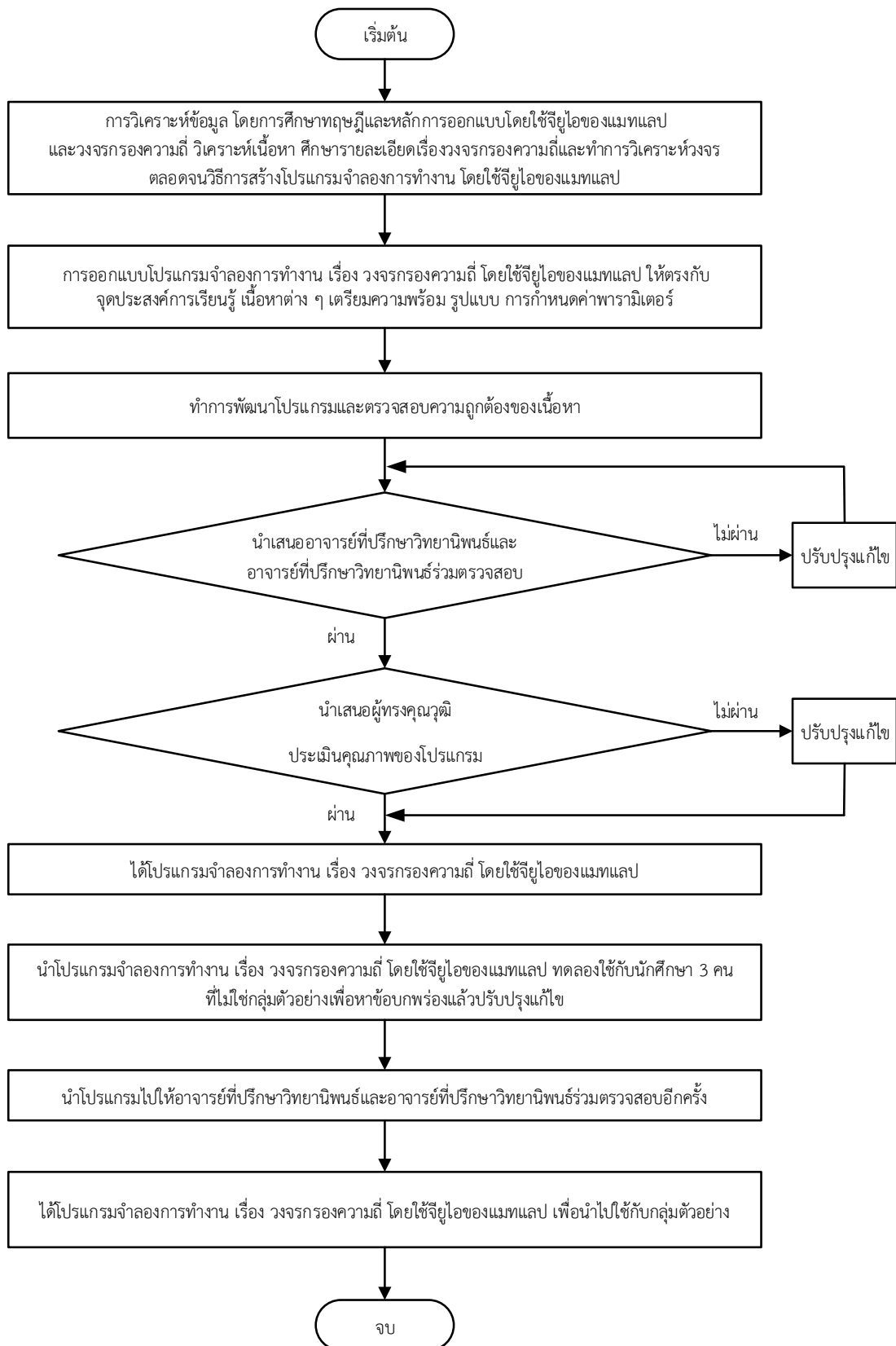
- (1) ควรทำโปรแกรมในส่วนของหน้าแรกแล้วเข้าไปยังวงจรต่างๆ
- (2) ควรใช้สีสันทึมน่าเรียนรู้มากขึ้น
- (3) ปรับปรุงเพิ่มหน่วยของค่าพารามิเตอร์
- (4) เพิ่มการบันทึกค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลและโหลดค่าที่บันทึกมาทำการวิเคราะห์ได้

เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบอีกครั้ง

3.3.1.5 นำโปรแกรมที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 3 คน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมแขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยเลือกนักศึกษาที่เก่งปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน โดยวิธีเลือกสุ่มอย่างเจาะจง เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วปรับปรุงแก้ไข ซึ่งจากการสังเกตได้ปรับปรุงแก้ไขขนาดของโปรแกรมแสดงผลให้มีขนาดให้เต็มหน้าจอแสดงผล

3.3.1.6 นำโปรแกรมไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบอีกครั้ง

3.3.1.7 ได้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิจัย



ภาพที่ 3.1 ผังงานขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่ โดยใช้จิตวิทยาของแมทแลป

### 3.3.2 การออกแบบแบบประเมินคุณภาพ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยมีรายละเอียด ตามขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินคุณภาพทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

3.3.2.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 107)

ระดับความคิดเห็น

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ

เกณฑ์ 4.50-5.00 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

เกณฑ์ 3.50-4.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

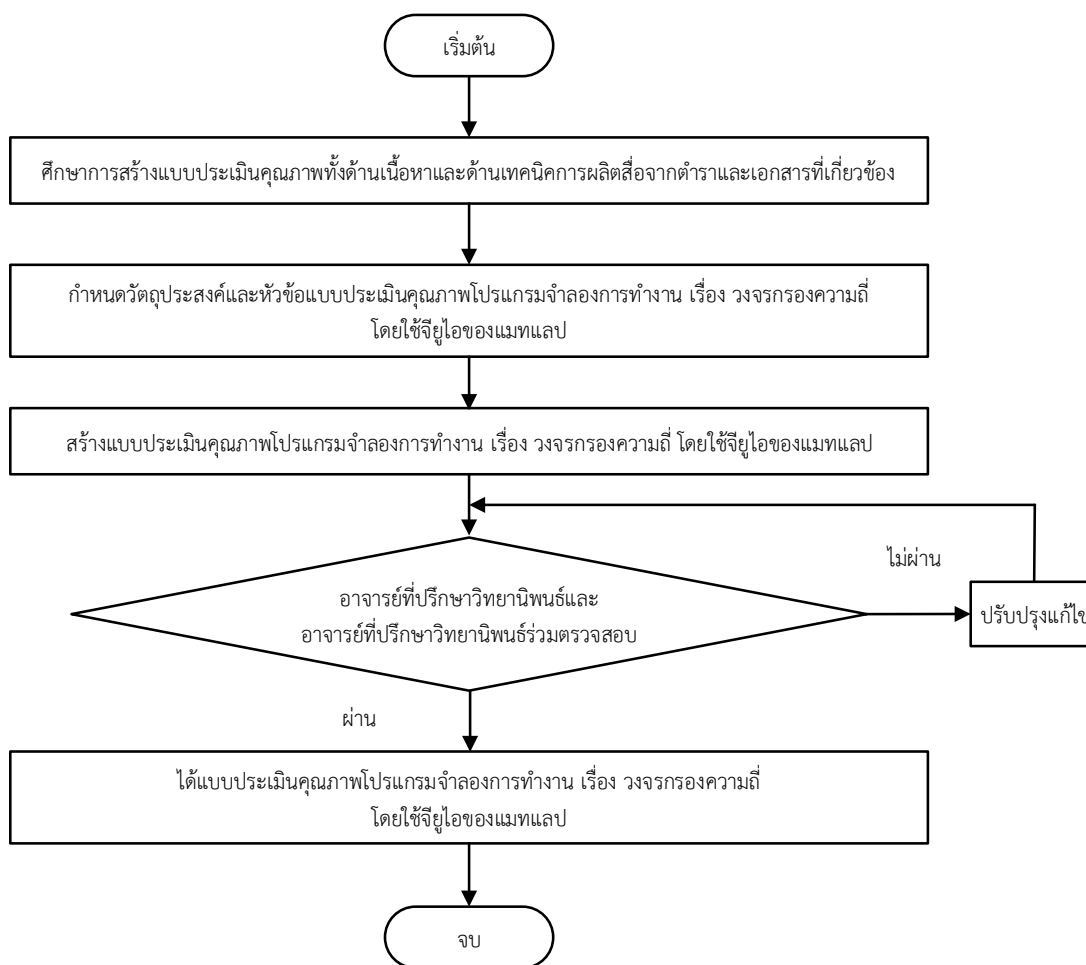
เกณฑ์ 2.50-3.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

เกณฑ์ 1.50-2.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

เกณฑ์ 1.00-1.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.3.2.4 นำแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ และนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.3.2.5 ได้แบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป สำหรับให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของโปรแกรม เพื่อให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด



**ภาพที่ 3.2** ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จิตวิทยาของแมทแลป

### 3.3.3 การออกแบบแบบประเมินความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความพึงพอใจโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จิตวิทยาของแมทแลป โดยมีรายละเอียด ตามขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.3.3.2 กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จิตวิทยาของแมทแลป

3.3.3.3 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จิตวิทยาของแมทแลป โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540 : 107)

ระดับความคิดเห็น

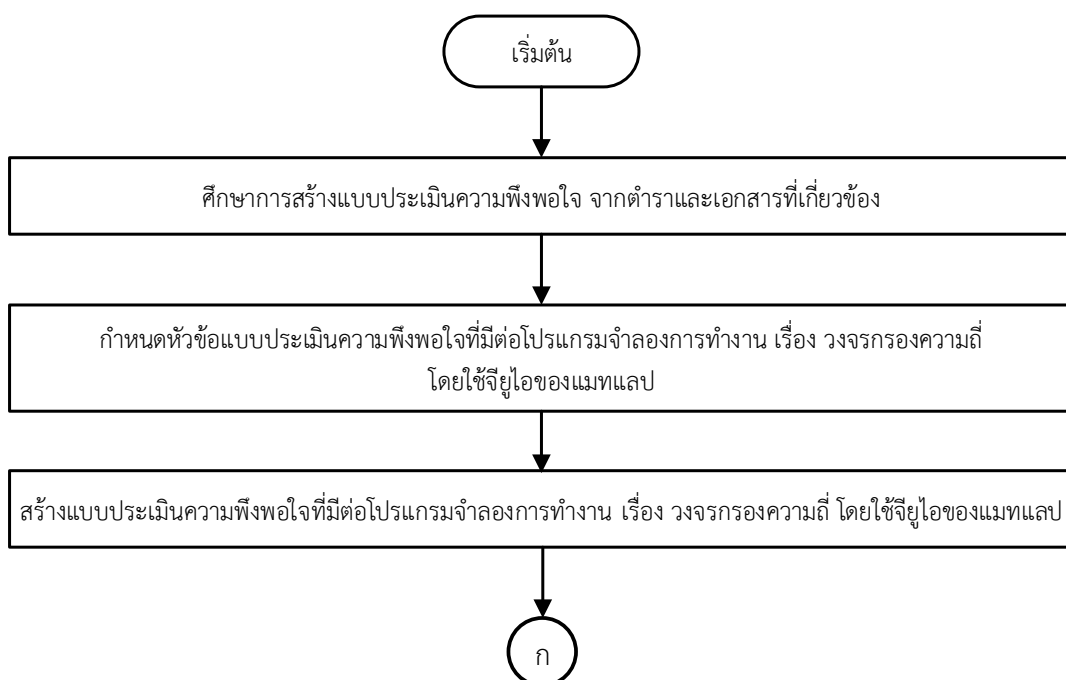
- ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
- ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
- ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ

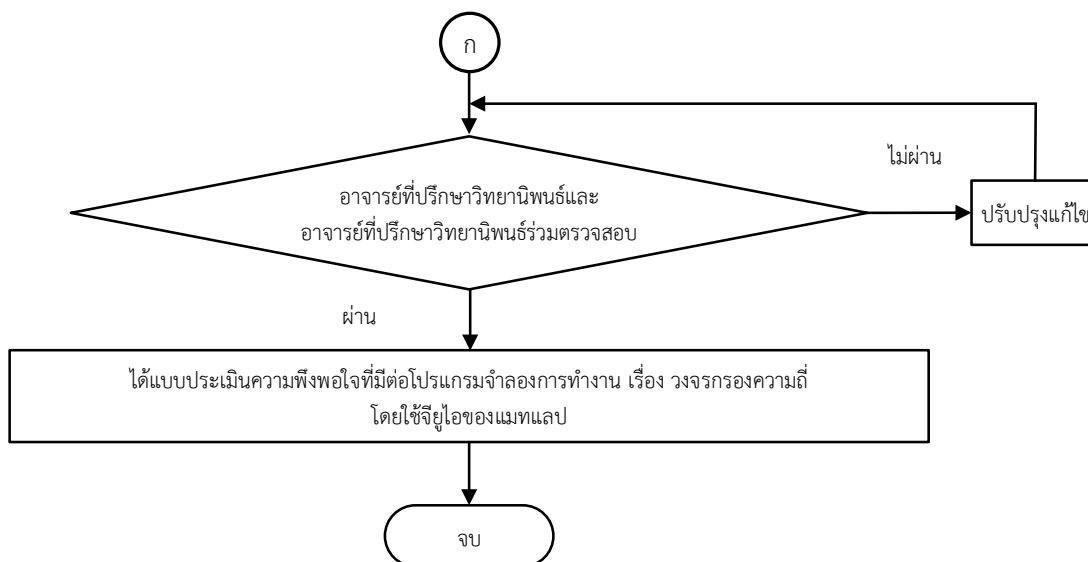
- เกณฑ์ 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
- เกณฑ์ 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
- เกณฑ์ 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
- เกณฑ์ 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
- เกณฑ์ 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.3.3.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ และนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.5 ได้แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป สำหรับให้นักศึกษากลุ่มทดลองประเมิน



ภาพที่ 3.3 ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป



ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

3.3.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปและการเรียนแบบปกติ

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปและการเรียนแบบปกติ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน ตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน โดยการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคู่มือและเอกสารต่าง ๆ กำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.4.2 วิเคราะห์เนื้อหาและสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 67 ข้อ ตามที่ได้วิเคราะห์ในข้างต้น จากนั้นนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหาและความเหมาะสมของข้อคำถาม

3.3.4.3 นำแบบแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

3.3.4.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่านพิจารณา การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

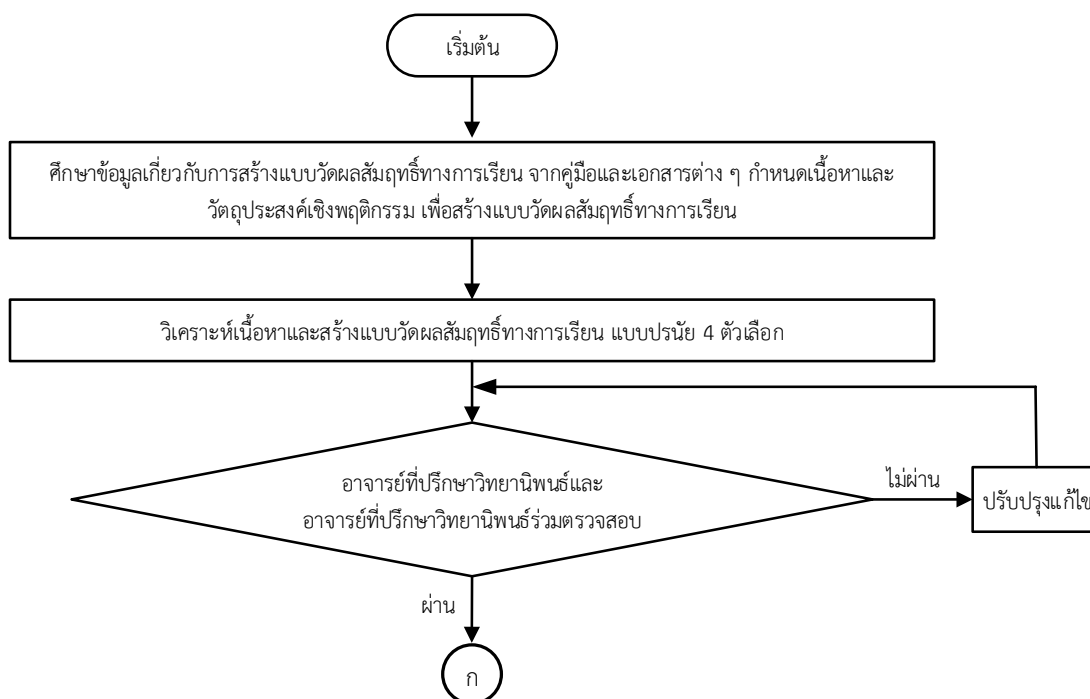
คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

