



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

รายงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

เรื่อง

การศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์
รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง

A STUDY OF ONLINE LEARNING DESIGN GUIDELINES FOR
ELECTRICAL MACHINERY LABORATORY COURSE WITH
SIMULATION PROGRAM

วิชชากร เฮงศรีธวัช

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2563

- หัวข้อวิจัย : การศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการ
เครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง
- ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิซชากร เฮงศรีธวัช
- หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2564
-

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า โดยมีลักษณะงานวิจัยเชิงสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง เพื่อศึกษาและนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอน สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสอนในการจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า ซึ่งได้รับการออกแบบให้สอดคล้องตามคุณลักษณะเนื้อหาการทดลองในเอกสารใบงานปฏิบัติการ เครื่องมือหลักในการวิจัยคือการใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ปีการศึกษา 2/63 จำนวน 39 คน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองมีส่วนช่วยกระตุ้นในการเรียนแบบออนไลน์ ($\bar{x} = 4.05$, S.D. = 0.97) และช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.85) นอกจากนี้ยังเห็นด้วยว่าการใช้โปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอนสามารถอธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน ($\bar{x} = 4.23$, S.D. = 0.54) รวมถึงสามารถนำไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี ($\bar{x} = 4.15$, S.D. = 0.63) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนของวิชาปฏิบัติอื่น พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์ดีกว่าวิชาปฏิบัติอื่นที่ไม่มีโปรแกรมจำลอง ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.58)

คำสำคัญ : การเรียนออนไลน์ วิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า โปรแกรมจำลอง

Research Title : A Study of Online Learning Design Guidelines For Electrical Machinery Laboratory Course With Simulation Program

Name of Researcher : Mr.Vichakorn Hengsrirawat

Name of Institution : Department of Electrical Engineering
School of Engineering Sripatum University

Year of Publication : 2021

ABSTRACT

This project is a study of online learning design guidelines for electrical machinery laboratory course. It is a survey research of students' opinions towards studying online electrical machinery operation with simulation program. To study and apply the results of the research to design instructional management as a guideline for developing an online teaching model of practical subjects during the COVID-19 epidemic situation. By using computer programs to help teach in simulating the operation of electrical machines which is designed in accordance with the experimental content features in the laboratory worksheet. The main research tool was to use a questionnaire with a sample of 39 students enrolled in the electrical machinery laboratory course, semester 2/63. The quantitative data were analyzed by descriptive statistical methods such as frequency, percentage and mean. The results showed that the majority of students found that the use of simulation programs helped motivate them to study online ($\bar{x} = 4.05$, S.D. = 0.97) and help to understand the operation of electrical machinery more ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.85). They also agreed that using simulation programs to help teach clearly explain the results of the experiment ($\bar{x} = 4.23$, S.D. = 0.54) as well as being able to analyze and draw conclusions according to theory ($\bar{x} = 4.15$, S.D. = 0.63). When compared to the teaching of other practical subjects It was found that most of the participants were of the opinion that using a simulator helps in learning online is better than other practical subjects that do not have a simulation program ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.58).

Keywords : Online Learning, Electrical Machinery Operations Course, Simulation Program

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร.รัชนีพร พุคยาภรณ์ พุกกะมาน อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้อนุมัติสนับสนุนทุนการวิจัยการเรียนการสอน และผู้บริหารมหาวิทยาลัยศรีปทุมทุกท่านที่ได้สนับสนุนงานวิจัยในทุกด้าน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญูชต์ อยู่ในศีล ผู้ทรงคุณวุฒิและที่ปรึกษาวิจัยใน ครั้งนี้ รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช เลิศไพฑูรย์พันธ์ ประธานคณะกรรมการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ผู้ศาสตราจารย์ ดร.สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์ เลขานุการคณะกรรมการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียน การสอน ที่เอาใจใส่ให้คำปรึกษา คำแนะนำช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ผู้วิจัย

ธันวาคม 2564

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	บทนำ 1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
	คำถามการวิจัย 2
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
	ขอบเขตการวิจัย 2
	นิยามศัพท์ 3
	ประโยชน์ที่จะได้รับ 3
2	เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
	การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า 4
	การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ 6
	โปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า 7
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
3	วิธีดำเนินการวิจัย 13
	รูปแบบการวิจัย 13
	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 13
	การเก็บรวบรวมข้อมูล 14
	การวิเคราะห์ข้อมูล 14
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 15
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 15
	ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียน วิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง 16
	ผลการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ 18
	ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะในการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ 19
	การออกแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการ เครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองและแนวทางการนำไปใช้ 19
	ตัวอย่างการใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการสอนแบบออนไลน์ 20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 29
	สรุปผลการวิจัย 29
	อภิปรายผล 32
	ข้อเสนอแนะ 33
	บรรณานุกรม 35
	ภาคผนวก 37
	ภาคผนวก ก แบบสอบถามสำหรับการวิจัย 28
	ภาคผนวก ข โปรแกรมจำลองการสอนออนไลน์สำหรับการวิจัย 40
	ภาคผนวก ค ผลการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 42
	ประวัติย่อผู้วิจัย 51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	หน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
2	จำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของนักศึกษา	16
3	คะแนนความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการ เครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง	17
4	หน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	21
5	ค่ากระแสมอเตอร์ขณะสตาร์ทและขณะทำงาน	24
6	ผลการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังตามขนาดความจุของคาปาซิเตอร์ต่างๆ	25
7	คุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อจ่ายภาระขนาดต่างๆ	25
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความต่างศักย์	45
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสในขดลวดฟิลด์	46
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์	47
11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน	48
12	คุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงขณะมีโหลด	49

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า	5
2 แบบจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7
3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8
4 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	21
5 แบบจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	21
6 การจำลองกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส	23
7 การต่อขดลวดแบบวายน์	23
8 การต่อขดลวดแบบเดลต้า	23
9 เปรียบเทียบกระแสมอเตอร์ขณะสตาร์ทระหว่างการต่อแบบวายน์และเดลต้า	24
10 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสด้วยชุดคาปาซิเตอร์	24
11 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและความเร็วรอบ	26
12 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและกำลังงาน	26
13 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและกระแส	27
14 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและตัวประกอบกำลัง	27
15 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและประสิทธิภาพ	27
16 โปรแกรมจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	41
17 โปรแกรมจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	41
18 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน	43
19 อุปกรณ์การทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน	44
20 วงจรการทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานโดยไม่ควบคุมกระแสฟิลต์	44
21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วนำ	45
22 วงจรการทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานโดยควบคุมกระแสฟิลต์	45
23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสฟิลต์กับความเร็วนำ	46
24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วนำกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า	47
25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วนำกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน R_a	48
26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับการใช้กำลังงานของมอเตอร์กระแสตรง	50
27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับประสิทธิภาพและการใช้กระแสของมอเตอร์กระแสตรง	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ตั้งแต่ปี 2019 หรือที่เรียกว่าไวรัสโควิด-19 (Covid-19) ซึ่งเป็นเชื้อที่มีความสามารถในการแพร่กระจายและติดต่อกันจากคนสู่คนได้อย่างรวดเร็วมาก โดยพบว่าขณะนี้การติดต่อกันได้กระจายเป็นวงกว้างในหลายประเทศทั่วโลก อีกทั้งเชื้อไวรัสโควิด-19 ยังมีการกลายพันธุ์ที่รุนแรงขึ้นทำให้มีผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตจำนวนมาก รวมถึงประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของไวรัสดังกล่าวด้วย ทำให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศให้โรคโควิด-19 เป็นโรคติดต่ออันตราย และจำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันเพื่อลดการแพร่ระบาดของผลให้กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เริ่มมีประกาศมาตรการและการเฝ้าระวังการระบาดของเชื้อไวรัสเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2563 เรื่องการปฏิบัติการของสถาบันอุดมศึกษาเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ซึ่งมีใจความสำคัญตอนหนึ่งกล่าวว่า ให้หยุดดำเนินงานด้านการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัยทั้งรัฐบาลและเอกชนทุกรูปแบบ ยกเว้นการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online) เพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนจากแบบปกติเป็นแบบออนไลน์โดยสมบูรณ์ทุกหลักสูตร ยกเว้นหลักสูตรที่มีการทำปฏิบัติการโดยให้อยู่ในดุลยพินิจของแต่ละสถาบันซึ่งเน้นการบริหารจัดการให้สามารถเรียนและทำปฏิบัติการที่บ้านให้ได้มากที่สุด ดังนั้นสถาบันอุดมศึกษาทุกแห่งจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อให้สามารถดำเนินงานต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรับประกันคุณภาพของผู้เรียนตามหลักสูตรในช่วงระยะเวลาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสอีกด้วย

ปัญหาสำคัญของการเรียนวิชาปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแบบออนไลน์ คือผู้เรียนขาดโอกาสในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ อันเป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการเรียนรู้เพื่อเพิ่มทักษะทางวิชาชีพในอนาคต และยังส่งผลให้ขาดความเข้าใจไม่สามารถบูรณาการองค์ความรู้วิชาทฤษฎีเข้ากับวิชาปฏิบัติได้ นอกจากนี้บรรยากาศการเรียนที่เปลี่ยนไปในรูปแบบออนไลน์ ทำให้ผู้เรียนขาดแรงกระตุ้นขาดความสนใจและไม่ให้ความสำคัญต่อการเรียนเท่าที่ควร ดังนั้นการออกแบบวิธีการสอนที่เหมาะสม การเลือกใช้เครื่องมือประกอบการเรียนรู้ รวมถึงรูปแบบและแผนการสอนที่ดี จึงเป็นเรื่องทำ

ทายสำหรับผู้รับผิดชอบทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการ เพื่อยังคงทำให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ในวิชา ปฏิบัติการสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ตามเดิม

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ที่ผ่านมามาประเทศไทยจะมีบางช่วงเวลาที่สามารถผ่อนคลายมาตรการป้องกันการ แพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 อยู่บ้างตามสถานการณ์การแพร่ระบาดเป็นระลอก ทำให้ลักษณะการ เรียนการสอนอาจมีการสลับรูปแบบเป็นปกติและออนไลน์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการวางแผนและ ออกแบบการสอนออนไลน์สำหรับวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าโดยสมบูรณ์ เพื่อรองรับสถานการณ์ วิกฤตที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาจนไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิด นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสอนในการจำลองสถานการณ์การทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า ซึ่ง ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องตามลักษณะเนื้อหาการทดลองในเอกสารใบงานปฏิบัติการ โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกล ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง รวมถึงศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาจากการสำรวจเพื่อนำผลวิจัยไปพัฒนา วิธีการสอนและการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับลักษณะการเรียนการสอนแบบออนไลน์ โดยยังคงทำ ให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า และมีความพึงพอใจต่อรูปแบบ การเรียนการสอน

1.2 คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรม จำลองจะสามารถออกแบบได้อย่างไร
2. การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรม จำลองจะมีแนวทางในการนำไปใช้ได้อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วย โปรแกรมจำลอง
2. เพื่อศึกษาแนวทางการนำวิธีการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาปฏิบัติการ เครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ปีการศึกษา 2/63 จำนวน 39 คน

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาการวิจัย ศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง ปีการศึกษา 2/63 ระยะเวลา 6 เดือน มกราคม พ.ศ. 2564 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2564

1.5 นิยามศัพท์

1. รูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนตามโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์และส่งเสริมซึ่งกันและกันระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในการเรียนการสอน ได้แก่ หลักการวัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการสอนการประเมินผล รวมทั้งกิจกรรมสนับสนุนอื่นๆ โดยผ่านเครื่องมือสื่อสารเช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โน้ตบุ๊ก (Notebook) แท็บเล็ต (Tablet) และโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น ที่อยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. บทเรียนออนไลน์ หมายถึง บทเรียนที่ได้ออกแบบและสร้างโดยใช้เทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีการสื่อสารเป็นเครื่องมือในการ สร้างสรรค์ และส่งผ่านองค์ ความรู้ไปยังผู้ เรียนที่อยู่ในสถานที่แตกต่างกันได้

3. โปรแกรมจำลอง หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองการทำงานของระบบต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบ วางแผนการทำงาน รวมถึงคาดการณ์กระบวนการและผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ ด้วยการวิเคราะห์และทดลองผ่านการทำงานในกระบวนการต่างๆ จากระบบจำลอง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่เหมาะสมสำหรับรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง

2. สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง

บทที่ 2

เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า

รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า EEG342 เป็นรายวิชาที่อยู่ในหมวดวิชาชีวะเฉพาะ
แขนงจำนวน 1 หน่วยกิต ของสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงไฟฟ้ากำลัง ซึ่งถูกออกแบบให้มีหัวข้อ
การทดลองสอดคล้องกับเนื้อหาเชิงทฤษฎีของวิชาเครื่องจักรกลไฟฟ้า จำนวน 8 หัวข้อประกอบด้วย

1. หม้อแปลงไฟฟ้าหนึ่งเฟส (Single-Phase Transformer)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส
อาทิ คุณสมบัติการทดสอบหม้อแปลง การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้โหลดประเภทต่างๆ ประสิทธิภาพการ
ทำงานและค่าตัวประกอบกำลัง เป็นต้น

2. หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส (Three-Phase Transformer)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสามเฟส
ซึ่งส่วนมากมักถูกนำมาใช้งานในภาคอุตสาหกรรมและระบบไฟฟ้ากำลัง อาทิ การต่อขดลวดสามเฟส
ของหม้อแปลง การต่อขานหม้อแปลง และประเภทกลุ่มเวคเตอร์ เป็นต้น

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญ อาทิ คุณสมบัติการจ่ายกำลังไฟฟ้า
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยกส่วน แบบขนาน และแบบอนุกรม
คุณลักษณะความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้า และประสิทธิภาพการทำงาน เป็นต้น

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญ อาทิ คุณสมบัติการขับโหลดทางกล
ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดกระตุ้นแยกส่วน และแบบขนาน คุณลักษณะความสัมพันธ์
ของค่าแรงบิดความเร็วรอบ และประสิทธิภาพการทำงาน เป็นต้น

5. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำหนึ่งเฟส (Single-Phase Induction Motor)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ
หนึ่งเฟส อาทิ การสตาร์ทมอเตอร์ คุณสมบัติการขับโหลดทางกลของมอเตอร์ คุณลักษณะ
ความสัมพันธ์ของค่าแรงบิดความเร็วรอบ และประสิทธิภาพการทำงาน เป็นต้น

6. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส (Three-Phase Induction Motor)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ
สามเฟส อาทิ การต่อขดลวดสามเฟสของมอเตอร์ การสตาร์ทมอเตอร์ คุณสมบัติการขับโหลดทางกล

ของมอเตอร์ คุณลักษณะความสัมพันธ์ของค่าแรงบิดความเร็วรอบ การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพการทำงาน เป็นต้น

7. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสามเฟส (Three-Phase Synchronous Generator)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานที่สำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสแบบสามเฟส อาทิ การผลิตกำลังไฟฟ้า คุณลักษณะความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้ากับการจ่ายโหลด และการควบคุมแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น

8. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส (Three-Phase Induction Motor Control)

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาวิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบสามเฟส อาทิ การใช้อุปกรณ์ควบคุมเพื่อสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง การสตาร์ทแบบสตาร์ท-เดลต้า การกลับทิศการหมุน เป็นต้น

การศึกษาทุกหัวข้อ นักศึกษาจะได้เรียนรู้และทดลองกับเครื่องจักรกลไฟฟ้ารวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือวัดจริงในห้องปฏิบัติการซึ่งจะถูกแบ่งเป็นสัดส่วนตามหัวข้อการทดลองอย่างเหมาะสมตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า

2.2 การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์

นับตั้งแต่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาในประเทศไทย จนกระทั่งมีประกาศจากกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ให้มหาวิทยาลัยทั้งรัฐบาลและเอกชนทุกแห่งปรับการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์ยกเว้นหลักสูตรที่มีการปฏิบัติการ เพื่อเป็นการป้องกันและเฝ้าระวังการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้ผู้สอนรายวิชาที่เป็นทฤษฎีทั้งหมดจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการสอนใหม่ รวมถึงการเตรียมเนื้อหา การออกแบบข้อสอบ การวัดผล และการใช้เครื่องมือสื่อการสอนที่เหมาะสม เช่น โปรแกรม Zoom, Google Meet, Google Form และ Power Point เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้โดยไม่พบปัญหามากนักและใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนไม่นาน ด้วยคุณลักษณะของรายวิชาเชิงทฤษฎีที่มีความสะดวกอยู่แล้ว

อย่างไรก็ตาม รูปแบบการสอนออนไลน์ในวิชาปฏิบัติการจะกระทำได้ยากกว่า เนื่องจากตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะจากการทดลองด้วยเครื่องมืออุปกรณ์จริง ซึ่งการสอนออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการที่ผ่านมา จะใช้วิธีการนำผลการทดลองในแต่ละเรื่องตามเนื้อหาการเรียนมาอธิบายและวิเคราะห์สรุปผลให้นักศึกษาได้คิดตามประกอบกับทฤษฎี รวมถึงแนะนำเครื่องมือ เครื่องจักรกลไฟฟ้าและอุปกรณ์การทดลองต่างๆ โดยการใช้โปรแกรม Zoom และ Power Point เป็นสื่อการสอนหลักร่วมกับระบบการเรียนรู้ออนไลน์ที่เรียกว่า D-Learning ซึ่งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยสำนักการจัดการศึกษาออนไลน์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้เรียนโดยตรงในการสามารถเข้ามาดูบันทึกการสอนย้อนหลังของผู้สอนได้ทุกเรื่อง (Live-record) หรืออาจเป็นการดูบันทึกการสอนของเทอมก่อนล่วงหน้าได้ (VDO on demand) เพื่อเป็นการเตรียมตัวก่อนการเรียนจริง ทั้งนี้ ระบบ D-Learning ยังสนับสนุนให้สามารถส่งงานที่ได้รับมอบหมายแบบออนไลน์ และสามารถทำการทดสอบย่อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการศึกษาและการเก็บคะแนนได้ ซึ่งจะนำไปใช้ประกอบการประเมินวัดผลการเรียนรู้ต่อไปได้

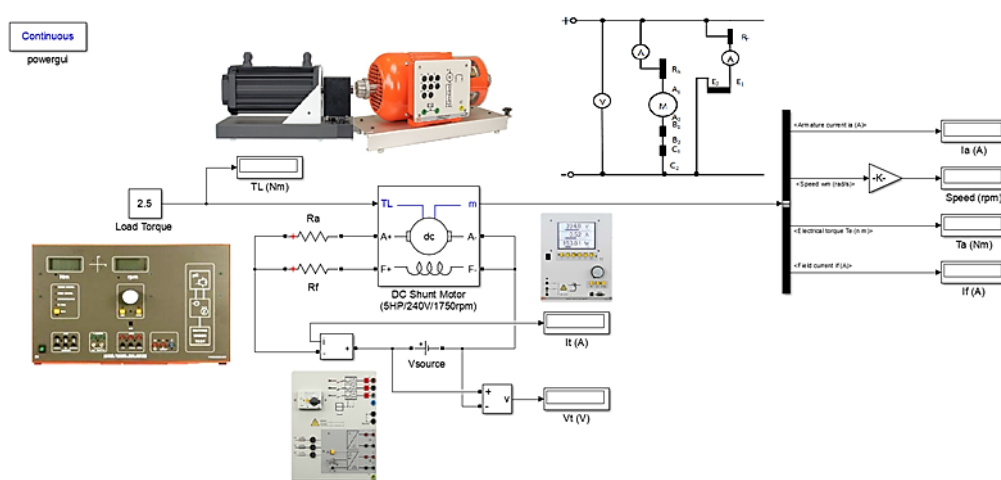
ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสอนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้น คือผู้เรียนยังคงขาดทักษะและไม่มีสมาธิในการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าอย่างแท้จริง ดังนั้น ในช่วงเวลาที่สถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสยังคงวิกฤต แต่จำเป็นต้องดำเนินการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามกรอบเวลา จึงมีแนวคิดในการนำโปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเข้ามาเป็นสื่อการสอนเสริม ด้วยการออกแบบเหตุการณ์จำลองให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างชัดเจนมากขึ้นจากการทดลองในหัวข้อการเรียนรู้ต่างๆ อย่างเป็นลำดับ รวมถึงยังทำให้ผู้เรียนเห็นผลตอบสนองเชิงพฤติกรรมในการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับทฤษฎี และสามารถวิเคราะห์รวมถึงสรุปผลการทดลองได้