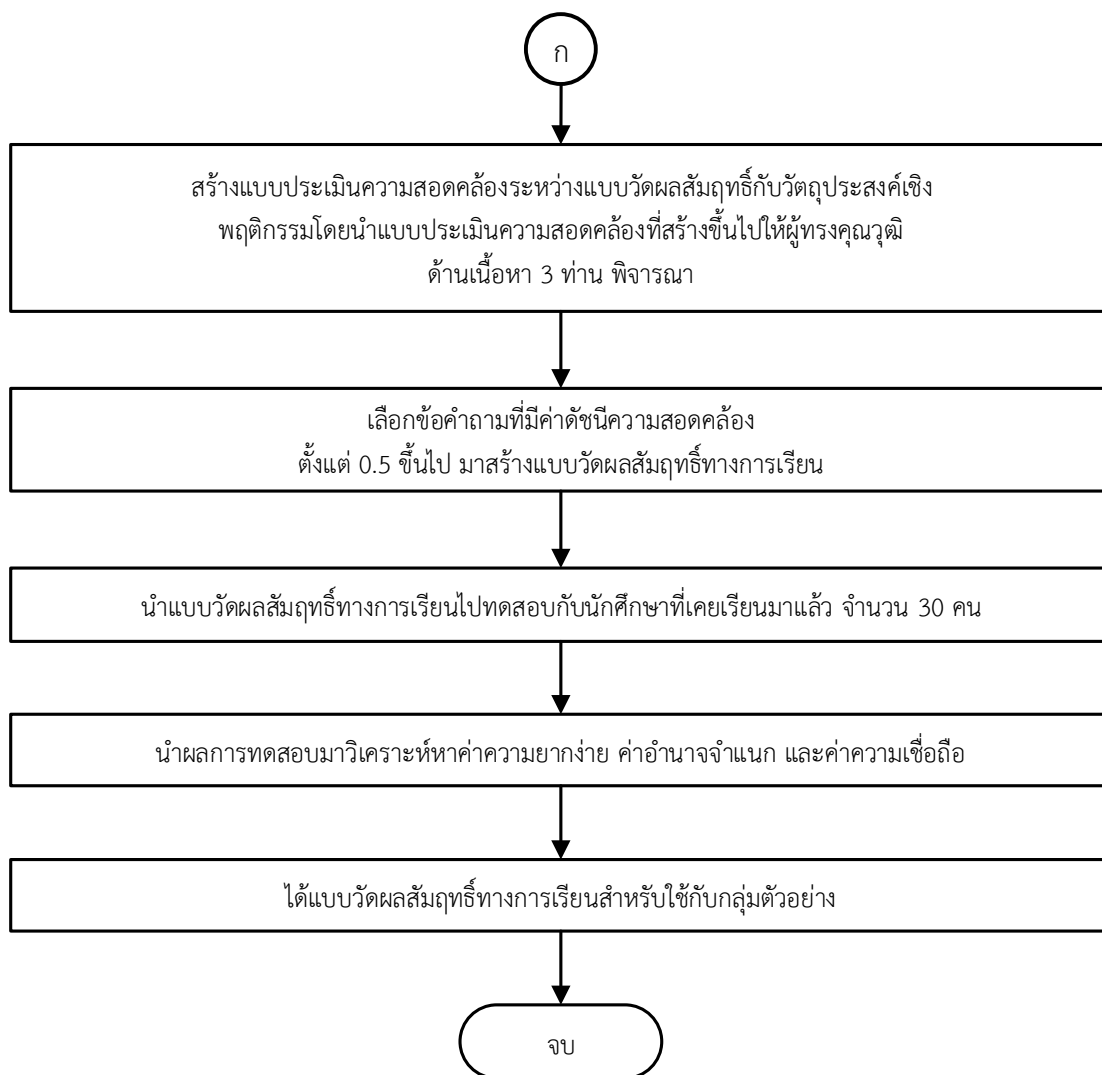
3.3.4.5 นำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยผู้วิจัยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงใช้เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ได้ จากการคำนวณ ได้ข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ที่ 0.5 ขึ้นไป โดยมีค่าเท่ากับ 1 จำนวน 54 ข้อ

3.3.4.6 นำข้อคำถามไปสร้างเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้ไปทดสอบกับนักศึกษาที่เคยเรียนมาแล้ว จำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาชั้นปี 3 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อถือได้ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ได้เลือกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 42 ข้อ ที่ครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ ไปใช้จริง (รายละเอียดในภาคผนวกตารางที่ ฉ.1-ฉ.2)

3.3.4.7 ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 3.4 ผังงานขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ภาพที่ 3.4 (ต่อ)

### 3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา ถึง คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำวิจัยในครั้งนี้

2. ให้นักศึกษา 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองจำนวน 20 คนและกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน เรียนทฤษฎี เรื่อง วงจรกรองความถี่ กับอาจารย์ผู้สอน ณ ห้อง ค.314 วันที่ 26 เมษายน 2562 เวลา 09.00-12.00 น.

3. ให้นักศึกษากลุ่มควบคุมทำแบบฝึกหัด โดยการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข ณ ห้อง ค. 314 วันที่ 26 เมษายน 2562 เวลา 13.00-16.00 น.

4. ชี้แจงวัตถุประสงค์ และอธิบายวิธีการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ให้นักศึกษากลุ่มทดลอง จากนั้นให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด โดยการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข และใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มาตรวจสอบคำตอบ ณ ห้องคอมพิวเตอร์ ค. 315 วันที่ 26 เมษายน 2562 เวลา 13.00-16.00 น.

5. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ณ ห้องคอมพิวเตอร์ ค. 315 วันที่ 3 พฤษภาคม 2562 เวลา 09.00-11.00 น.

6. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปและการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

(1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (พิสนุ พงศรี. 2553 : 154)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิ

$\sum x$  แทน คะแนนรวม

$n$  แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

(2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 143)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

x	แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน
f	แทน ความถี่
n	แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด
$\Sigma$	แทน ผลรวม

3.5.2 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

สถิติทดสอบ pooled variance t-test ( พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 269)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}} \quad (3.3)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ t	แทน ค่าสถิติ t
$\bar{X}_1$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม 1
$\bar{X}_2$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่ม 2
$S_1^2$	แทน ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม 1
$S_2^2$	แทน ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม 2
$n_1$	แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 1
$n_2$	แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 2
df	แทน ความเป็นอิสระ

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป โดยการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

4.2 ผลการประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและการเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

#### 4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

การประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งผลจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละด้าน ได้นำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1	ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
4	ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.33	1.15	ดี
5	เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.67	0.58	ดีมาก

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
6	ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
7	ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
8	กราฟสื่อความหมายได้ตรงเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
9	ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้	4.00	0.00	ดี
10	ความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.47	0.52	ดี

จากตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาทั้ง 3 ท่าน อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.67$ ) จำนวน 6 รายการ ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความถูกต้องของเนื้อหา เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา กราฟสื่อความหมายได้ตรงเนื้อหา และความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน รองลงมา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 4.33$ ) จำนวน 2 รายการ ได้แก่ ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา และความสมบูรณ์ของเนื้อหา ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงรายละเอียดในการ จัดหมวดหมู่ของโปรแกรม เพิ่มป้ายสัญลักษณ์แสดงสีของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตในโดเมนเวลา

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.33	0.58	ดี
2	ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความเหมาะสมของสีและขนาดตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
4	ความเหมาะสมขององค์ประกอบในหน้าจอ	5.00	0.00	ดีมาก
5	ปุ่มการใช้งานออกแบบได้ดี สื่อความหมาย	4.67	0.58	ดีมาก
6	โปรแกรมมีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้	4.33	0.58	ดี

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=3)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
7	ความเหมาะสมในการใช้คำศัพท์	4.33	0.58	ดี
8	ความเหมาะสมของรูปวงจร	4.33	0.58	ดี
9	ความเหมาะสมของกราฟแสดงผล	4.33	0.58	ดี
10	ความเหมาะสมของรูปสมการ	4.33	0.58	ดี
11	ความเหมาะสมของการกวดเลือกฟังก์ชันการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
12	ความเหมาะสมของการป้อนข้อมูล	5.00	0.00	ดีมาก
<b>เฉลี่ยรวมทั้งหมด</b>		<b>4.56</b>	<b>0.48</b>	<b>ดีมาก</b>

จากตารางที่ 4.2 ตารางผลการประเมินหาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตที่อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 5.00$ ) ได้แก่ ความเหมาะสมของการป้อนข้อมูล รองลงมา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.67$ ) จำนวน 4 รายการ ได้แก่ ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร ความเหมาะสมของสีและขนาดตัวอักษร ปุ่มการใช้งานออกแบบได้ดี สื่อความหมาย และความเหมาะสมของการกวดเลือกฟังก์ชันการใช้งาน ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงรูปแบบของสมการให้เห็นชัดมากขึ้น ปรับสีสันของโปรแกรมให้มีความน่าสนใจมากขึ้น

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนแบบปกติและการเรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปี 2 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้แก่ กลุ่ม

ทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 42 ข้อ

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติ และการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

รายการประเมิน	จำนวน นักศึกษา	คะแนน เต็ม	ผลการทดสอบ			t
			$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ	
กลุ่มทดลอง	20	42	30.60	6.39	72.86	-4.57*
กลุ่มควบคุม	20	42	22.09	5.51	52.60	

\*มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปผู้วิจัยได้แบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 42 ข้อ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มทดลองมีค่า 30.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.39 คิดเป็นร้อยละ 72.86 ส่วนคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มควบคุมมีค่า 22.09 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.51 คิดเป็นร้อยละ 52.60 มีค่า t-test ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

#### 4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยให้นักศึกษากลุ่มทดลองแสดงความคิดเห็นหลังจากที่เรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปเสร็จ แล้วนำผลที่ได้มาประเมินผล

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=20)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
<b>ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม</b>				
1	ความแม่นยำในการเลือกข้อมูล	4.40	0.50	มาก
2	ความเสถียรของโปรแกรม	4.40	0.60	มาก
3	ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.40	0.68	มาก
4	รูปแบบการใช้งานมีความยาก-ง่าย ที่เหมาะสม	4.45	0.69	มาก
<b>เฉลี่ยด้านประสิทธิภาพโปรแกรม</b>		<b>4.41</b>	<b>0.62</b>	<b>มาก</b>
<b>ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน</b>				
5	ความสะดวกในการติดตั้งโปรแกรม	4.00	0.79	มาก
6	ความสะดวกในการเลือกวงจร	4.45	0.69	มาก
7	ความสะดวกในการใช้งาน	4.55	0.51	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา	4.15	0.75	มาก
9	ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	4.30	0.57	มาก
10	ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้	4.40	0.68	มาก
11	มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้เรื่อง วงจรกรองความถี่	4.70	0.47	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน</b>		<b>4.36</b>	<b>0.64</b>	<b>มาก</b>
<b>ด้านความถูกต้องของเนื้อหา</b>				
12	ความชัดเจนของรูปวงจรและสมการ	4.55	0.69	มากที่สุด
13	กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน	4.55	0.60	มากที่สุด
14	ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4.50	0.61	มากที่สุด
15	ความถูกต้อง ความแม่นยำของเนื้อหา	4.50	0.61	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยด้านความถูกต้องของเนื้อหา</b>		<b>4.53</b>	<b>0.63</b>	<b>มากที่สุด</b>
<b>เฉลี่ยรวมทั้งหมด</b>		<b>4.42</b>	<b>0.63</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพ

โปรแกรม ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน และด้านความถูกต้องของเนื้อหา พบว่า ระดับความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 มีระดับความพึงพอใจมาก ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 มีระดับความพึงพอใจมาก และด้านความถูกต้องของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และระดับความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 มีระดับความพึงพอใจมาก โดยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้เรื่อง วงจรกรองความถี่ ความชัดเจนของรูปวงจรและสมการ กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา และความถูกต้อง ความแม่นยำของเนื้อหา

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปกติและการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

##### 5.1.2 สมมติฐานในการวิจัย

1. โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{x} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนรู้ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป แตกต่างกับเรียนรู้ด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05
3. ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มีคุณภาพในระดับมาก ( $\bar{x} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

##### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร  
นักศึกษาที่เรียนในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เรียนเรื่อง วงจรกรองความถี่

## 2. กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาชั้นปี 2 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมแขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสารประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้แก่ กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ

### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป
2. แบบประเมินคุณภาพ
3. แบบประเมินความพึงพอใจ
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มีขั้นตอนดังนี้

1. จัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา ติดต่อกับหัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำวิจัยในครั้งนี้
2. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียนเรื่อง วงจรกรองความถี่ กับอาจารย์ผู้สอน
4. ชี้แจงวัตถุประสงค์ และอธิบายวิธีการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ให้กับกลุ่มทดลอง
5. นำโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มาดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลอง โดยให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดแล้วตรวจคำตอบโดยใช้โปรแกรม
6. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป
7. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
8. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

1. ประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปและกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติ โดยใช้โดยใช้สถิติ t-test
3. ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อด้านละ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงานด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.47, S.D. = 0.52$ ) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.48$ ) จึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้
2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มเรียนกับอาจารย์ผู้สอน แล้วแยกกลุ่มทำแบบฝึกหัด โดยกลุ่มทดลองเมื่อทำแบบฝึกหัดโดยการคำนวณเสร็จแล้วให้ตรวจสอบความถูกต้องกับโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการตรวจคำตอบโดยใช้โปรแกรม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดียวกันจำนวน 42 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test พบว่านักศึกษากลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 52.61 และนักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 72.86 และจากตารางการแจกแจง t ซึ่งมีค่า  $df=38$  ระดับความเชื่อถือได้ที่ 0.05 มีค่า 2.021 ซึ่งผลการคำนวณ t-test มีค่า 4.57 แสดงว่าพบความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปแตกต่างกับเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้
3. ผลการประเมินหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป หลังจากนักศึกษากลุ่มทดลองได้เรียนรู้โดยใช้โปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาทำแบบประเมินความพึงพอใจ พบว่านักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.42, S.D. = 0.63$ ) จึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้

## 5.2 การอภิปรายผลวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป สามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลและสรุปผลได้ ดังนี้

### 5.2.1 ด้านคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

จากผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 มีคุณภาพอยู่ในระดับดี เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีการแสดงผลที่ชัดเจน และจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง มีการจัดลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน การแสดงผลทั้งรูปภาพ ค่าพารามิเตอร์และสมการ ทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความรู้และทำความเข้าใจได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสมมารถ ขำเกลี้ยง จัดทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้าอันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จ็อยไอของแมทแลป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ภาคเรียนที่ 2/2556 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการคำนวณของซอฟต์แวร์มีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอยู่ในระดับมากที่สุด มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์

### 5.2.2 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชั้นปี 2 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 40 คน โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มเรียนกับอาจารย์ผู้สอนแล้วแยกกลุ่มทำแบบฝึกหัด โดยกลุ่มทดลองเมื่อทำแบบฝึกหัดโดยการคำนวณเสร็จแล้วให้ตรวจสอบความถูกต้องกับโปรแกรมจำลองการทำงานที่พัฒนาขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการตรวจคำตอบโดยใช้โปรแกรม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดเดียวกันจำนวน 42 ข้อ นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีความเชื่อถือได้ 0.87 มาใช้สอบกับนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม พบว่า

นักศึกษากลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 52.61 และนักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 72.86 จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลอง การทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลปสูงกว่าการเรียนด้วยการสอนแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกนลา เจริญสุข ทำวิจัยเรื่อง MATLAB GUI สำหรับการเรียนการสอน วิชาแคลคูลัสเวกเตอร์ เรื่องปริพันธ์สามชั้น เพื่อได้ทำสื่อประกอบการเรียนการสอนเรื่อง ปริพันธ์สาม ชั้นในปริภูมิสามมิติ ทั้งในระบบพิกัดฉาก ระบบพิกัดทรงกระบอกและระบบพิกัดทรงกลม โดยใช้ โปรแกรม MATLAB GUI ในการแสดงพื้นผิวต่าง ๆ ในปริภูมิสามมิติ แสดงชิ้นส่วนย่อยเพื่อใช้ ประกอบการอธิบายปริพันธ์สามชั้นในระบบพิกัดฉาก ระบบพิกัดทรงกระบอกและระบบพิกัดทรงกลม และคำนวณค่าปริพันธ์สามชั้น ควบคู่กับโปรแกรม PowerPoint ในการอธิบายหลักการและเนื้อหา บทเรียน เพื่อให้ผู้สอนสามารถนำไปประกอบการสอนในชั้นเรียน และเพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถศึกษาได้ ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการประเมินและวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยทำการสุ่มตัวอย่างจาก นักศึกษาที่กำลังศึกษารายวิชาแคลคูลัสเวกเตอร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ของมหาวิทยาลัย ศิลปากร จากผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริพันธ์สามชั้นของนักศึกษากลุ่มที่ใช้สื่อ สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สื่อ อย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 และพบว่าผู้ใช้มีผลความพึงพอใจในระดับมาก โดยเรื่องที่มีความพึงพอใจสูงคือ โปรแกรม MATLAB GUI มีความน่าสนใจและมีความเข้าใจในบท นิยามของปริพันธ์สามชั้นมากขึ้น