2.3 โปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ (Software) เพื่อใช้สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าค่อนข้างมากโดยครอบคลุมทั้งระบบ อาทิ วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระบบไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระบบไฟฟ้ากำลัง เครื่องจักรกลไฟฟ้า และพลังงานทดแทน ตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งการศึกษาและการวิจัยเนื่องจากมีลักษณะการใช้ที่ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน รวมถึงมีการแสดงผลเชิงตัวเลขและรูปภาพที่ถูกต้องชัดเจน ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน เช่น โปรแกรม Labview, MatLab/Simulink และ Powerworld Simulator เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรม MatLab/Simulink มาช่วยสร้างระบบจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าบางชนิด เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่ทางมหาวิทยาลัยร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ ได้จัดซื้อลิขสิทธิ์ผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สำหรับนักศึกษาที่เรียนในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ด้านการจำลองได้กับหลายวิชา อาทิ ระบบควบคุม อิเล็กทรอนิกส์กำลัง การขับเคลื่อนมอเตอร์ และระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น คุณลักษณะเด่นของโปรแกรมนี้คือผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลองเชิงรูปภาพได้ (Graphic User Interface: GUI) รวมถึงมีการจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ และแบบจำลองเครื่องจักรกลไฟฟ้าต่างๆ มากมายหลายชนิดทำให้ง่ายและสะดวกในการใช้งาน

ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยโปรแกรม MatLab/Simulink โดยการเทียบเคียงเพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงแบบจำลองของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ที่ต้องใช้ในห้องปฏิบัติการจริงตามภาพที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 1



ภาพที่ 2 แบบจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 1 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อุปกรณ์	หน้าที่
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ศึกษาคุณลักษณะการทำงาน
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรง
3. มัลติมิเตอร์ 1 เฟส	วัดค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรง
4. ความต้านทานปรับค่าได้	ศึกษาคุณลักษณะการควบคุมความเร็วมอเตอร์
5. มอเตอร์เซอร์โว	ใช้เป็นภาระ (Load) ของมอเตอร์กระแสตรง
6. ชุดควบคุมมอเตอร์เซอร์โว	ควบคุมแรงบิดของมอเตอร์เซอร์โว

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนออนไลน์ของสถาบันอุดมศึกษาต่างๆ ทั่วประเทศในช่วงสถานการณ์วิกฤตดังกล่าวข้างต้น อาจมีอุปสรรคและเจอปัญหาที่คล้ายหรือแตกต่างกันไปตามลักษณะของเนื้อหาวิชา รวมถึงเครื่องมือ สื่อการสอน การวัดประเมินผล และวิธีการที่ใช้สอน เป็นต้น ดังนั้นที่ผ่านมาผู้ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากรูปแบบการสอนออนไลน์ในบริบทของเนื้อหาตามสาขาวิชาที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะขอกล่าวถึงผลการศึกษางานวิจัยบางเรื่องพอสังเขปดังนี้

(1) สิริพร อินทสนธิ (2563) นำเสนอกรณีศึกษาการเรียนการสอนออนไลน์ รายวิชาการเขียนโปรแกรมเว็บ ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา โดยใช้เครื่องมือแอป

พลิกะชันในการเรียนออนไลน์หลักๆ ได้แก่ Line Zoom YouTube และ Google Classroom ซึ่งผู้สอนใช้โปรแกรม Camtasia Studio สำหรับตัดต่อวิดีโอเพื่อใช้ในการสอนและใช้โปรแกรม TeamViewer เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ผู้เรียน เมื่อผู้เรียนในรายวิชาการเขียนโปรแกรมเว็บเกิดปัญหาการเขียนโปรแกรมขัดข้องขึ้นในระหว่างเรียน ซึ่งจากการเรียนออนไลน์ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมเว็บไม่ค่อยพบปัญหาในการเรียนออนไลน์เกิดขึ้นมากนัก เนื่องจากเป็นรายวิชาปฏิบัติที่สามารถอัดคลิปวิดีโอและนำขึ้นไปเผยแพร่บน YouTube ได้ทันที ซึ่งผู้สอนเห็นว่ากระบวนการเรียนการสอนออนไลน์สามารถที่จะแก้ไขปัญหาการเรียนที่ยังอยู่ในสถานการณ์ไวรัสโคโรนาที่กำลังแพร่ระบาดได้อย่างดี และเหมาะกับรายวิชาที่เป็นเนื้อหาปฏิบัติผ่านทางคอมพิวเตอร์

(2) เสถียร พูนผล และคณะ (2563) ศึกษาผลสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาเภสัชศาสตร์จำนวน 180 คน ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงโควิด-19 เพื่อออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ผลสำรวจพบว่าส่วนใหญ่เห็นว่าการเรียนออนไลน์ทำให้สะดวกและรู้สึกผ่อนคลาย แต่ขาดการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ขาดแรงกระตุ้นในการเรียน และมีความกังวลเกี่ยวกับการสอบแบบออนไลน์

(3) วไลพรธณ อาจารย์วัฒนา และคณะ (2563) ศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนาของนักศึกษาโครงการพิเศษ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต จำนวน 126 คน เพื่อนำผลความพึงพอใจไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบความพึงพอใจที่มีต่อสภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนาโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านบุคลากร และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านเนื้อหาและสื่อการสอน ด้านระบบสารสนเทศและการสื่อสาร และด้านสภาพแวดล้อม