### 5.2.3 ด้านความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป โดยนำแบบประเมินความพึงพอใจให้กับนักศึกษากลุ่ม ทดลองได้ทำการประเมิน หลังจากได้ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อย ไอของแมทแลป พบว่าผลการประเมินจากนักศึกษาจำนวน 20 คน มีค่าความพึงพอใจแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน และด้านความถูกต้อง ของเนื้อหา พบว่า ระดับความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 มีระดับความ พึงพอใจมาก ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.64 มีระดับความพึงพอใจมาก และด้านความถูกต้องของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และระดับความพึงพอใจ โดยรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 มีระดับความพึงพอใจ มาก โดยมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ เรื่อง วงจรกรองความถี่ ความชัดเจนของรูปวงจรและสมการ กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา และความถูกต้อง ความแม่นยำของเนื้อหา ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง (2557) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแบบสะเต็มศึกษา สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง ซึ่งกระบวนการวิจัยเริ่มดำเนินการจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามกระบวนการสะเต็มศึกษาแบบ REPEA Model ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทบทวน (Recall) ขั้นตอนให้เนื้อหา (Explanation) ขั้นตอนทำกิจกรรมกลุ่ม (Participation) ขั้นตอนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange) และขั้นตอนวัดและประเมินผล (Assessment) จากนั้นพัฒนาชุดการสอนที่ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบงาน แบบทดสอบ โปรแกรมจำลอง สื่อเพาเวอร์พอยต์ และชุดเครื่องมือวัดเสมือนจริง ชุดการสอนจะนำไปใช้ในการสอนเรื่องวงจรสายส่งความถี่สูงและการประยุกต์ใช้งานที่ประกอบด้วย 4 หน่วยเรียน ได้แก่ พื้นฐานสายส่งความถี่สูง สมการของสายส่งและคลื่นนิ่ง สมิทชาร์ตและการใช้งาน และสายส่งไมโครสตริปและการประยุกต์ใช้งาน สุดท้ายรูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 คน พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก หลังจากการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาตรีจำนวน 30 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาที่ 2/2559 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.01 ที่สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ นอกจากนี้ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัยที่กำหนดไว้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ในการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ควรออกแบบใบงานเพื่อใช้ประกอบการทำแบบฝึกหัด ให้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษา

1.2 ในการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป เพื่อตรวจสอบคำตอบ ผู้สอนควรสอนการวิเคราะห์วงจรและการวาดกราฟผลตอบสนองให้ผู้เรียนเข้าใจก่อน แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือคิดเลขในการคำนวณ และตรวจสอบคำตอบสุดท้ายโดยใช้โปรแกรม

#### 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรเพิ่มวงจรรองความถี่ที่มีรูปแบบแตกต่างไปจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เช่น วงจรรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวที วงจรรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวพาย เป็นต้น

2.2 ควรมีแบบฝึกหัดประกอบการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ของวงจรรอง ความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ให้ตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งานที่หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ วงจร การวาดกราฟผลตอบสนอง การวาดกราฟสัญญาณอินพุตเทียบสัญญาณเอาต์พุต เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง, รัฐพล จินะวงศ์ และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล. 2557. “การศึกษาสภาพและแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอน วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรณีศึกษาภาคกลางตอนบน 1.” **การประชุมวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ**. ครั้งที่ 7 : 133-138.
- กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง. 2557. “การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแบบสะเต็มศึกษา สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง.” **ปรัชญาดุสิตบัณฑิต**. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิตติธัช อิมวัฒน์กุล. 2553. **ความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการให้บริการด้านโครงสร้างพื้นฐานขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตอำเภอโนนไทยจังหวัดนครราชสีมา** โครงการงานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- กนลา เจริญสุข. 2556. “MATLAB GUI สำหรับการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสเวกเตอร์ เรื่องปริพันธ์สามชั้น.” **ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จรงค์ สามารถ, สมมารถ ขำเกลี้ยง และสมศักดิ์ อรรถทิมากุล. 2556. “การพัฒนาโปรแกรมจำลองวงจรกรองความถี่สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมโทรคมนาคม.” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 : 580-593.
- จินตวีร์ คล้ายสังข์ และประกอบ กรณีกิจ. 2559. **การออกแบบเว็บเพื่อการเรียนการสอนแนวทางการประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนแบบผสมผสาน อิเล็กทรอนิกส์ และออนไลน์อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนกร มธุมิตรานนท์. 2557. “โปรแกรมจำลองการทำงานสำหรับระบบสื่อสารดิจิทัลพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรม MATLAB GUI.” **ปริญาครูศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต**. คณะครูศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิพัฒน์ พรหมมี. 2553. **หลักการตรวจสอบความถี่อนาลอก**. กรุงเทพฯ : งานบริการการเรียนการสอน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : คณะครูศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- ไพศาล คงเรือง และสมมาตร ขำเกลี้ยง. 2558. “โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าที่มีโหลดเป็นเครื่อง  
เชื่อมไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 โดยใช้จียูไอ  
ของแมทแลป.” **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ**. ครั้งที่ 8 : 37-42.
- พิสนุ ฟองศรี. 2553. **วิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : บริษัท ด้านสุทธาการพิมพ์.
- วัฒนา เพ็ชรวงค์. 2542. **พฤติกรรมและความพึงพอใจของประชากรที่มีต่อการใช้บริการ 13**.  
บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต(การตลาด) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริวรรณ เสรีรัตน์ 2541. **การวิจัยธุรกิจ**. กรุงเทพฯ : เพชรจรัสแสงแห่งโลกธุรกิจ.
- สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง. 2542. **ทฤษฎีความพึงพอใจ**. กรุงเทพฯ: ดำรงชัยการพิมพ์.
- สมศักดิ์ อรรคทิมากุล และพินิจ เนื่องภิรมย์. 2557. **การใช้งานฟังก์ชัน GUI โปรแกรม MATLAB**.  
กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สมมาตร ขำเกลี้ยง. 2557. “การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบสนองของวงจรไฟฟ้า  
อันดับหนึ่งและวงจรไฟฟ้าอันดับสองเบื้องต้นโดยใช้จียูไอของแมทแลป.” **วารสารวิชาการ  
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 : 337-348.

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรอง  
ความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงานเรื่องวงจรกรองความถี่โดย  
ใช้จ็อยไอของแมทแลป

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง

ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก ฉ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก ช คู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงานเรื่องวงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอ  
ของแมทแลป

ภาคผนวก ซ วิธีการออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของ  
แมทแลป

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการและรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ประเมินและตรวจโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

- (1) รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (2) รศ.ดร.สันติ ตันตระกูล  
รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (3) รศ.ดร.พรพิมล นายรัศมี  
รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

- (1) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด  
รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (2) ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (3) ผศ.ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ  
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2561  
ให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ รหัสประจำตัว 61603143 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “โปรแกรมจำลองการ  
ทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป (Simulation Program for Filter Circuit by Using  
Matlab Gui)” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น  
ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2561

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน)  
คณบดี



คำสั่งคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ ๖๖๘ /2561

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ  
เค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ รหัสประจำตัว 61603143  
หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เป็นไปด้วยความเรียบร้อย  
และมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์  
ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.ดร.วินัย	ใจกล้า	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.ศุภวัฒน์	ลาวัณย์วิสุทธิ์	ประธานกรรมการภายนอก
รศ.ดร.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	กรรมการ
รศ.ดร.วินัย	ใจกล้า	กรรมการ
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	กรรมการ
ผศ.ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	กรรมการ

3. คณะกรรมการสอบสำรอง

อ.ดร.อภิชาติ	อนุกุลเวช	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ // กันยายน พ.ศ. 2561

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 /1007 วันที่ ๑ เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหา

เรียน รศ.ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ด้วยนางสาวสิริกฤ บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของ  
แมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย  
ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน  
แบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการ  
ตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกฤ บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาไปด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Simm ahn*  
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 100 2 วันที่ ๑ เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหา

เรียน รศ.ดร.สันติ ต้นตระกูล

ด้วยนางสาวสิริกกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกกุล บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาไปด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย



(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1002 วันที่ 9 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหา

เรียน รศ.ดร.พรพิมล ฉายวัศม์

ด้วยนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบทดสอบและโปรแกรมด้านเนื้อหาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Sirrat An*

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1002 วันที่ 9 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วยนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Smr ohr*  
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1๐0 ๒ วันที่ ๑ เมษายน 2562


เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.ไพฑูริย์ พวงวงศ์ตระกูล

ด้วยนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของ  
แม่เหล็ก” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย  
ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน  
โปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจ  
และประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
พร้อมกันนี้ได้แนบโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

  
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 /1002 วันที่ 9 เมษายน 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ

ด้วยนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของ  
แมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย  
ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมิน  
โปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจ  
และประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
พร้อมกันนี้ได้แนบโปรแกรมด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Smm atm*

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 /0250 วันที่ 4 มิถุนายน 2562

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
  2. โปรแกรมทดลองการทำงาน

ด้วยนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป” โดยมี รศ.ดร.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วินัย ใจกล้า เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2561

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทดลองการทำงาน กับนักศึกษาครุวิศวกรรมโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 2 ภายในคณะของท่านได้ พร้อมกันนี้ได้แนบประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์และโปรแกรมทดลองการทำงานมาด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

## ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ  
แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน  
เรื่อง วจรกรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

## แบบประเมินด้านเนื้อหา

### โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

#### คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาเกี่ยวกับการประเมินโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านโดยที่ระดับค่า

- 5 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างมาก

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรม

### แบบประเมินด้านเนื้อหา

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ด้านเนื้อหา ของนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ เป็นผู้จัดทำ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
2. ความถูกต้องของเนื้อหา					
3. ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา					
4. ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา					
5. เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย					
6. ความสมบูรณ์ของเนื้อหา					
7. ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา					
8. กราฟสื่อความหมายได้ตรงเนื้อหา					
9. ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้					
10. ความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน					

#### ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

### แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรม

#### แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ด้านเทคนิคการผลิตสื่อของ นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ เป็นผู้จัดทำ

**คำชี้แจง** ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านโดยที่ระดับค่า

- 5 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างมาก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง					
2. ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร					
3. ความเหมาะสมของสีและขนาดตัวอักษร					
4. ความเหมาะสมขององค์ประกอบในหน้าจอ					
5. ปุ่มการใช้งานออกแบบได้ดี สื่อความหมายได้ชัดเจน					
6. โปรแกรมมีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้					
7. ความเหมาะสมในการใช้คำศัพท์					
8. ความเหมาะสมของรูปร่าง					
9. ความเหมาะสมของกราฟแสดงผล					
10. ความเหมาะสมของรูปสมการ					
11. ความเหมาะสมของการกดเลือกฟังก์ชันการใช้งาน					
12. ความเหมาะสมของการป้อนข้อมูล					

ข้อเสนอแนะ

.....  
 .....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

#### แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรม

แบบประเมินนี้ เป็นแบบสอบถามระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ของนางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ เป็นผู้จัดทำ

**คำชี้แจง** ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านโดยที่ระดับค่า

- 5 หมายถึง พึงพอใจในระดับมากที่สุด  
 4 หมายถึง พึงพอใจในระดับมาก  
 3 หมายถึง พึงพอใจในระดับปานกลาง  
 2 หมายถึง พึงพอใจในระดับน้อย  
 1 หมายถึง พึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม</b>					
1. ความแม่นยำในการเลือกข้อมูล					
2. ความเสถียรของโปรแกรม					
3. ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา					
4. รูปแบบการใช้งานมีความยาก-ง่าย ที่เหมาะสม					
<b>ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน</b>					
5. ความสะดวกในการติดตั้งโปรแกรม					
6. ความสะดวกในการเลือกวงจร					
7. ความสะดวกในการใช้งาน					
8. ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา					
9. ความสะดวกในการป้อนข้อมูล					
10. ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้					
11. มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้เรื่อง วงจรกรองความถี่					
<b>ด้านความถูกต้องของเนื้อหา</b>					
12. ความชัดเจนของรูปวงจรและสมการ					
13. กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน					
14. ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา					
15. ความถูกต้อง ความแม่นยำของเนื้อหา					

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

.....

### ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ  
ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน  
เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่องวงจรรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3			
1	ความเหมาะสมของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4	ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา	5	5	3	4.33	1.15	ดี
5	เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
6	ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
7	ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
8	กราฟสื่อความหมายได้ตรงเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
9	ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10	ความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย		44	46	44	4.47	0.52	ดี

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่องวงจรรองความถี่ โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
		ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3			
1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2	ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3	ความเหมาะสมของสีและขนาดตัวอักษร	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
4	ความเหมาะสมขององค์ประกอบในหน้าจอ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
5	ปุ่มการใช้งานออกแบบได้ดี สื่อความหมาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
6	โปรแกรมมีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
7	ความเหมาะสมในการใช้คำศัพท์	5	4	4	4.33	0.58	ดี
8	ความเหมาะสมของรูปวงจรร	4	4	5	4.33	0.58	ดี
9	ความเหมาะสมของกราฟแสดงผล	5	4	4	4.33	0.58	ดี
10	ความเหมาะสมของรูปสมการ	4	4	5	4.33	0.58	ดี
11	ความเหมาะสมของการกดเลือกฟังก์ชันการใช้งาน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
12	ความเหมาะสมของการป้อนข้อมูล	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย		57	51	56	4.56	0.48	ดีมาก

ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง  
วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=20)		
		$\bar{x}$	S.D	ระดับความ พึงพอใจ
<b>ด้านประสิทธิภาพโปรแกรม</b>				
1	ความแม่นยำในการเลือกข้อมูล	4.40	0.50	มาก
2	ความเสถียรของโปรแกรม	4.40	0.60	มาก
3	ความเหมาะสมของการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.40	0.68	มาก
4	รูปแบบการใช้งานมีความยาก-ง่าย ที่เหมาะสม	4.45	0.69	มาก
<b>เฉลี่ยด้านประสิทธิภาพโปรแกรม</b>		4.41	0.62	มาก
<b>ด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน</b>				
5	ความสะดวกในการติดตั้งโปรแกรม	4.00	0.79	มาก
6	ความสะดวกในการเลือกวงจร	4.45	0.69	มาก
7	ความสะดวกในการใช้งาน	4.55	0.51	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับเนื้อหา	4.15	0.75	มาก
9	ความสะดวกในการป้อนข้อมูล	4.30	0.57	มาก
10	ความเหมาะสมของศัพท์ที่ใช้	4.40	0.68	มาก
11	มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้เรื่อง วงจรรองความถี่	4.70	0.47	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยด้านกระบวนการและขั้นตอนในการใช้งาน</b>		4.36	0.64	มาก
<b>ด้านความถูกต้องของเนื้อหา</b>				
12	ความชัดเจนของรูปวงจรและสมการ	4.55	0.69	มากที่สุด
13	กราฟแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน	4.55	0.60	มากที่สุด
14	ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4.50	0.61	มากที่สุด
15	ความถูกต้อง ความแม่นยำของเนื้อหา	4.50	0.61	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยด้านความถูกต้องของเนื้อหา</b>		4.53	0.63	มากที่สุด
<b>เฉลี่ยรวมทั้งหมด</b>		4.42	0.63	มาก

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
13	0	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
20	0	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
24	0	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
27	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
28	0	0	-1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma^R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
29	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
32	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
33	0	0	-1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
34	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
37	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
38	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
42	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
43	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
44	-1	0	0	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
45	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
46	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
47	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
48	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
49	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
50	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
51	0	0	1	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
52	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
53	0	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
54	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
55	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
56	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
57	0	0	-1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
58	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
59	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
60	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
61	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
62	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
63	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
64	0	0	-1	-1	-0.33	ไม่สอดคล้อง
65	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
66	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
67	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวน 67 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 54 ข้อ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ จ.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

ข้อที่	กลุ่ม เก่ง	กลุ่ม อ่อน	ค่าความ ยากง่าย	ผลวิเคราะห์	ค่าอำนาจ จำแนก	ผล วิเคราะห์	สรุป
1	15	9	0.80	ง่าย	0.40	สูงมาก	ยอมรับได้
2	11	2	0.43	ปานกลาง	0.60	สูงมาก	ยอมรับได้
*3	8	3	0.30	ยาก	0.20	ปานกลาง	ยอมรับได้
4	14	6	0.67	ง่าย	0.53	สูงมาก	ยอมรับได้
*5	7	5	0.40	ปานกลาง	0.13	ต่ำ	ไม่ยอมรับ
6	12	3	0.67	ง่าย	0.27	ปานกลาง	ยอมรับได้
7	14	8	0.70	ง่าย	0.33	สูง	ยอมรับได้
8	13	7	0.70	ง่าย	0.33	สูง	ยอมรับได้
9	13	8	0.73	ง่าย	0.40	สูงมาก	ยอมรับได้
*10	14	11	0.83	ง่ายมาก	0.20	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
11	15	9	0.80	ง่าย	0.40	สูงมาก	ยอมรับได้
12	15	5	0.67	ง่าย	0.67	สูงมาก	ยอมรับได้
13	13	5	0.67	ง่าย	0.40	สูงมาก	ยอมรับได้
14	7	2	0.30	ยาก	0.33	สูง	ยอมรับได้
15	9	4	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
16	13	5	0.63	ง่าย	0.33	สูง	ยอมรับได้
17	8	3	0.30	ยาก	0.33	สูง	ยอมรับได้
18	10	5	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
19	6	3	0.33	ยาก	0.27	ปานกลาง	ยอมรับได้
*20	7	6	0.43	ปานกลาง	0.07	ต่ำมาก	ไม่ยอมรับ
21	7	2	0.27	ยาก	0.27	ปานกลาง	ยอมรับได้
*22	0	0	0.00	ยากมาก	0.00	ไม่มี	ไม่ยอมรับ
23	7	2	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
*24	4	1	0.17	ยากมาก	0.20	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
25	10	5	0.57	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
26	10	5	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
*27	5	5	0.33	ยาก	0.00	ไม่มี	ไม่ยอมรับ
*28	4	0	0.13	ยากมาก	0.27	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
29	11	5	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม เก่ง	กลุ่ม อ่อน	ค่าความ ยากง่าย	ผลวิเคราะห์	ค่าอำนาจ จำแนก	ผล วิเคราะห์	สรุป
30	8	3	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
31	11	6	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
32	7	1	0.27	ยาก	0.40	สูงมาก	ยอมรับได้
33	9	1	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
34	8	3	0.57	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
35	10	5	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
36	8	3	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
*37	3	1	0.13	ยากมาก	0.13	ต่ำ	ไม่ยอมรับ
38	9	4	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
39	9	4	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
40	13	5	0.60	ปานกลาง	0.53	สูงมาก	ยอมรับได้
41	15	5	0.57	ปานกลาง	0.47	สูงมาก	ยอมรับได้
42	8	1	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
43	10	5	0.37	ยาก	0.33	สูง	ยอมรับได้
44	14	8	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
*45	13	11	0.80	ง่าย	0.13	ต่ำ	ไม่ยอมรับ
*46	5	3	0.27	ยาก	0.13	ต่ำ	ไม่ยอมรับ
*47	5	2	0.23	ยาก	0.20	ปานกลาง	ยอมรับได้
48	11	6	0.57	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
49	9	4	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
50	13	8	0.50	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
51	9	4	0.43	ปานกลาง	0.33	สูง	ยอมรับได้
52	9	4	0.63	ง่าย	0.33	สูง	ยอมรับได้
53	8	1	0.33	ยาก	0.27	ปานกลาง	ยอมรับได้
54	11	6	0.37	ยาก	0.33	สูง	ยอมรับได้

\*ข้อที่ไม่ได้นำมาเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ จ.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่มเก่ง	กลุ่มอ่อน	ค่า $q$	ค่า $p$	ค่า $pq$	ผลการประเมิน
1	15	9	1.00	0.60	0.60	ยอมรับได้
2	11	2	0.73	0.13	0.10	ยอมรับได้
3	14	6	0.93	0.40	0.37	ยอมรับได้
4	12	8	0.80	0.53	0.43	ยอมรับได้
5	13	8	0.87	0.53	0.46	ยอมรับได้
6	13	8	0.87	0.53	0.46	ยอมรับได้
7	14	8	0.93	0.53	0.50	ยอมรับได้
8	15	9	1.00	0.60	0.60	ยอมรับได้
9	15	5	1.00	0.33	0.33	ยอมรับได้
10	13	7	0.87	0.47	0.40	ยอมรับได้
11	7	2	0.47	0.13	0.06	ยอมรับได้
12	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
13	12	7	0.80	0.47	0.37	ยอมรับได้
14	7	2	0.47	0.13	0.06	ยอมรับได้
15	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
16	7	3	0.47	0.20	0.09	ยอมรับได้
17	6	2	0.40	0.13	0.05	ยอมรับได้
18	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
19	11	6	0.73	0.40	0.29	ยอมรับได้
20	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
21	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
22	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
23	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
24	7	1	0.47	0.07	0.03	ยอมรับได้
25	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
26	11	6	0.73	0.40	0.29	ยอมรับได้
27	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
28	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
29	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
30	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง	กลุ่มอ่อน	ค่า $q$	ค่า $p$	ค่า $pq$	ผลการประเมิน
31	13	5	0.87	0.33	0.29	ยอมรับได้
32	12	5	0.80	0.33	0.27	ยอมรับได้
33	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
34	8	3	0.53	0.20	0.11	ยอมรับได้
35	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
36	11	6	0.73	0.40	0.29	ยอมรับได้
37	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
38	10	5	0.67	0.33	0.22	ยอมรับได้
39	9	4	0.60	0.27	0.16	ยอมรับได้
40	12	7	0.80	0.47	0.37	ยอมรับได้
41	7	3	0.47	0.20	0.09	ยอมรับได้
42	8	3	0.53	0.20	0.11	ยอมรับได้
<b>รวม</b>	<b>418</b>	<b>199</b>			<b>10.14</b>	

ตารางที่ จ.3 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	$X$	$X^2$
กลุ่มสูงคนที่ 1	36	1296
กลุ่มสูงคนที่ 2	32	1024
กลุ่มสูงคนที่ 3	31	961
กลุ่มสูงคนที่ 4	32	1024
กลุ่มสูงคนที่ 5	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 6	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 7	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 8	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 9	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 10	31	961
กลุ่มสูงคนที่ 11	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 12	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 13	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 14	26	676

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	X	X <sup>2</sup>
กลุ่มสูงคนที่ 15	24	576
กลุ่มต่ำคนที่ 1	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 2	13	169
กลุ่มต่ำคนที่ 3	13	169
กลุ่มต่ำคนที่ 4	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 5	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 6	13	169
กลุ่มต่ำคนที่ 7	18	324
กลุ่มต่ำคนที่ 8	12	144
กลุ่มต่ำคนที่ 9	12	144
กลุ่มต่ำคนที่ 10	16	256
กลุ่มต่ำคนที่ 11	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 12	10	100
กลุ่มต่ำคนที่ 13	11	121
กลุ่มต่ำคนที่ 14	12	144
กลุ่มต่ำคนที่ 15	9	81
<b>รวม</b>	<b>638</b>	<b>15,544</b>

$$S_t^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(30 \times 15544) - (638)^2}{30(30-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{466320 - 407044}{870}$$

$$S_t^2 = 68.13$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

$$r_{tt} = \frac{42}{41} \left[ 1 - \frac{10.14}{68.13} \right]$$

$$r_{tt} = 0.87$$

ตารางที่ จ.4 คะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ (42 คะแนน)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	19	-3.09	9.55
2	26	3.91	15.29
3	19	-3.09	9.55
4	14	-8.09	65.45
5	15	-7.09	50.27
6	19	-3.09	9.55
7	20	-2.09	4.37
8	13	-9.09	82.63
9	30	7.91	62.57
10	23	0.91	0.83
11	26	3.91	15.29
12	28	5.91	34.93
13	20	-2.09	4.37
14	25	2.91	8.47
15	17	-5.09	25.91
16	35	12.91	166.67
17	26	3.91	15.29
18	25	2.91	8.47
19	18	-4.09	16.73
20	23	0.91	0.83
ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )		22.09	

ตารางที่ จ.4 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ (42 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	$(x - \bar{x})^2$
S.D.		5.51	
$S_1^2$			30.39

ตารางที่ จ.5 คะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ (42 คะแนน)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	24	-6.60	43.56
2	23	-7.60	57.76
3	35	4.40	19.36
4	34	3.40	11.56
5	27	-3.60	12.96
6	32	1.40	1.96
7	35	4.40	19.36
8	35	4.40	19.36
9	20	-10.60	112.36
10	33	2.40	5.76
11	34	3.40	11.56
12	35	4.40	19.36
13	37	6.40	40.96
14	36	5.40	29.16
15	31	0.40	0.16
16	13	-17.60	309.76
17	37	6.40	40.96
18	31	0.40	0.16
19	33	2.40	5.76
20	27	-3.60	12.96
ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )		30.60	
S.D.		6.38	
$S_2^2$			38.74

การคำนวณเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองและนักศึกษากลุ่มควบคุม นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีวิธีการดังนี้

สมมติฐานของการวิจัย คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อย์ไอของแมทแลปแตกต่างกับเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตั้งสมมติฐานทางสถิติ  $H_0$  และ  $H_1$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

เลือกสูตร pooled variance t-test

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

กำหนดเขตวิกฤติ โดยการหาค่าวิกฤติ  $t_{\frac{\alpha}{2}, n_1 + n_2 - 2}$  จากตารางค่าวิกฤติ t ที่  $\alpha = 0.05$  แบบ

สองทาง และค่า  $df = 20 + 20 - 2 = 38$  ได้ค่าวิกฤติ  $t_{0.025, 38} = \pm 2.021$

ดังนั้นเขตวิกฤติ คือ เขตที่มีค่า t ดังนี้  $-2.021 \geq t \geq 2.021$

แทนค่า หาค่า t

$$t = \frac{22.10 - 30.60}{\sqrt{\frac{(20 - 1)30.39 + (20 - 1)38.47}{20 + 20 - 2} \left\{ \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right\}}}$$

$$t = -4.57$$

ตัดสินใจปฏิเสธ  $H_0$  (ยอมรับ  $H_1$ ) เนื่องจากค่า t ที่คำนวณได้ตกอยู่ในเขตวิกฤติ แสดงว่าพบความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อย์ไอของแมทแลปแตกต่างกับเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

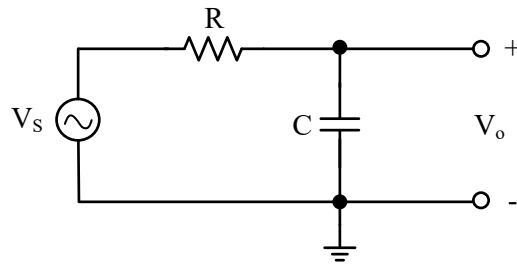
ภาคผนวก ฉ

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. จงบอกชื่อวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ จากรูปวงจร



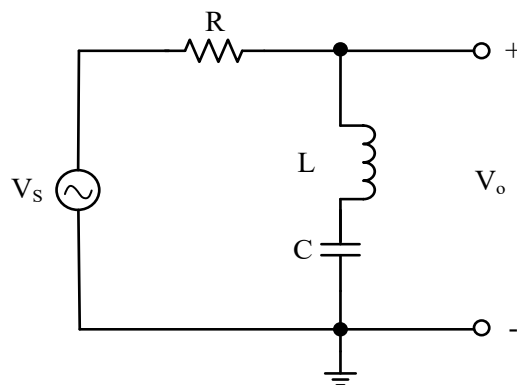
ก. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง

ข. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง

ค. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง

ง. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง

2. จงบอกชื่อวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ จากรูปวงจร



ก. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ข. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

ค. วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

ง. วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

3. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{s}{s + \frac{1}{RC}}$  เป็นผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรใด

ก. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ข. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

ค. วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

ง. วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

4. ข้อใดคือสมการวงจรรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง วงจรขนาน RLC

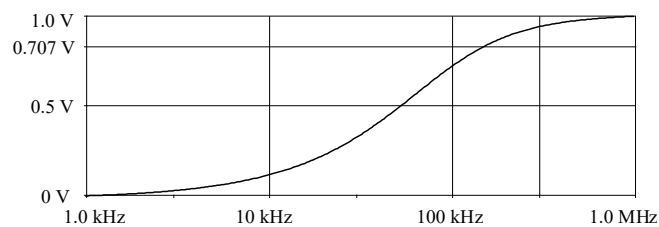
$$\text{ก. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{sR}{CL} + \frac{1}{CL}}$$

$$\text{ข. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{sR}{CL}}{s^2 + \frac{sR}{CL} + \frac{1}{CL}}$$

$$\text{ค. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{sR}{CL} + \frac{1}{CL}}$$

$$\text{ง. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2 + \frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{sR}{CL} + \frac{1}{CL}}$$

5. จากผลตอบสนองเชิงความถี่ดังรูปเป็นวงจรรองความถี่แบบใด



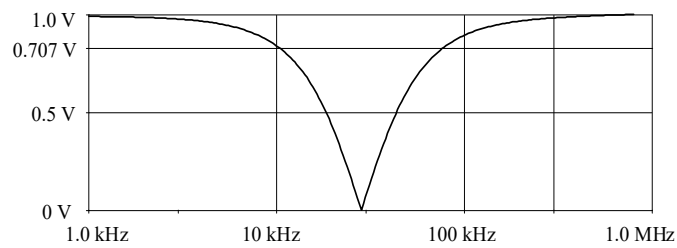
ก. วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน

ข. วงจรรองความถี่สูงผ่าน

ค. วงจรรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

ง. วงจรรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

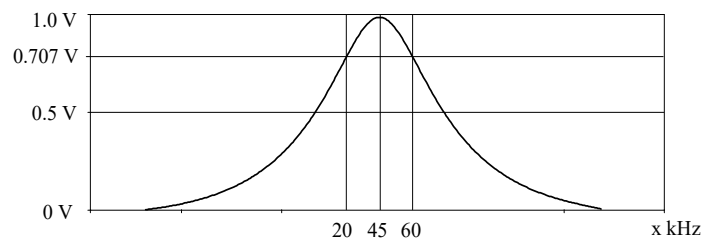
6. จากผลตอบสนองเชิงความถี่ดังรูปเป็นวงจรกรองความถี่แบบใด



- ก. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน  
 ข. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน  
 ค. วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

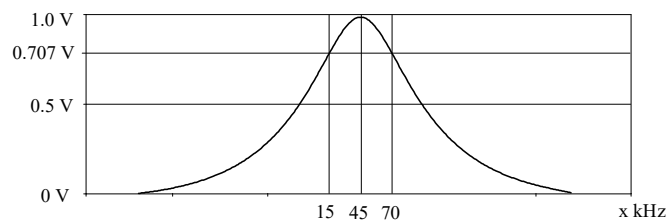
ง. วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

7. จากรูปผลตอบสนองเชิงความถี่ จงหาค่าของ  $f_0$



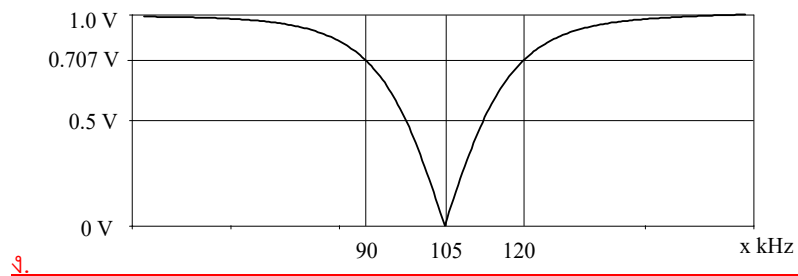
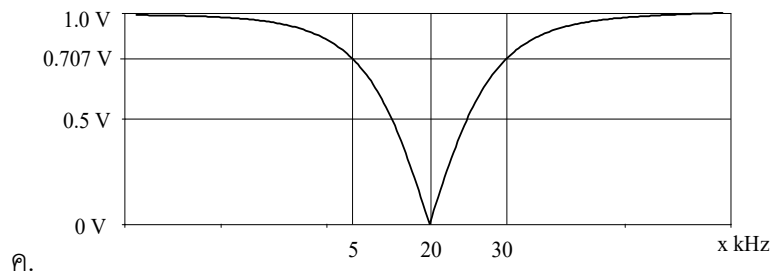
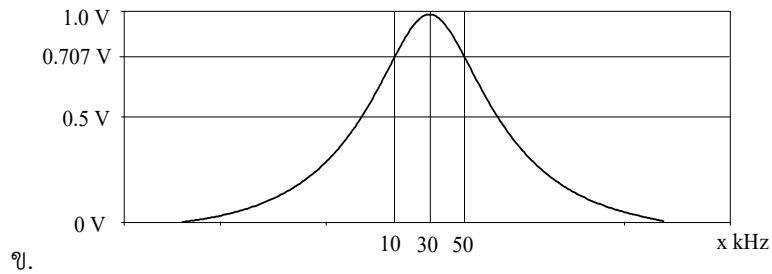
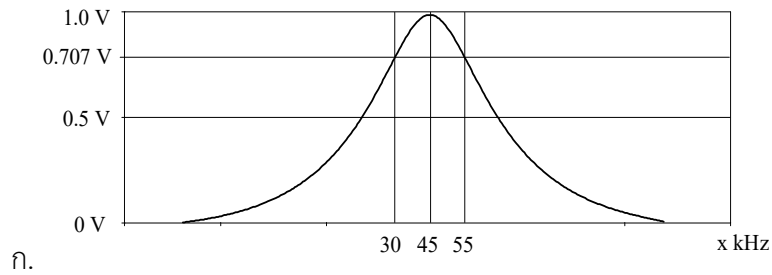
- ก. 20 kHz  
 ข. 40 kHz  
 ค. 45 kHz  
 ง. 60 kHz