(4) วาสนา ณ.สุโหลง และคณะ (2561) ศึกษาวิจัยสภาพการใช้ ความต้องการในการใช้และความพึงพอใจในการใช้งานแหล่งทรัพยากร การเรียนรู้ออนไลน์ระบบเปิดสำหรับมหาชนในรายวิชาศึกษาทั่วไปของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามเพื่อสำรวจสภาพการใช้งาน ความต้องการการใช้งาน และความพึงพอใจในการใช้งานแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ออนไลน์ กับกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีทุกชั้นปีภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 369 คน ผลการวิจัยด้านสภาพการใช้งาน พบว่าส่วนใหญ่ศึกษารู้จักและเคยใช้แหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ออนไลน์อยู่ในระดับมาก ด้านความต้องการ พบว่าส่วนใหญ่นักศึกษามีความต้องการใช้งานอยู่ในระดับมาก และด้านความพึงพอใจ พบว่าส่วนใหญ่นักศึกษามีความพอใจอยู่ในระดับมากเช่นกัน

(5) ชนินทร์ ตั้งพานทอง (2560) ศึกษาปัจจัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออนไลน์เพื่อเสริมการเรียนการสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 300 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่าง แบบหลายชั้นจากการเลือก 5 รายวิชา ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ รายวิชาละ 60 คน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพของระบบ ด้านคุณภาพสารสนเทศ และ ด้านคุณภาพการบริการ มีอิทธิพลต่อการใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้งานบทเรียนออนไลน์เพื่อเสริมการเรียนการสอนผ่านหลักสูตรออนไลน์แบบเปิดเพื่อมหาชน การใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก การใช้งานและความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ใช้งานบทเรียนออนไลน์แต่มีความสัมพันธ์กันน้อย และยังพบอีกว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ใช้งานบทเรียนออนไลน์ แต่การใช้งานไม่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ใช้งานบทเรียนออนไลน์

(6) อาณัติ รัตนธิรกุล (2553) ได้ให้ความหมายของการเรียนแบบออนไลน์ คือ การเรียนการสอนผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นวิทยุกระจายเสียง (Radio Broadcast) โทรทัศน์ (Television) ซีดีรอม/ดีวีดีรอม (CD-ROM/DVD-ROM) เครือข่ายอินทราเน็ต (Intranet) เครือข่ายเอ็กซ์ทราเน็ต (Extranet) เครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) ดาวเทียม (Satellite Broadcast) โทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone) เครื่องพีดีเอ (PDA) หรืออุปกรณ์ไร้สายต่างๆ โดยที่ผู้เรียนสามารถเข้าเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองได้ตามอัธยาศัยได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านทางเว็บไซต์ในรูปแบบมัลติมีเดีย ไม่ว่าจะ เป็นข้อความเสียง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ อีกทั้งผู้ใช้งานสามารถทำการโต้ตอบได้ เหมือนการนั่งเรียนในห้องเรียนปกติ นับเป็นการลดช่องว่างทางการศึกษาอย่างแท้จริง ทำให้ทุกคนสามารถเรียนรู้ได้เท่าเทียมกัน 24 ชั่วโมง

(7) มัลลิกา อุณหวิวรรณ์ และคณะ (2553) ได้นำเสนอการวิเคราะห์และการออกแบบโปรแกรมเพื่อติดตามพัฒนาการของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาการเขียนโปรแกรม เพื่อที่นำมาพัฒนาเป็นเครื่องมือในการกำหนดแบบฝึกหัดให้กับนักศึกษาแต่ละคนและยังทำการตรวจงานของนักศึกษาในเบื้องต้นได้ ทั้งนี้บทความยังได้ทำการรวบรวมและสรุปเทคนิคของภาษาต่างๆ ว่าภาษาใดที่เหมาะสมเพื่อนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมหักแล้ว โดยการวิเคราะห์และออกแบบคุณสมบัติของระบบ จะทำการแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ส่วนที่ให้ให้นักศึกษาใช้ในการเขียนโปรแกรม, คอมไพล์โปรแกรม ซึ่งจะมีประโยชน์ในการทำงานของนักศึกษา ที่ไม่ต้องติดตั้งตัวแปลภาษา(Compiler) ใดๆ โดยเรียกส่วนนี้ว่า Student Tools 2) ส่วนที่ผู้สอนใช้ในการจัดการเกี่ยวกับรายชื่อนักศึกษาจากไฟล์ใดๆได้ การมอบหมายคำถาม และการตรวจสอบการเขียนโปรแกรมของนักศึกษา รวมไปถึงการมอบหมายคำถามที่สามารถกำหนดกรณีทดสอบในแต่ละคำถามแต่ละข้อได้ โดยเรียกส่วนนี้ว่า Review Tools และ 3) ส่วนที่แสดงผลค่าสถิติต่างๆ เช่นความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ คะแนนโดยเฉลี่ยของนักศึกษาในแต่ละข้อ โดยส่วนนี้จะดึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ทั้ง 2 ส่วนที่ได้กล่าวมาข้างต้นบันทึก

ไว้นำมาหาค่าทางสถิติต่างๆเพื่อให้ผู้สอนได้เห็นถึงค่าสถิติ เพื่อใช้ในการปรับปรุงหรือแก้ไขการเรียนการสอนต่อไป โดยเรียกส่วนนี้ว่า Analyzer Tools

(8) นราตล โชติวรรณพร และคณะ (2553) ได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการพื้นฐานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลังเพื่อนำให้นักศึกษามีความเข้าใจระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า การไหลของกำลังไฟฟ้า และระบบควบคุมระยะไกลได้อย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรมมากขึ้นโดยการสร้างชุดจำลองการทำงานทั้งหมดของระบบไฟฟ้ากำลังที่จำลองการทำงานมาจากระบบจริง และให้นักศึกษาควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังในสถานะต่าง ๆ ตามเงื่อนไขเพื่อศึกษา และเพื่อเป็นพื้นฐานก่อนทำการศึกษาในแขนงวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลังต่อไป จากรายงานผลการประเมินการเรียนการสอนพบว่านักศึกษามีความเข้าใจมากขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นผลให้สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิชาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้ากำลังได้ดีขึ้น

(9) กษมา ศิริสมบุรณ์ และจารุตรี คุณานพตล (2553) ได้ทำการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาวิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในวิชาเลือกของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยในการสอนได้แทรกการทำโครงการการสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ในเชิงทฤษฎี ปฏิบัติและการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยตัวเอง ภายใต้การดูแลจากอาจารย์ผู้สอน จากแบบสอบถามพบว่า นักศึกษาให้การตอบรับเป็นอย่างดีกับแนวทางดังกล่าว โดยความพึงพอใจต่อการมีการทำโครงการย่อยในรายวิชาอยู่ในระดับที่มากที่สุด การเพิ่มทักษะในการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งอื่น การได้นำความรู้ที่เรียนมาแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและเพิ่มพูนความรู้ทางด้านทักษะทางช่างเมื่อพิจารณาตามผลผลิตโดยรวมจากการมีโครงการย่อยแล้วทำให้เห็นว่าการมีโครงการย่อยก่อนที่จะมีการทำโครงการสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ช่วยให้นักศึกษามีการเตรียมพร้อมทั้งทางด้านระบบความคิด การแก้ปัญหาและการเรียนรู้ด้วยตนเอง