8. จากรูปผลตอบสนองเชิงความถี่ ค่าของแบนวิธต์ของวงจรมีค่าเท่ากับข้อใด

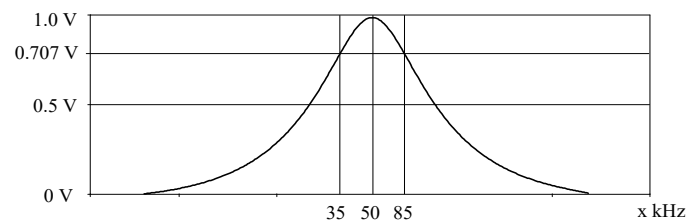


- ก. 15 kHz  
 ข. 45 kHz  
 ค. 55 kHz  
 ง. 70 kHz

9. ตัวเลือกในข้อใดมีค่าแบนวิทต์เท่ากับ 30 kHz



10. จากกราฟผลตอบแทนเชิงความถี่ มีค่า  $f_L$  และ  $f_H$  เท่ากับข้อใด



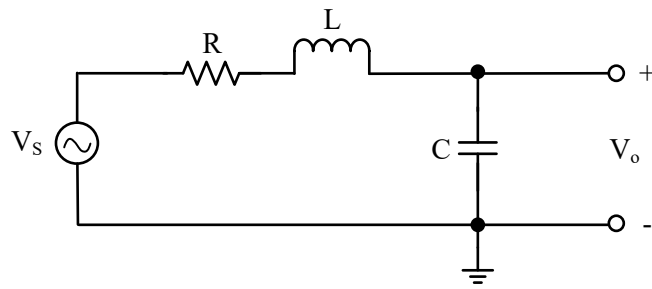
ก.  $f_L = 1$  kHz และ  $f_H = 85$  kHz

ข.  $f_L = 35$  kHz และ  $f_H = 50$  kHz

ค.  $f_L = 35$  kHz และ  $f_H = 85$  kHz

ง.  $f_L = 50$  kHz และ  $f_H = 85$  kHz

11. จากรูปวงจรกรองความถี่ สมมติให้ค่า  $R = 10\text{k}\Omega$ ,  $L = 6.33\text{mH}$ ,  $C = 10\text{nF}$  จงหาค่า  $f_c$



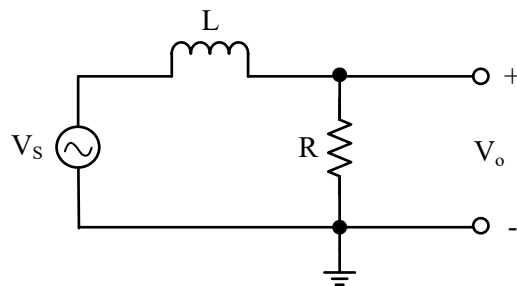
ก. 20 kHz

ข. 60 kHz

ค. 150 kHz

**ง. 200 kHz**

12. จากรูปวงจรกรองความถี่ สมมติให้ค่า  $R = 500\Omega$ ,  $L = 2.65\text{mH}$  จงหาค่า  $f_c$



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R}{s}}{s + \frac{R}{L}}$$

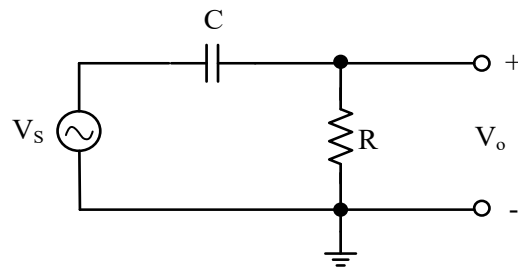
ก. 120 Hz

ข. 3 kHz

**ค. 30 kHz**

ง. 138 kHz

13. จากรูปวงจรกรองความถี่ จงหาสมการ  $f_c$



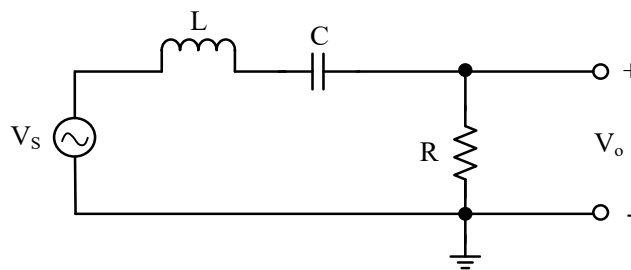
ก.  $f_c = \frac{1}{2\pi CR}$

ข.  $f_c = \frac{R}{2\pi C}$

ค.  $f_c = \frac{C}{2\pi R}$

ง.  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{CR}}$

14. จากรูปวงจรกรองความถี่ จงหาสมการ  $f_o$



ก.  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$

ข.  $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{RCL}}$

ค.  $f_o = \frac{1}{2\pi CL}$

ง.  $f_o = \frac{1}{2\pi RCL}$

15. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R}{L}}{s + \frac{R}{L}}$  จงหาสมการ  $f_c$

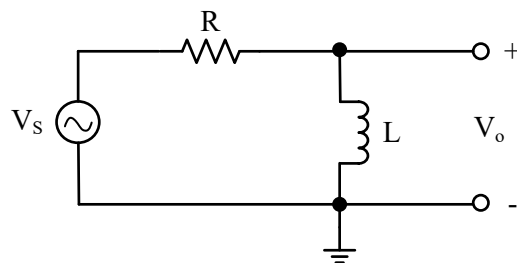
ก.  $f_c = \frac{R}{2\pi L}$

ข.  $f_c = \frac{\sqrt{R}}{2\pi\sqrt{L}}$

ค.  $f_c = \frac{L}{2\pi R}$

ง.  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{RL}}$

16. จงหาค่า R เมื่อกำหนดให้  $f_c = 100\text{kHz}$ ,  $L = 2\text{mH}$  ของวงจร



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{s}{s + \frac{R}{L}}$$

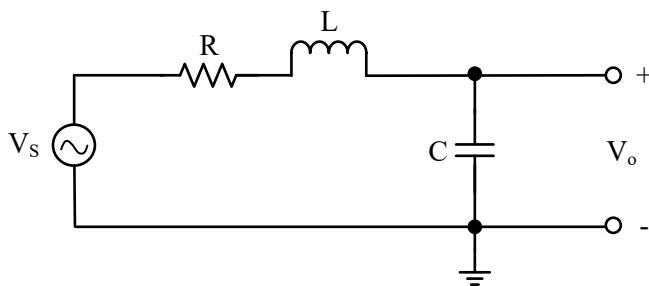
ก.  $0.2\text{k}\Omega$

ข.  $0.5\text{k}\Omega$

ค.  $1.25\text{k}\Omega$

ง.  $5\text{k}\Omega$

17. จงหาค่า L เมื่อกำหนดให้  $f_c = 40\text{kHz}$ ,  $R = 10\text{k}\Omega$ ,  $C = 1\text{nF}$  ของวงจร



ก. 15.83mH

ข. 20.36mH

ค. 25mH

ง. 39.78mH

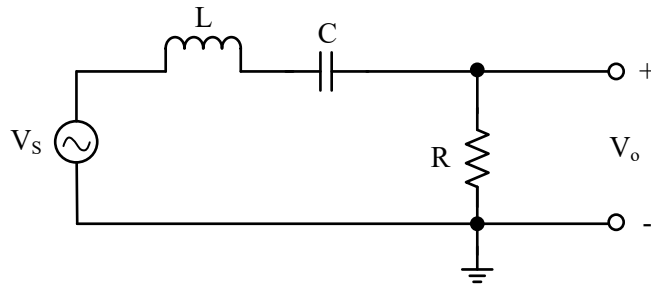
18. จากรูปสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{CR}}{s + \frac{1}{CR}}$  จงหาสมการผลตอบแทนทางขนาด

ก.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{R}}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2}}$

ข.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{CR}\right)^2}}$

ค.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2}}$

ง.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{CR}}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{CR}\right)^2}}$



19. จากวงจรข้อใดคือสมการทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

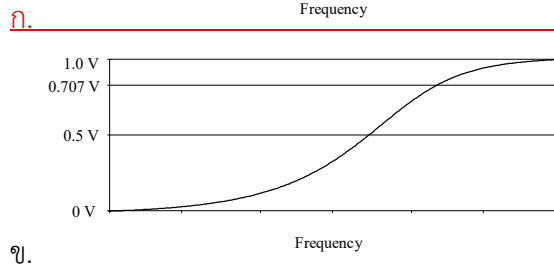
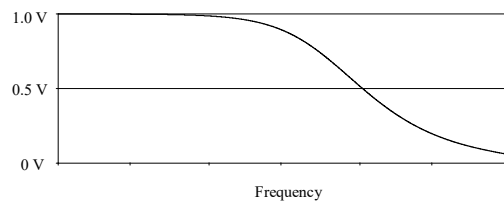
ก. 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{sR}{L} + \frac{1}{CL}}$$

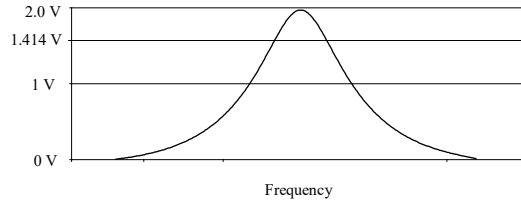
ข. 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{sR}{L} + \frac{1}{CL}}$$

ค. 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{sR}{L}}{s^2 + \frac{sR}{L} + \frac{1}{CL}}$$

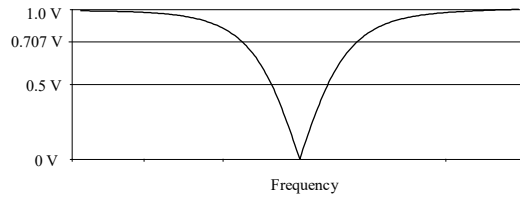
ง. 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2 + \frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{sR}{L} + \frac{1}{CL}}$$

20. จากรูปสมการ 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{sR}{L}}{s^2 + \frac{sR}{L} + \frac{1}{CL}}$$
 ข้อใดคือกราฟผลตอบสนองทางขนาด



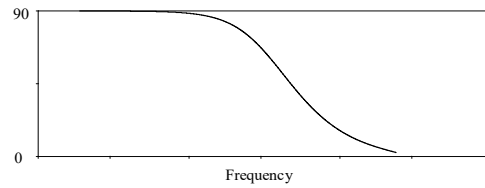


ค.

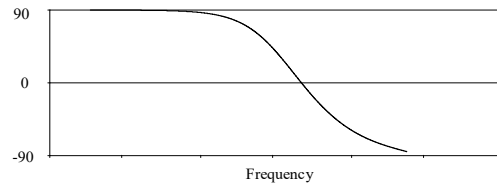


ง.

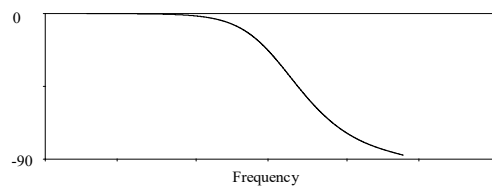
21. ข้อใดคือผลตอบสนองทางเฟสที่จุดคัทออฟ ของ  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{s}{RC}}{s^2 + \frac{s}{RC} + \frac{1}{CL}}$



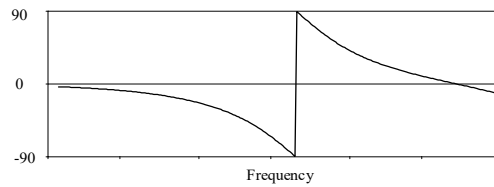
ก.



ข.



ค.



ง.

22. วงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ใด

ก. ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ

ข. ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ออปแอมป์

ค. ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ออปแอมป์

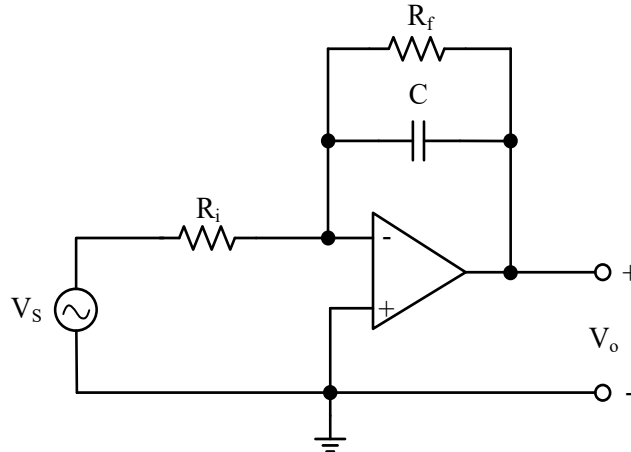
ง. ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ ออปแอมป์

23. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของวงจรรองความถี่แบบแอกทีฟ

- ก. มีความคล่องตัวในการออกแบบ
- ข. ออกแบบโดยปราศจากตัวเหนี่ยวนำ
- ค. ควบคุมขนาดของสัญญาณเอาต์พุตได้

ง. ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบวงจร

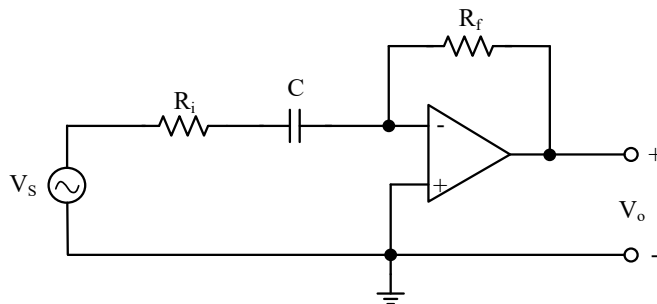
24. จงบอกชื่อวงจรรองความถี่แบบแอกทีฟ จากรูปวงจร



ก. วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง

- ข. วงจรรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง
- ค. วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง
- ง. วงจรรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง

25. จงบอกชื่อวงจรรองความถี่แบบแอกทีฟ จากรูปวงจร



ก. วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน

ข. วงจรรองความถี่สูงผ่าน

ค. วงจรรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

ง. วงจรรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

26. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{R_f}{R_i}}{sCR_f + 1}$  เป็นผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรใด

ก. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

ข. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

ค. วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน

ง. วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก

27. ข้อใดคือสมการวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

ก.  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{R_f}{R_i}}{s + \frac{1}{CR_i}}$

ข.  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{sR_f}{R_i}}{s + \frac{1}{CR_i}}$

ค.  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{s + \frac{R_f}{CR_i}}{s + \frac{1}{CR_i}}$

ง.  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{s + \frac{1}{CR_i}}$

28. ข้อใดคือสมการวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

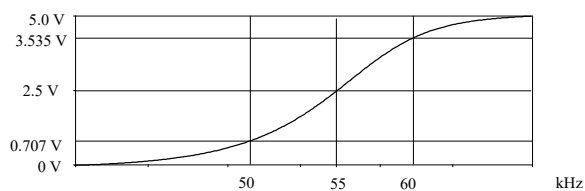
ก.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}{s^2 + s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$

ข.  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2 A}{s^2 + s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$

$$\text{ค. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{A \left( s^2 + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \right)}{s^2 + s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

$$\text{ง. } \frac{V_o}{V_i} = \frac{s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right)}{s^2 + s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

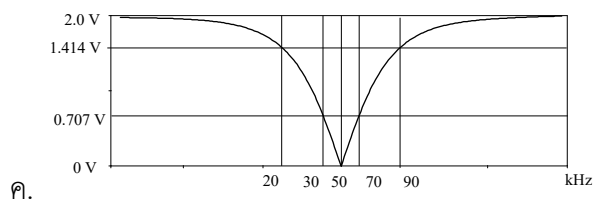
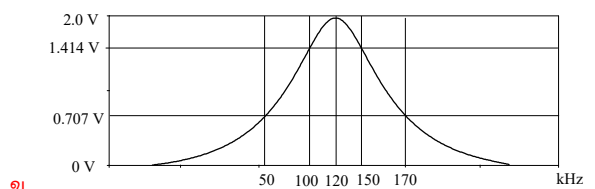
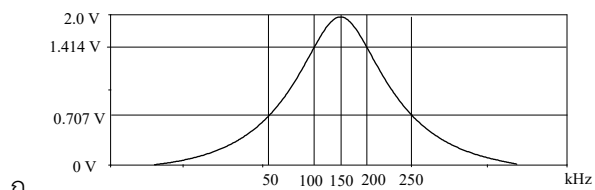
29. จงบอกค่าของ  $f_c$  จากรูปผลตอบสนองเชิงความถี่

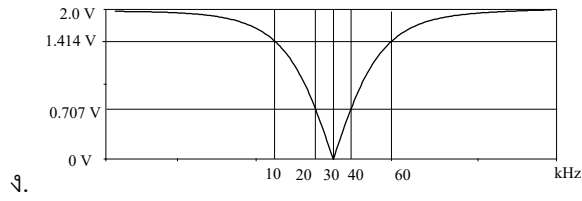


- ก. 1 kHz
- ข. 50 kHz
- ค. 55 kHz

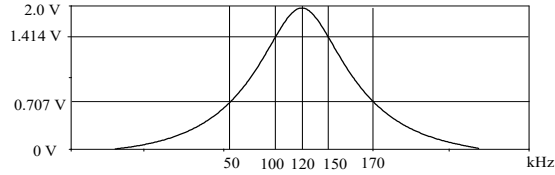
**ง. 60 kHz**

30. ตัวเลือกในข้อใดมีค่าแบนวิธต์เท่ากับ 50 kHz





31. จากกราฟผลตอบแทนเชิงความถี่ มีค่า  $f_L$  และ  $f_H$  เท่ากับข้อใด



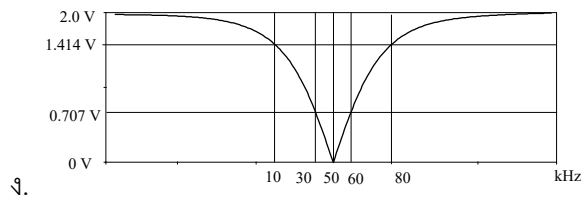
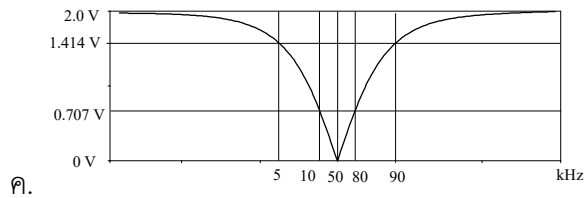
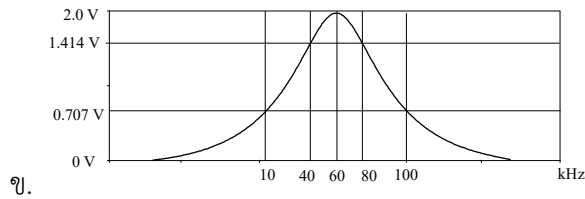
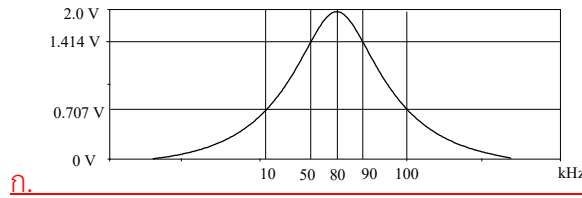
ก.  $f_L = 50$  kHz และ  $f_H = 120$  kHz

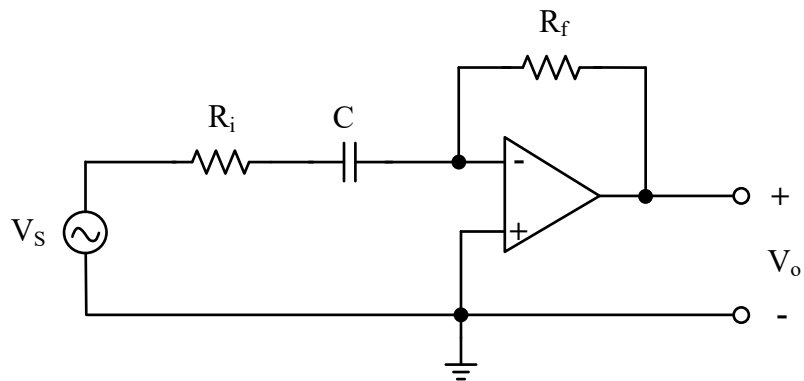
ข.  $f_L = 100$  kHz และ  $f_H = 120$  kHz

ค.  $f_L = 100$  kHz และ  $f_H = 150$  kHz

ง.  $f_L = 120$  kHz และ  $f_H = 150$  kHz

32. ตัวเลือกในข้อใดมีค่า  $f_o = 80$  kHz





33. จากวงจรข้อใดคือสมการทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

$$\text{ก. } \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\frac{R_f}{R_i}}{s + \frac{1}{CR_i}}$$

$$\text{ข. } \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\frac{sR_f}{R_i}}{s + \frac{1}{CR_i}}$$

$$\text{ค. } \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\frac{sR_i}{R_f}}{s + \frac{1}{CR_f}}$$

$$\text{ง. } \frac{V_o}{V_i} = - \frac{\frac{R_i}{R_f}}{s + \frac{1}{CR_f}}$$

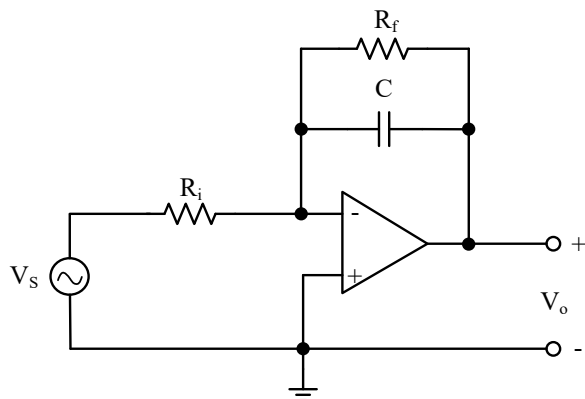
34. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{sR_i}{s + \frac{1}{CR_f}}$  จงหาสมการผลตอบแทนทางขนาด

$$\text{ก. } \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{R_f}{R_i}}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{CR_i}\right)^2}}$$

$$\text{ข. } \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_i}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{CR_i}\right)^2}}$$

$$\text{ค. } \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{R_f}{R_i}}{\sqrt{\omega + \frac{1}{CR_f}}}$$

$$\text{ง. } \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\frac{R_f}{R_i}}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{CR_f}\right)^2}}$$



35. เมื่อกำหนดให้  $R_i = 2\text{k}\Omega$ ,  $R_f = 4\text{k}\Omega$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$

ก. 0.5 เท่า

ข. 1 เท่า

**ค. 2 เท่า**

ง. 4 เท่า

36. จากสมการ 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{s^2 + s \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$
 จงหาสมการ  $f_c$

**ก.**  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$

ข.  $f_c = \frac{1}{2\pi C_1 C_2 R_1 R_2}$

ค.  $f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$

ง.  $f_c = \frac{C_1 C_2 R_1 R_2}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$

37. จากสมการ 
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{s^2 + s \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$
 จงหาสมการผลตอบแทนขนาด

ก.  $\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\omega^2}{\sqrt{\left( \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} - \omega^2 \right)^2 + \left( \omega \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) \right)^2}}$

$$\text{ข. } \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}{\sqrt{\left( \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} - \omega^2 \right)^2 + \left( \omega \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) \right)^2}}$$

$$\text{ค. } \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\omega \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right)}{\sqrt{\left( \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} - \omega^2 \right)^2 + \left( \omega \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) \right)^2}}$$

$$\text{ง. } \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} - \omega^2}{\sqrt{\left( \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} - \omega^2 \right)^2 + \left( \omega \frac{1}{R_2} \left( \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right) \right)^2}}$$

38. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{s^2 A}{s^2 + s \left( \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_2} - \frac{A}{C_1 R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$  จงหาสมการ  $\omega_o$

$$\text{ก. } \omega_o = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_3 R_4}}$$

$$\text{ข. } \omega_o = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

$$\text{ค. } \omega_o = \frac{1}{C_1 C_2 R_3 R_4}$$

$$\text{ง. } \omega_o = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}$$

39. จากสมการ  $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{sR_f R_i}{s + \frac{1}{CR_i}}$  จงหาสมการ  $\omega_c$

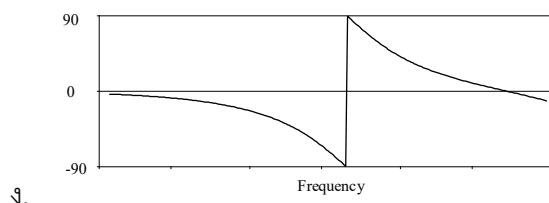
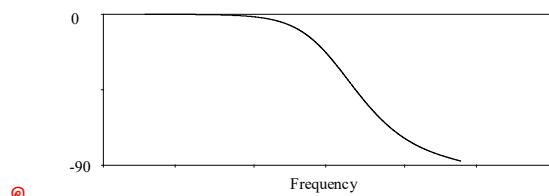
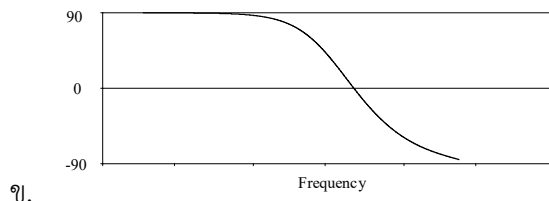
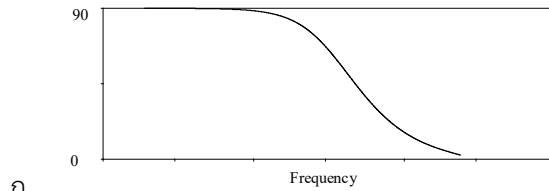
ก.  $\omega_c = \frac{1}{\sqrt{CR_i}}$

ข.  $\omega_c = \sqrt{\frac{1}{CR_f}}$

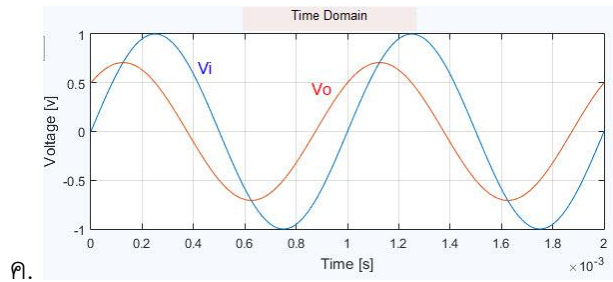
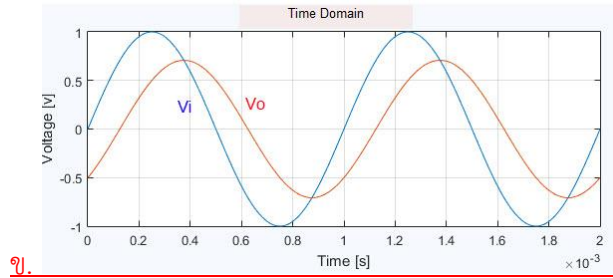
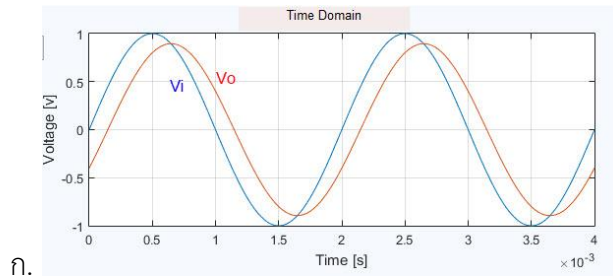
ค.  $\omega_c = \frac{1}{CR_i}$

ง.  $\omega_c = \frac{R_f}{CR_i}$

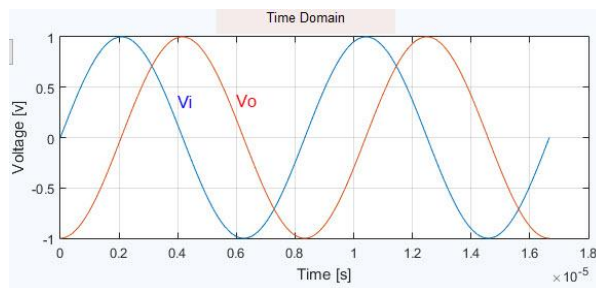
40. ข้อใดคือผลตอบสนองทางเฟสที่จุดคัทออฟ ของวงจร  $\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{s + \frac{1}{CR_f}}$



41. จากรูปสัญญาณ  $V_i$  เทียบกับสัญญาณ  $V_o$  จงหาว่าข้อใดมีค่าเฟสต่างกัน -45 องศา ที่จุดคัทออฟ



42. จากรูปสัญญาณ  $V_o$  เทียบกับสัญญาณ  $V_i$  มีค่าเฟสเท่ากับข้อใด



ก. -180

ข. -90

ค. 90

ง. 180

ภาคผนวก ข

## คู่มือประกอบการใช้งาน

โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

Simulation Program for Filters using MATLAB GUI

## คู่มือประกอบการใช้งาน

### โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป

#### 1. บทนำ

แมทแลปจ็อยโอเป็นส่วนที่ต่อประสานกราฟฟิกกับผู้ใช้ คือ การใช้ภาพกราฟฟิกเป็นตัวประสานงานติดต่อกับผู้ใช้งาน เป็นวิธีการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางภาพ เช่น ใช้เมาท์กดเลือกสัญลักษณ์รูป ใช้คีย์บอร์ดป้อนข้อมูล แล้วทำการประมวลผลผ่านการเลือกคำสั่งตามรายการเลือกที่เรียกว่า ระบบเมนู โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเข้าใจการทำงานของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมเลย เช่น โปรแกรมภาษาซี เป็นต้น ฟังก์ชันจ็อยโอเป็นส่วนประกอบของโปรแกรม MATLAB ที่ช่วยครู อาจารย์ นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจ สามารถใช้ออกแบบโครงสร้างทางกราฟฟิกและสร้างเป็นนวัตกรรมที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้สำหรับโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีขั้นตอนการคำนวณที่ยุ่งยาก และเสี่ยงต่อความผิดพลาด หรือการคำนวณในลักษณะของการกระทำซ้ำ ๆ หลายๆ รอบ ซึ่งต้องใช้เวลาหากต้องคำนวณด้วยมือ ดังนั้น แมทแลปฟังก์ชันจ็อยโอ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาและแก้ปัญหางานเหล่านี้ อีกทั้งช่วยสนับสนุนในด้านการเรียนการสอน งานวิจัย และงานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณต่าง ๆ ให้สามารถพัฒนาผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (สมศักดิ์ อรรถคิมากุล และพินิจ เนื่องภิรมย์. 2557:2-1) และเมื่อทำการออกแบบโครงสร้างทางกราฟฟิกและสร้างเป็นนวัตกรรมที่สะดวกต่อการใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้ในรูปแบบของโปรแกรมที่นำไปติดตั้งในไฟล์ .exe ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องทำการติดตั้งโปรแกรมแมทแลป

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยโอของแมทแลปขึ้นมาเป็นโปรแกรมจำลองที่สามารถเลือกรูปแบบของวงจรได้ ผู้ใช้งานสามารถป้อนค่าพารามิเตอร์ของวงจรเองได้ โดยสามารถกำหนดค่าความจุของตัวเก็บประจุ ค่าตัวต้านทาน ค่าความเหนี่ยวนำ เพื่อให้ให้นักศึกษาได้มองเห็นภาพถึงการวิเคราะห์ห้วงจรได้และสามารถตรวจสอบคำตอบได้โดยง่ายด้วยตนเอง โดยที่โปรแกรมจะแสดงค่าสัญญาณอิมพัลส์เทียบเอาต์พุต ค่าเฟส ค่าอัตราขยายของวงจร

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีการพิจารณาวจรที่แบ่งย่อยได้ คือ 1. การวิเคราะห์ห้วงจรกรองความถี่แพสซีฟ ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน RC อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน RL อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่าน RC อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่าน RL อันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านขนาน RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกอนุกรม RLC อันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกขนาน RLC อันดับสอง และ 2. การวิเคราะห์ห้วงจรกรองความถี่แอคทีฟ ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง, วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

อันดับสอง, วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง, วงจรกรองแถบความถี่ที่ต้องการผ่านอันดับสองและ วงจรกรองแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกอันดับสอง

## 2. การติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows ในครั้งแรกต้องทำการติดตั้งไฟล์ CMRInstaller.exe ก่อนเป็น เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้ว สามารถใช้งานโปรแกรมจำลองการทำงานโดยเลือกที่ไฟล์ Filter.exe สามารถใช้งานได้ทันที

## 3. การใช้งาน

โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ในส่วนของหน้าแรก ผู้ใช้งานสามารถเลือกการใช้งานตามประเภทของวงจรกรองความถี่ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ Passive Filter (วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ) และ Active Filter (วงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ) ซึ่งแบ่งเป็นวงจรย่อยดังนี้

### 1. วงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟ (Passive Filter)

#### 1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง

1.1.1 วงจร RC (Low Pass Filter RC First Order)

1.1.2 วงจร RL (Low Pass Filter RL First Order)

#### 1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง

1.2.1 วงจร RLC อนุกรม (Low Pass Filter RLC Series Second Order)

1.2.2 วงจร RLC ขนาน (Low Pass Filter RLC Parallel Second Order)

#### 1.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง

1.3.1 วงจร RC (High Pass Filter RC First Order)

1.3.2 วงจร RL (High Pass Filter RL First Order)

#### 1.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง

1.4.1 วงจร RLC อนุกรม (High Pass Filter RLC Series Second Order)

1.4.2 วงจร RLC ขนาน (High Pass Filter RLC Parallel Second Order)

#### 1.5 วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง

1.5.1 วงจร RLC อนุกรม (Band Pass Filter RLC Series Second Order)

1.5.2 วงจร RLC ขนาน (Band Pass Filter RLC Parallel Second Order)

#### 1.6 วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก อันดับสอง

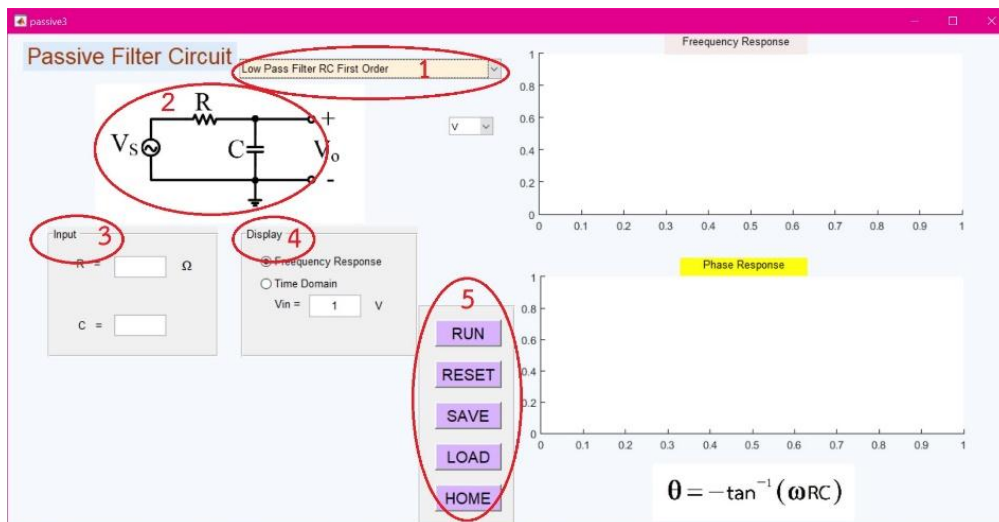
1.6.1 วงจร RLC อนุกรม (Band Reject Filter RLC Series Second Order)