(10) อัมพรศักดิ์ อังคทะวานิช และคณะ (2553) ได้นำเสนอการศึกษาการพัฒนาทางทักษะของนักศึกษาในด้านการใช้งานซอฟต์แวร์ที่นักศึกษาสนใจโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อแก้ไขปัญหาที่นักศึกษามีทักษะไม่ดีในการทำโครงการในรายวิชาทางมัลติมีเดีย โดยจัดเป็นโครงการสอนเสริมการใช้งานซอฟต์แวร์ซึ่งก่อนที่จะเริ่มโครงการสอนจะทดสอบความสามารถของกลุ่มผู้เรียนและนำผลการทดสอบไปปรับวิธีการสอนและเนื้อหาให้ตรงกับความสามารถทางการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยผลการสำรวจพบว่านักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการนั้นจะสามารถพัฒนาผลงานทางมัลติมีเดียได้ดียิ่งขึ้น และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเข้าร่วมโครงการอยู่ในระดับที่ดี

(11) วิจิต สุรัตน์เรืองชัย และคณะ (2549) ทำการศึกษา สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอน ปัญหาการจัดการเรียนการสอน และความต้องการในการพัฒนาการเรียนการสอนของคณาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา ตามความคิดเห็นของคณาจารย์และนิสิต พบว่า ด้านสภาพการจัดการเรียนการสอน คณาจารย์และนิสิตมีความคิดเห็นว่า ใช้วิธีสอนแบบบรรยายมากที่สุด มีการใช้สื่อการสอนสม่ำเสมอ วัดและประเมินผลโดยเน้นเนื้อหาวิชาและกระบวนการเรียนรู้ มีการปรับปรุง การเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ 2. ปัญหาการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์มีความคิดเห็นว่า ปัญหาการจัดการเรียนการสอนที่พบมากที่สุด ได้แก่ ไม่มีเวลาเตรียมการสอน นิสิตไม่มีความพร้อม ไม่ตรงต่อเวลา พื้นฐานไม่ดี อุปกรณ์การสอนประจำห้องเรียนไม่เพียงพอ จำนวนนิสิตในชั้นเรียนมากเกินไป ส่วนนิสิตมีความคิดเห็นว่า อาจารย์ขาดเทคนิคการสอน ขาดกิจกรรมการปฏิบัติ เน้นการบรรยายมากเกินไป อธิบายไม่ชัดเจน การใช้แผ่นโปร่งใส ของอาจารย์ตัวหนังสือเล็กมองไม่ค่อยเห็น ไม่มีการวัดและประเมินผลเป็นระยะวัดและประเมินผลความจำมากกว่าการนำไปใช้และข้อสอบยากเกินไป 3. ความต้องการพัฒนาการเรียนการสอนของคณาจารย์ คือ รูปแบบและเทคนิคการสอนแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่วนนิสิตต้องการให้คณาจารย์เตรียมการสอนล่วงหน้าและเข้าสอนให้ตรงเวลา สอนให้สนุกสนาน ใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย วัดและประเมินผลเป็นระยะสม่ำเสมอเพื่อพัฒนานิสิต และปรับปรุงเนื้อหาวิชาที่สอนให้ทันสมัยอยู่เสมอ

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์สำหรับวิชาที่มีลักษณะของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว จะสามารถทำได้ค่อนข้างสะดวกและไม่ค่อยพบปัญหามากนัก แต่สำหรับวิชาทฤษฎีโดยทั่วไป ปัญหาที่พบอาจมีความคล้ายกันจากความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนแบบออนไลน์ในด้านความไม่มั่นใจในกระบวนการวัดผล ขาดแรงกระตุ้นในการเรียน ขาดปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ความไม่พร้อมของอุปกรณ์การเรียน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อดีที่พบคือความสะดวกสบาย ความรู้สึกผ่อนคลาย ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องมือและสื่อการสอนที่ดีด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง โดยมีลักษณะการวิจัยแบบเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง และนำผลการวิจัยไปใช้ในพัฒนาการจัดรูปแบบการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสมในสถานการณ์ฉุกเฉินต่อไป

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ปีการศึกษา 2/63 จำนวน 39 คน

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน
2. สร้างเครื่องมือในการวิจัย คือแบบสอบถาม
3. ชี้แจงทำความเข้าใจกับนักศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการสอนออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง
4. เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน ได้แก่ การสำรวจด้วยแบบสอบถาม
5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติ
6. สรุปผลการวิจัย จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาและผลการวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งอภิปรายผลการวิจัย
7. ดำเนินการเขียนรายงานการวิจัยและจัดพิมพ์รูปเล่มรายงาน รวมทั้งสรุปผลงานเผยแพร่

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้า จำนวน 2 เรื่อง ประกอบด้วย
 - การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
 - การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

2. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นชนิด 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 ปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะในการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาที่เลือกเป็นประชากรกลุ่มเป้าหมาย ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา EEG342 ปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ประจำปีภาคการศึกษาที่ 2/2563 จำนวน 39 คน ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม โดยทำการเก็บข้อมูลในช่วงปลายของภาคการศึกษา ดังนี้

1. จัดทำแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรมกูเกิลฟอร์ม (Google Form) เพื่อความเหมาะสมในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19
2. เก็บข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้ช่องทางติดต่อสังคมออนไลน์ ได้แก่ กลุ่มไลน์ (Line Group) กลุ่มเฟซบุ๊ก (Facebook Group) และโปรแกรมซูม (Zoom)
3. นำผลตอบแบบสอบถามมาพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์เพื่อใช้วิเคราะห์ต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากผลตอบแบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ส่วนที่ 3 และ 4 วิเคราะห์ค่าถามปลายเปิดการสังเคราะห์

โดยแบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง เพื่อให้เข้าใจผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ทางสถิติและอักษรย่อที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

\bar{X} หมายถึง ค่าเฉลี่ย (Mean)

$S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจและศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอน สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่เหมาะสมของวิชาปฏิบัติการ จึงได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ตอน โดยผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้แทนค่าสถิติในการนำเสนอ ดังนี้

\bar{x}	หมายถึง	มัชฌิมเลขคณิต หรือค่าเฉลี่ย (mean)
S.D.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลสำรวจ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผลตอบแบบสอบถาม นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 97.43 เพศหญิง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 รวม 39 คน โดยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 3 จำนวน 31 คน (79.49%) ชั้นปีที่ 4 จำนวน 5 คน (12.82%) และมากกว่าชั้นปีที่ 4 จำนวน 3 คน (7.69%) โดยนักศึกษาเกือบทุกคนมีคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการเรียนแบบออนไลน์ได้ (97.43%) ทั้งนี้ พบว่าส่วนใหญ่มีความสะดวกที่จะเรียนออนไลน์จากที่พัก โดยไม่มีปัญหาด้านการบริการสัญญาณอินเทอร์เน็ต (97.43%) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของนักศึกษา

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	38	97.43
หญิง	1	2.56
รวม	39	100
ชั้นปีที่		
3	31	79.49
4	5	12.82
มากกว่า 4	3	7.69
รวม	39	100
นักศึกษามีคอมพิวเตอร์ส่วนตัวใช้งาน		
มี	38	97.43
ไม่มี	1	2.56
รวม	39	100
นักศึกษามีอุปกรณ์ที่สามารถใช้เรียนออนไลน์ได้		
มี	38	97.43
ไม่มี	1	2.56
รวม	39	100
นักศึกษาสามารถเรียนออนไลน์ได้สะดวกจากที่พัก (ไม่มีปัญหาด้านบริการอินเทอร์เน็ต)		
ใช่	38	97.43
ไม่ใช่	1	2.56
รวม	39	100

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ซึ่งมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3 คะแนนความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง

คำถาม	จำนวน (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยกระตุ้นในการเรียนแบบออนไลน์	1 (2.6)	2 (5.1)	5 (12.8)	17 (43.6)	14 (35.9)	4.05	0.97	เห็นด้วย มาก
2. การใช้โปรแกรมจำลองสามารถอธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (5.1)	26 (66.7)	11 (28.2)	4.23	0.54	เห็นด้วย มาก
3. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น	1 (2.6)	0 (0.0)	6 (15.4)	19 (48.7)	13 (33.3)	4.10	0.85	เห็นด้วย มาก
4. สามารถนำผลจากโปรแกรมจำลองไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี	0 (0.0)	1 (2.6)	2 (5.1)	26 (66.7)	10 (25.6)	4.15	0.63	เห็นด้วย มาก
5. สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองในการทำงานจริงได้ในอนาคต	0 (0.0)	1 (2.6)	6 (15.4)	19 (48.7)	13 (33.3)	4.13	0.77	เห็นด้วย มาก
6. การใช้โปรแกรมจำลองสามารถทดแทนการเรียนในห้องปฏิบัติการได้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน	1 (2.6)	2 (5.1)	4 (10.3)	15 (38.5)	17 (43.6)	4.15	0.99	เห็นด้วย มาก
7. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์ดีกว่าวิชาปฏิบัติการอื่นที่ไม่มีโปรแกรมจำลอง	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (5.1)	22 (56.4)	15 (38.5)	4.33	0.58	เห็นด้วย มาก
8. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์สามารถสร้างบรรยากาศในการเรียนให้น่าสนใจได้	2 (5.1)	1 (2.6)	8 (20.5)	17 (43.6)	11 (28.2)	3.87	1.03	เห็นด้วย ปานกลาง
9. การใช้โปรแกรมจำลองทำให้สามารถศึกษาด้วยตนเองได้	0 (0.0)	4 (10.3)	5 (12.8)	17 (43.6)	13 (33.3)	4.00	0.95	เห็นด้วย มาก
10. การเรียนแบบออนไลน์ทำให้มีความสุขและมีความพอใจ	0 (0.0)	2 (5.1)	6 (15.4)	18 (46.2)	13 (33.3)	4.08	0.84	เห็นด้วย มาก

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง โดยการใช้เทคนิคสถิติเชิงพรรณนาจำแนกตามประเด็นคำถาม ดังตารางที่ 3 พบว่าโดยเฉลี่ยนักศึกษาค่อนข้างเห็นด้วยว่าการใช้โปรแกรมจำลองมีส่วนช่วยกระตุ้นในการเรียนแบบออนไลน์ ($\bar{x} = 4.05$, S.D. = 0.97) และช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.85) ทั้งนี้ นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยอย่างมากว่าการใช้โปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอนสามารถอธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน ($\bar{x} = 4.23$, S.D. = 0.54) รวมถึงสามารถนำไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี ($\bar{x} = 4.15$, S.D. = 0.63) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนของวิชาปฏิบัติอื่น พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์ดีกว่าวิชาปฏิบัติการอื่นที่ไม่มีโปรแกรมจำลอง ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.58)

นอกจากนี้ ยังพบข้อดีของการนำโปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอน โดยนักศึกษาเห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง ($\bar{x} = 4.00$, S.D. = 0.95) และสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการทำงานจริงได้ในอนาคต ($\bar{x} = 4.13$, S.D. = 0.77) อย่างไรก็ตาม ความคิดเห็นในประเด็นการใช้โปรแกรมจำลองจะมีส่วนช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนแบบออนไลน์ให้น่าสนใจได้ พบว่าความคิดเห็นโดยเฉลี่ยมีการกระจายตัวอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก ($\bar{x} = 3.87$, S.D. = 1.03) ซึ่งในภาพรวม นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองสามารถทดแทนการเรียนในห้องปฏิบัติการจริงได้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน ($\bar{x} = 4.15$, S.D. = 0.99) โดยยังคงมีความสุขและความพอใจในการเรียน ($\bar{x} = 4.08$, S.D. = 0.84)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นประเด็นปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ จากผลตอบแบบสอบถามพบว่านักศึกษากลุ่มใหญ่ระบุถึงปัญหาการไม่ได้ทดลองกับอุปกรณ์จริง ทำให้ขาดทักษะและความเชื่อมั่นว่าจะสามารถแก้ไขหรือควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้าในการทำงานจริงได้ รวมถึงรู้สึกสูญเสียบรรยากาศในการเรียน ขาดปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มไม่สามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับการทดลองได้ เป็นผลให้ความน่าสนใจในการเรียนลดลง

สำหรับปัญหาอื่นที่เกิดขึ้นกับนักศึกษาบางคน ได้แก่ การบริการด้านอินเทอร์เน็ตหรือระบบ D-learning ในบางช่วงเวลาไม่มีเสถียรภาพ ทำให้เกิดความล่าช้า ความไม่ต่อเนื่อง หรือระบบที่ใช้เรียนออนไลน์ล้าสมัย เป็นต้น ทั้งนี้พบว่าอาจขึ้นอยู่กับความสามารถหรือความทันสมัยของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนออนไลน์ของแต่ละคนด้วย อย่างไรก็ตาม นักศึกษาทุกคนทราบดีถึงความจำเป็นในสถานการณ์วิกฤติจึงเห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองนั้นสามารถช่วยทำให้เกิดความเข้าใจได้ระดับหนึ่ง