- 1.6.2 วงจร RLC ขนาน (Band Reject Filter RLC Parallel Second Order)
2. วงจรกรองความถี่แอกทีฟ
- 2.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง (Low Pass Filter Op amp First Order)
- 2.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง (High Pass Filter Op amp First Order)
- 2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง (Low Pass Filter Op amp Second Order)
- 2.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง (High Pass Filter Op amp Second Order)
- 2.5 วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง (Band Pass Filter Op amp Second Order)



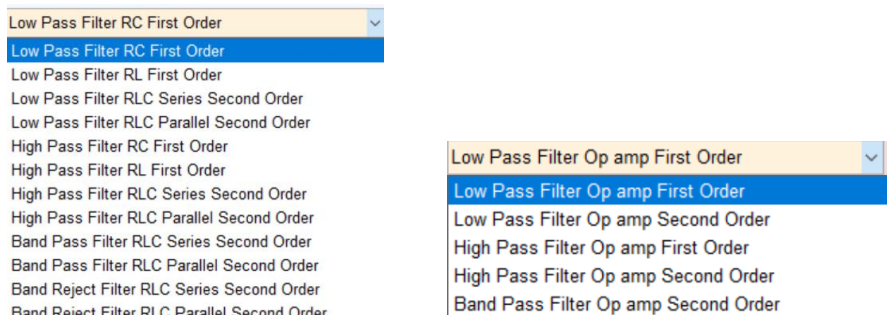
ภาพที่ 1 หน้าต่างหลักของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

3.1 การใช้งานส่วนของวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟและแบบแอกทีฟ



ภาพที่ 2 หน้าต่างวงจรกรองความถี่

หมายเลข 1 เป็นปุ่ม pop up เมนู ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานวงจรกรองความถี่ที่ต้องการใช้งานได้ โดยมีการแสดงค่าดังนี้



(ก) วงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ                      (ข) วงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ

ภาพที่ 3 การแสดงผลของ pop up เมนู สำหรับเลือกวงจร

หมายเลข 2 หน้าจอแสดงรูปของวงจรกรองความถี่ ที่ผู้ใช้งานกดเลือก

หมายเลข 3 Input ใช้สำหรับป้อนค่าตัวเลขข้อมูล ที่ต้องการให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถพิมพ์ค่าตัวเลขลงในช่องได้ และในการป้อนข้อมูล หากต้องการป้อนข้อมูลในหน่วยของเลขตัวคูณยกกำลัง ให้ใช้ e แล้วตามด้วยเลขยกกำลัง

เช่น ต้องการป้อนค่า 10 kΩ ให้ป้อนข้อมูลเป็น 10e3 หรือต้องการป้อนค่า 3 μF ให้ป้อนข้อมูล 3e-6 เป็นต้น

หมายเลข 4 เลือกรูปการแสดงผลของ Display โดยสามารถกำหนดให้มีการแสดงผลได้ 2 รูปแบบคือ ผลตอบสนองทางความถี่ (Frequency Response) และสัญญาณอินพุตเทียบสัญญาณเอาต์พุต (Time Domain) โดยสามารถเลือกป้อนค่าความถี่ที่ต้องการแสดงค่าได้



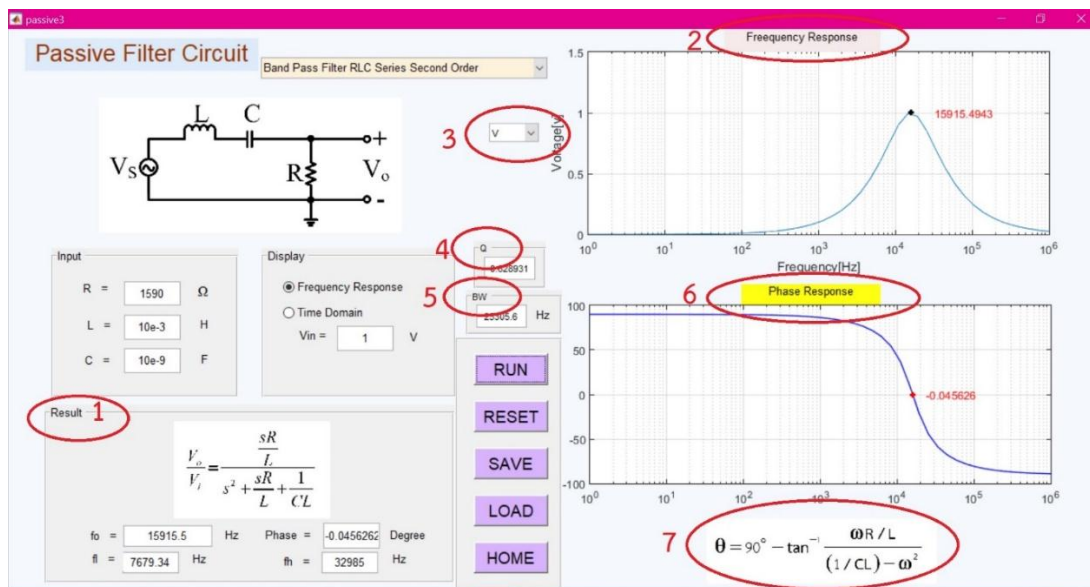
(ก) เลือกแสดงผลตอบสนองทางความถี่ (ข) สัญญาณอินพุตเทียบสัญญาณเอาต์พุต

ภาพที่ 4 การเลือกรูปการแสดงผล

หมายเลข 5 ปุ่มกดเพื่อการประมวลผลดังนี้

1. RUN หมายถึง สั่งให้ทำการประมวลผล หลังจากป้อนข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว
2. RESET หมายถึง การล้างข้อมูลที่ช่อง Input และกราฟแสดงผลข้อมูล
3. SAVE หมายถึง การบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนอยู่ในช่อง Input ในไฟล์ .mat
4. LOAD หมายถึง การดึงค่าพารามิเตอร์ที่ทำการบันทึกไว้ในไฟล์ .mat มาใช้งาน โดยข้อมูลได้มาจากการบันทึกที่ปุ่ม SAVE
5. HOME หมายถึง กลับไปหน้าต่างหลักของโปรแกรมจำลองการทำงานเรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

3.2 ส่วนของการแสดงผล เมื่อกดปุ่ม RUN เลือก Frequency Response ใน Display



ภาพที่ 5 ส่วนของการแสดงผล เมื่อกดปุ่ม RUN เลือก Frequency Response ใน Display

หลังจากที่ผู้ใช้งานป้อนค่าพารามิเตอร์แล้ว ทำการกดปุ่ม RUN จะแสดงค่าต่างๆ ออกมาดังภาพที่

หมายเลข 1 เป็นการแสดงค่าผล (Result) โดยแสดงสมการผลตอบแทนทางความถี่ของวงจร แสดงค่าความถี่คัทออฟ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน) หรือค่าความถี่ธรรมชาติ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่านและวงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก) แสดงค่าเฟสที่ความถี่ที่จุดคัทออฟหรือค่าความถี่ธรรมชาติ (Phase) และแสดงค่าความถี่ต่ำ ( $f_l$ ) ค่าความถี่สูง ( $f_h$ )

หมายเลข 2 เป็นการแสดงผลตอบสนองทางความถี่ โดยมีการกำหนดจุดค่าความถี่คัทออฟ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน) หรือค่าความถี่ธรรมชาติ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่านและวงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก)

หมายเลข 3 เป็นการเลือกการแสดงผลของกราฟผลตอบแทนทางความถี่ สามารถเลือกเป็นในหน่วยของแรงดันและหน่วยเดซิเบล

หมายเลข 4 แสดงค่า Q ที่ได้จากการคำนวณ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่านและวงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก)

หมายเลข 5 แสดงค่าแบนด์วิธที่ต่ำกว่าการคำนวณ (เฉพาะวงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่านและวงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก)

หมายเลข 6 เป็นการแสดงกราฟผลตอบแทนทางเฟสที่ความถี่คัทออฟหรือความถี่ธรรมชาติ

หมายเลข 7 แสดงสมการผลตอบแทนทางเฟส โดยมีการกำหนดจุดของค่าเฟสที่จุดคัทออฟหรือความถี่ธรรมชาติ

### 3.3 ส่วนของการแสดงผล เมื่อกดปุ่ม RUN เลือก Time Domain ใน Display



ภาพที่ 6 ส่วนของการแสดงผล เมื่อกดปุ่ม RUN เลือก Time Domain ใน Display

ในส่วนของการแสดงผลในรูปแบบของ Time Domain นั้น จะมีส่วนที่แสดงผลแตกต่างจากรูปแบบ Frequency Response ดังนี้

หมายเลข 1 เลือกปุ่ม Time Domain ใส่ค่าแรงดันอินพุตและค่าความถี่ที่ผู้ใช้งานต้องการ

หมายเลข 2 เป็นการแสดงกราฟสัญญาณอินพุตเทียบสัญญาณเอาต์พุต โดยเส้นสีน้ำเงินคือสัญญาณอินพุตและเส้นสีแดงคือสัญญาณเอาต์พุต

หมายเลข 3 เป็นการแสดงกราฟผลตอบสนองทางเฟสที่ความถี่ที่ผู้ใช้งานต้องการ

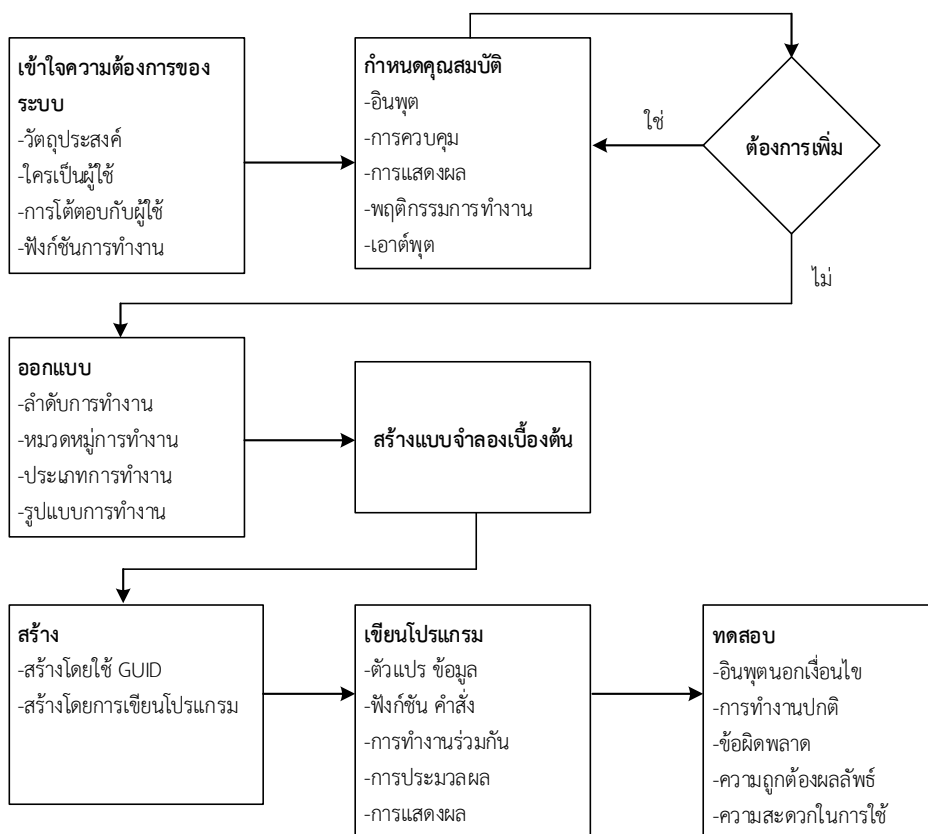
หมายเลข 4 แสดงค่าเฟสที่ความถี่ที่ผู้ใช้งานต้องการ

ภาคผนวก ซ  
วิธีการออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงาน  
เรื่อง วงจรรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

### วิธีการออกแบบ โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จีโอของแมทแลป

การสร้างโปรแกรม GUI ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและกำหนดขอบเขตข้อมูลในการสร้างโปรแกรม นำข้อมูลที่ได้ปรับเป็นขอบเขตการทำงานของโปรแกรม ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเกี่ยวกับ

- (1) ผู้ใช้งานโปรแกรมคือใคร
- (2) ต้องการสร้างโปรแกรมอะไร
- (3) ผู้ใช้งานต้องมีปฏิสัมพันธ์กับอะไรบ้าง
- (4) ฟังก์ชันแมทแลปสามารถรองรับการสร้างจีโอหรือไม่



ภาพที่ 1 ผังการทำงานการออกแบบและสร้างโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างโปรแกรมที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์และตอบสนองความต้องการของการทำงานโปรแกรมและมีการออกแบบการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา โดยการออกแบบได้คำนึงถึง อินพุต เอาต์พุต การแสดงผล และส่วนการประมวลผลของโปรแกรม ที่จะมีความถูกต้องในการแสดงผล และหลังจากที่ออกแบบเสร็จทำการทดสอบเพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเสถียรภาพของการทำงานนั้น ๆ เพื่อความสมบูรณ์และการทำงานที่ถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้

### 1. เข้าใจความต้องการของระบบ

ในการออกแบบโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรที่เราต้องการวิเคราะห์ โดยผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยการป้อนข้อมูลแล้วให้ตัวโปรแกรมทำการวิเคราะห์ข้อมูลออกมา โดยผู้ใช้งานไม่ต้องมีทักษะในการเขียนโปรแกรมแต่อย่างใด เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมในเรื่องของวงจรกรองความถี่

### 2. การกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

กำหนดค่าอินพุตของโปรแกรมจำลองการทำงานที่ต้องการพัฒนา โดยสามารถป้อนข้อมูลโดยการพิมพ์ตัวเลขและใช้เมาท์คลิกเลือกการแสดงผลที่ต้องการ โดยมีการกำหนดค่าอินพุตพารามิเตอร์ ดังนี้

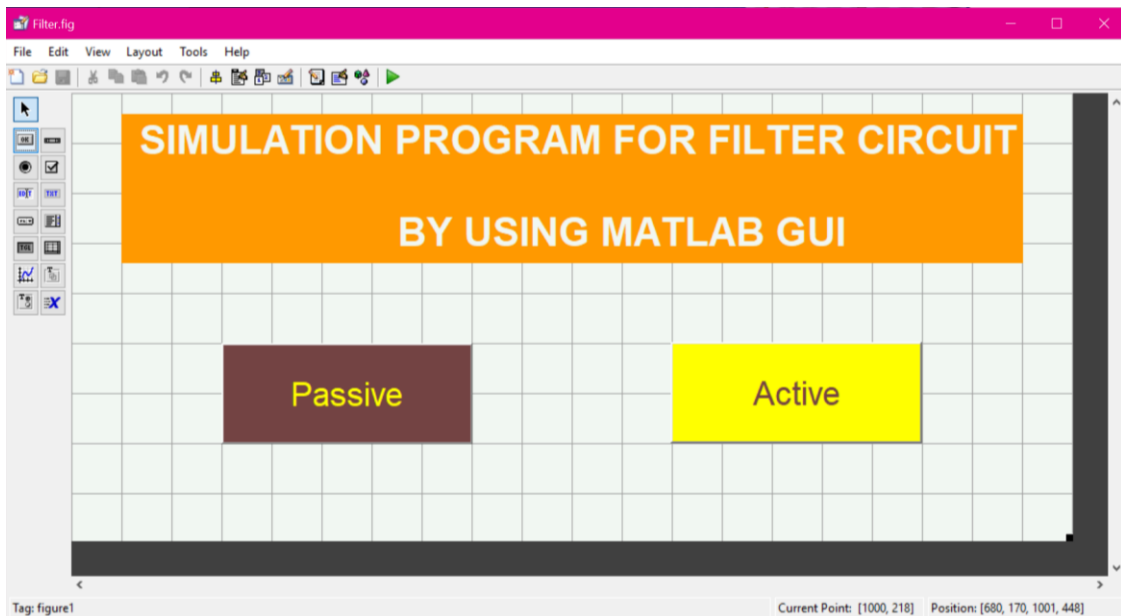
- 2.1 ค่าตัวต้านทาน
- 2.2 ค่าตัวเก็บประจุ
- 2.3 ค่าตัวเหนี่ยวนำ (เฉพาะวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ)
- 2.4 ค่าแรงดันอินพุต
- 2.5 ค่าความถี่

### 3. การออกแบบรูปแบบและหมวดหมู่ของการทำงานของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

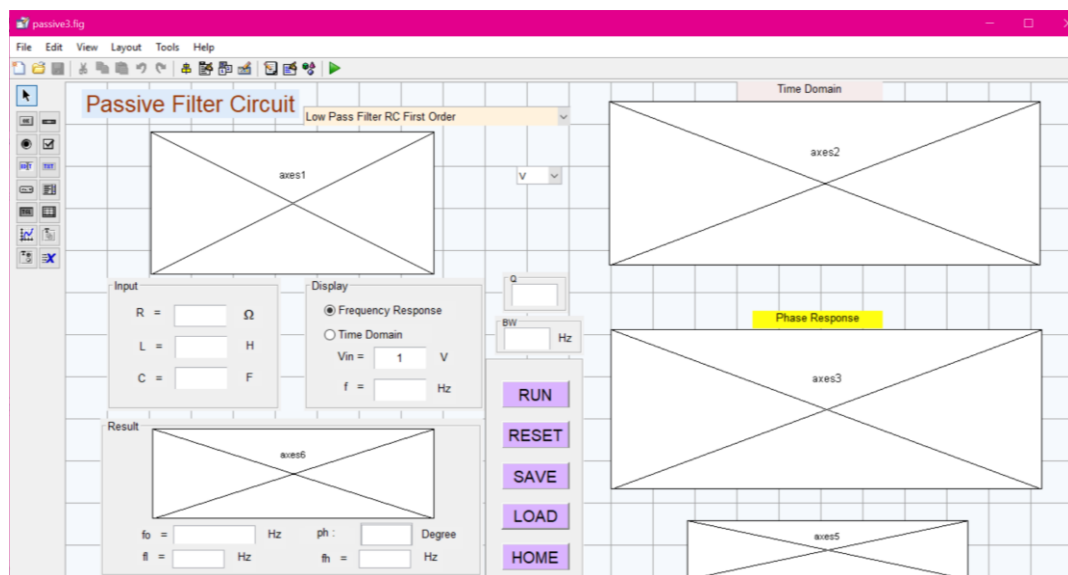
การจัดหมวดหมู่ได้ทำการสร้างหน้าจอหลักมาเป็นหน้าแรกเพื่อคลิกเข้าไปยังโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟและโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วงจรกรองความถี่แพสซีฟ (Passive Filter)
  - 1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับหนึ่ง
    - 1.1.1 วงจร RC (Low Pass Filter RC First Order)
    - 1.1.2 วงจร RL (Low Pass Filter RL First Order)
  - 1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับสอง
    - 1.2.1 วงจร RLC อนุกรม (Low Pass Filter RLC Series Second Order)
    - 1.2.2 วงจร RLC ขนาน (Low Pass Filter RLC Parallel Second Order)
  - 1.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับหนึ่ง
    - 1.3.1 วงจร RC (High Pass Filter RC First Order)
    - 1.3.2 วงจร RL (High Pass Filter RL First Order)
  - 1.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน อันดับสอง
    - 1.4.1 วงจร RLC อนุกรม (High Pass Filter RLC Series Second Order)

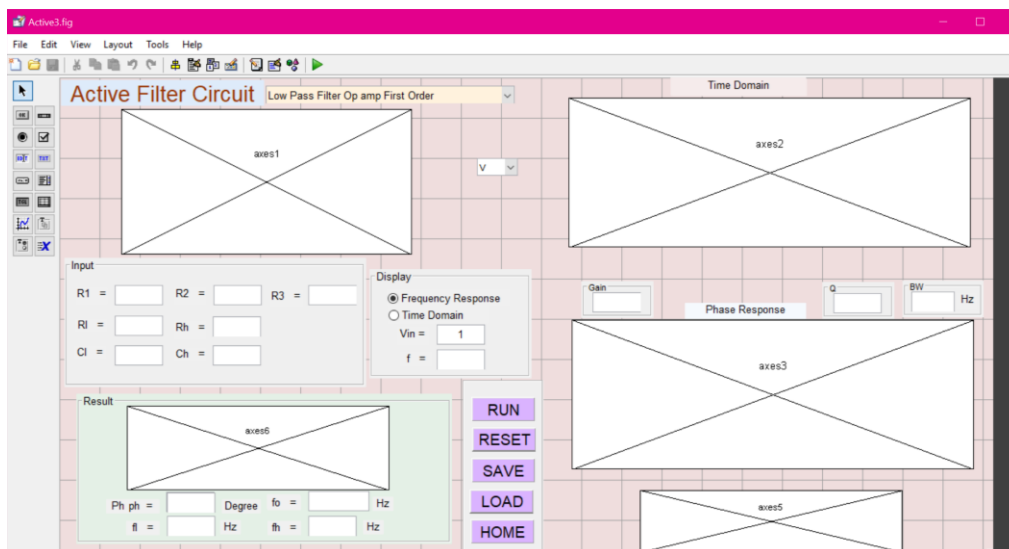
- 1.4.2 วงจร RLC ขนาน (High Pass Filter RLC Parallel Second Order)
- 1.5 วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่าน อันดับสอง
  - 1.5.1 วงจร RLC อนุกรม (Band Pass Filter RLC Series Second Order)
  - 1.5.2 วงจร RLC ขนาน (Band Pass Filter RLC Parallel Second Order)
- 1.6 วงจรกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก อันดับสอง
  - 1.6.1 วงจร RLC อนุกรม (Band Reject Filter RLC Series Second Order)
  - 1.6.2 วงจร RLC ขนาน (Band Reject Filter RLC Parallel Second Order)
- 2. วงจรกรองความถี่แอกทีฟ
  - 2.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับหนึ่ง (Low Pass Filter Op amp First Order)
  - 2.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง (High Pass Filter Op amp First Order)
  - 2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับสอง (Low Pass Filter Op amp Second Order)
  - 2.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับสอง (High Pass Filter Op amp Second Order)
  - 2.5 วงจรกรองความถี่ที่ต้องการผ่านอันดับสอง (Band Pass Filter Op amp Second Order)
- 4. การสร้างและการเขียนโปรแกรมแบบจำลองของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป
  - การสร้างแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการสร้าง GUID และส่วนการเขียนโปรแกรม
    - 4.1 การสร้าง GUID
      - ทำโดยการออกแบบลงในกระดาษ เป็นแบบร่าง เขียนองค์ประกอบให้ครบถ้วน ทั้งการป้อนข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และการแสดงผลข้อมูล หลังจากออกแบบเรียบร้อยแล้วนั้น ทำการสร้างหน้าต่างของโปรแกรม โดยใช้คำสั่ง guide ในโปรแกรมแมทแลป และออกแบบสีของตัวโปรแกรม



ภาพที่ 2 การออกแบบหน้า GUID ของหน้าต่างหลัก



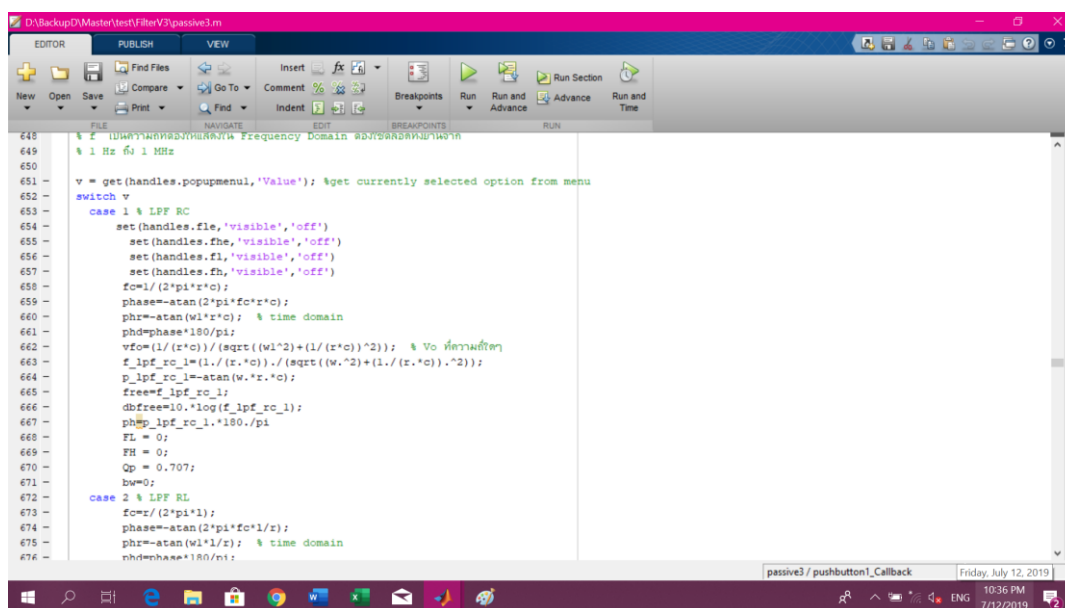
ภาพที่ 3 การออกแบบหน้า GUID ของหน้าต่างวงจรกรองความถี่แบบแพสซีฟ



ภาพที่ 4 การออกแบบหน้า GUID ของหน้าต่างวงจรความถี่แบบแอกทีฟ

#### 4.2 การเขียนโปรแกรม

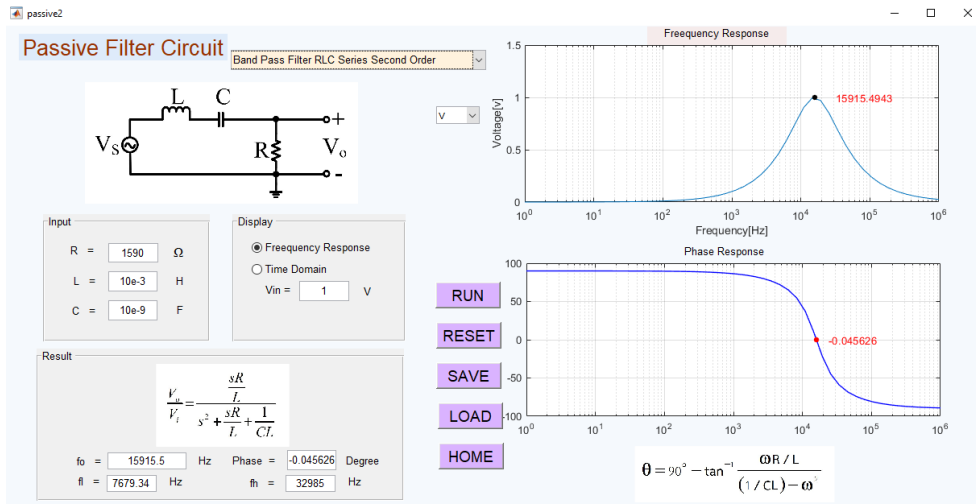
ทำโดยการออกแบบลำดับขั้นตอนการแสดงผลเมื่อเลือกเมนูคำสั่งต่างๆ จัดลำดับการแสดงผลที่ถูกต้อง ในส่วนของการวิเคราะห์ห้วงจรโดยกำหนดค่าที่ต้องรับค่า การแสดงผลตัวเลขที่ได้จากการคำนวณ และการแสดงผลรูปภาพวงจร รูปภาพสมการ รูปภาพต่างๆ ผู้เขียนได้ทำการวิเคราะห์ห้วงจรลงในกระดาษก่อนนำสมการมาเขียนเพื่อทำการวิเคราะห์ผลออกมาเป็นตัวเลขและกราฟแสดงข้อมูล



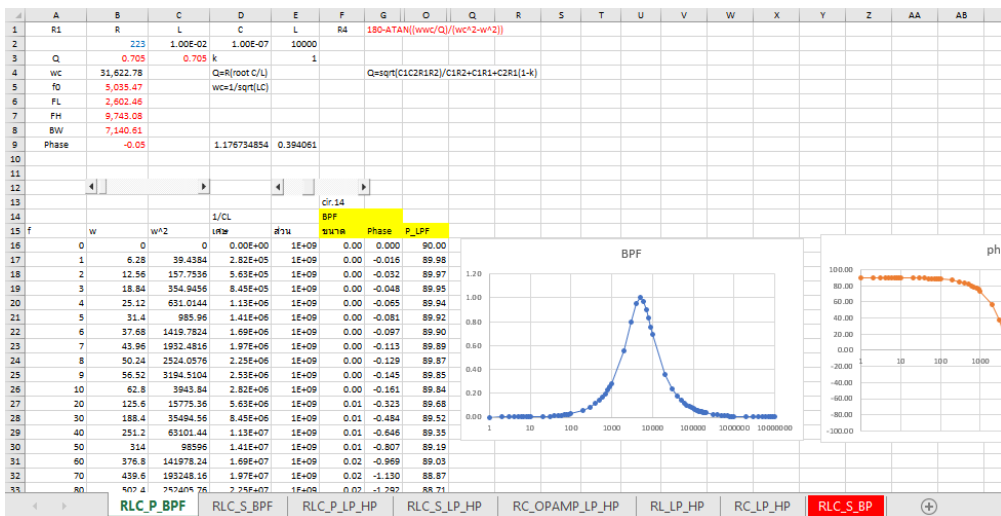
ภาพที่ 5 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

5. การทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป

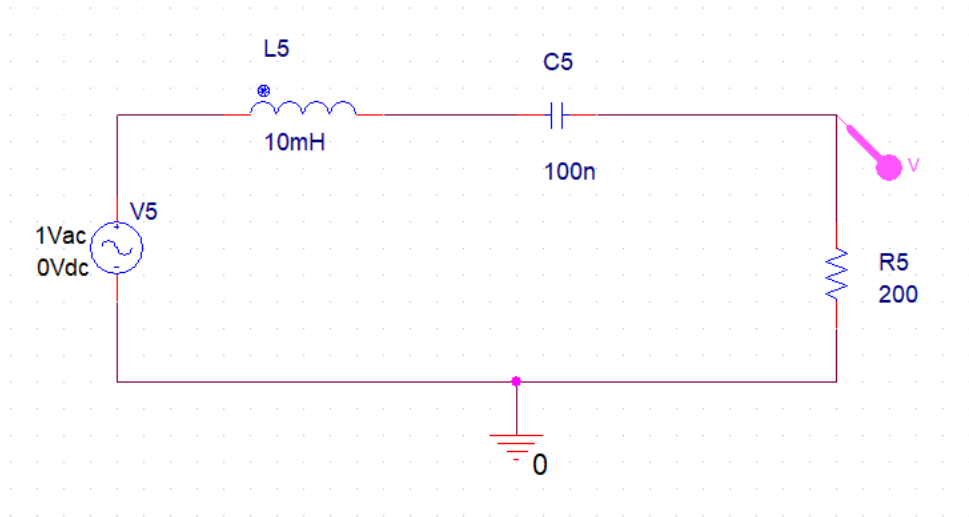
เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของกราฟ และค่าตัวเลขที่มีการแสดงผลออกมาโดยเทียบกับการใช้สมการเขียนสูตรในโปรแกรม excel และทำการเขียนกราฟออกมาเพื่อเปรียบเทียบ และมีการตรวจสอบเทียบกับโปรแกรมจำลองการทำงาน PSpice ซึ่งเป็นการตรวจสอบขอมูลโดยใช้การจำลองในการต่อวงจรในโปรแกรม เพื่อตรวจสอบการแสดงผลของกราฟต่างๆ เทียบกับโปรแกรมและกดูค่าที่จุดต่างๆ เทียบกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้



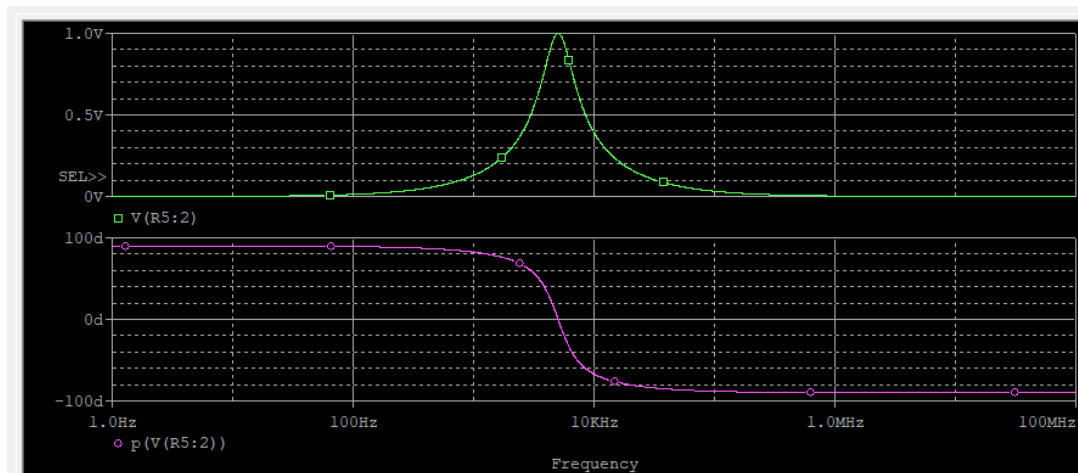
ภาพที่ 6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป



ภาพที่ 7 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จ็อยไอของแมทแลป ด้วยโปรแกรม excel



ภาพที่ 8 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ด้วยการต่อวงจรจำลองในโปรแกรม PSpice



ภาพที่ 9 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่ โดยใช้จ็อยโอของแมทแลป ด้วยการต่อวงจรจำลองในโปรแกรม PSpice

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสิริกุล บุญเรืองศักดิ์
วัน เดือน ปี เกิด	วันเสาร์ที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2537
ภูมิลำเนา	จังหวัดแพร่
การศึกษา	<p><b>ปีการศึกษา 2555</b> สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่</p> <p><b>ปีการศึกษา 2560</b> สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม (เกียรตินิยมอันดับสอง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง</p> <p><b>ปีการศึกษา 2561</b> สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง</p>
สถานที่ทำงาน	<p>โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร</p> <p>ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย เอกอุตสาหกรรมไฟฟ้า</p>
ที่อยู่ปัจจุบัน	<p>บ้านเลขที่ 100/245 ม.1 หมู่บ้านร็อกการ์เด็นสุวรรณภูมิ</p> <p>ต.ศิระชะระเข้ซ้าย อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ</p>
E-mail	sirigul37@gmail.com
โทรศัพท์	09-1816-7693