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะในการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์นี้ นักศึกษาส่วนใหญ่อยากให้การควบคุมกันระหว่างการสอนโดยใช้โปรแกรมช่วยจำลองสถานการณ์ของเครื่องจักรกลไฟฟ้า และการนำเสนอด้วยวิดีโอบันทึกภาพการทดลองที่มีการอธิบายให้เห็นอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงขั้นตอนวิธีการเชื่อมต่อของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและทางกล จนกระทั่งได้ผลการทดลองเพื่อให้เห็นภาพและมีความเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนยังคงมีความต้องการที่จะได้เห็นและสัมผัสกับอุปกรณ์การทดลองจริงมากกว่า

อย่างไรก็ตาม นักศึกษาอีกจำนวนหนึ่งเสนอว่า หากมีบางช่วงเวลาที่สถานการณ์การระบาดของเชื้อโควิด-19 ดีขึ้น อยากให้มีการสอนสดๆ ในส่วนของการปฏิบัติในเรื่องที่สำคัญ หรือในกรณีที่ไม่สามารถทำได้ก็ควรจัดหาโปรแกรมจำลองให้มีสำหรับนักศึกษาทุกคน เพื่อที่จะสามารถทำการทดลองด้วยตนเองได้ตามใบงานหรือตามที่คุณสอนออกแบบไว้ ซึ่งจะเป็นการสร้างแรงจูงใจและบรรยากาศในการเรียนออนไลน์ให้ดีขึ้นด้วย

ในภาพรวมของข้อเสนอแนะ นักศึกษาส่วนหนึ่งเห็นว่าการนำโปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอนในวิชาปฏิบัติการนั้นดีกว่าการไม่มี เพราะสามารถเพิ่มความเข้าใจในเชิงทฤษฎีได้มากขึ้น อีกทั้งการเรียนออนไลน์ก็มีความสะดวกสบาย ไม่ต้องเสียเวลาเดินทาง ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มาก

4.2 การออกแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองและแนวทางการนำไปใช้

จากผลสำรวจข้อมูลทั้งหมดสามารถนำมาออกแบบเพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ได้ โดยเริ่มจากการเตรียมทรัพยากรและศึกษาความสามารถรวมถึงข้อจำกัดของโปรแกรมในการนำมาสร้างระบบทำงานจำลองตามขอบเขตเนื้อหาการเรียน เนื่องจากอาจไม่ครอบคลุมทั้งหมด ดังนั้นส่วนที่ไม่สามารถใช้โปรแกรมจำลองได้ การเตรียมคลิปวิดีโอเพื่อแสดงให้เห็นถึงวิธีการทดลอง รวมถึงผลการทดลองทั้งหมดก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีความควบคุมกันไป

อย่างไรก็ตาม การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทดลองด้วยตนเองเพื่อเป็นการกระตุ้นทำให้บรรยากาศการเรียนน่าสนใจมากขึ้น จึงควรพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมที่ทางมหาวิทยาลัยจัดซื้อลิขสิทธิ์อย่างถูกต้อง ซึ่งทั่วไปจะถูกติดตั้งไว้ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และอาจใช้วิธีการรีโมทจากเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนเข้าสู่ระบบส่วนกลางเพื่อให้สามารถใช้งานโปรแกรมได้ โดยขอคำแนะนำรวมถึงการช่วยเหลือจากฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ หรืออาจเลือกใช้โปรแกรมฟรีบางประเภทที่มีการให้บริการแบบออนไลน์บนเว็บไซต์แต่อาจมีข้อจำกัดหลายประการ

การตรวจสอบความถูกต้องของผลจำลองรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองก็เป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็น ซึ่งผู้สอนจะต้องทำการประเมินผลก่อนในขั้นตอนการเตรียมทรัพยากร เนื่องจากหากผลจำลองที่ได้ไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับทฤษฎี ก็ควรออกแบบและปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้ผลจำลองมีความถูกต้องแม่นยำและน่าเชื่อถือจนสามารถนำไปอธิบายวิเคราะห์ และสรุปผลได้ตามหลักวิชาการ อีกทั้งควรคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและทดลองด้วย เนื่องจากการทดลองบางเรื่องอาจใช้เวลาในการจำลองผลด้วยโปรแกรมมากกว่าการทำปฏิบัติจริงในห้องทดลอง ดังนั้นผู้สอนจะต้องประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองผลทุกการทดลองเพื่อสามารถนำไปกำหนดแผนการเรียนในแต่ละสัปดาห์ได้อย่างเหมาะสม

ข้อจำกัดสำหรับการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการด้วยโปรแกรมจำลอง คือปัญหาด้านผู้เรียนที่ไม่มีโน้ตบุ๊ก (Notebook) หรือคอมพิวเตอร์ส่วนตัว (PC) เพราะจะไม่สามารถใช้โปรแกรมจำลองได้เลยไม่ว่าจะวิธีไหนก็ตาม หรือปัญหาด้านการบริการอินเทอร์เน็ตของผู้เรียนเองที่อาจมีความเร็วไม่มากและไม่ค่อยมีเสถียรภาพ แต่อย่างไรก็ตาม ผลสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างนี้พบว่า ผู้เรียนที่มีปัญหาเรื่องนี้มีจำนวนน้อยมาก ซึ่งอาจแก้ปัญหาด้วยการให้สังเกตการณ์และฟังบรรยายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนไปพร้อมกัน

4.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการสอนแบบออนไลน์

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการสอนออนไลน์ในบทนี้จะเป็นการใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ช่วยจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานจำเพาะที่สำคัญของมอเตอร์ชนิดนี้ โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดลองคือ

1. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสได้
2. เพื่อให้ นักศึกษาสามารถต่อวงจรกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสได้
3. เพื่อให้ นักศึกษารู้จักวิธีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง
4. เพื่อให้ นักศึกษาเข้าใจวิธีการหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสได้

เริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่างๆ ที่มีการใช้ในห้องปฏิบัติการดังภาพที่ 4 ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยในการทดลองจริงจะต่อแกนหมุนของมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) ร่วมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำเพื่อทำหน้าที่เป็นภาระ ซึ่งจะใช้ชุดควบคุมในการปรับขนาดแรงบิดโดยมีส่วนการแสดงผลค่าแรงบิดและความเร็วรอบบนหน้าจอ สำหรับค่ากำลังงานและกระแสที่มอเตอร์เหนี่ยวนำใช้ในการทำงานจะถูกวัดปริมาณด้วยมัลติมิเตอร์ (Multimeter) เพียงเฟสเดียว เพื่อนำผลการวัดทั้งหมดไปใช้ศึกษาคุณลักษณะการทำงาน



แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส

วัตต์มิเตอร์

ชุดคาปาซิเตอร์

ชุดควบคุมมอเตอร์เซอร์โว

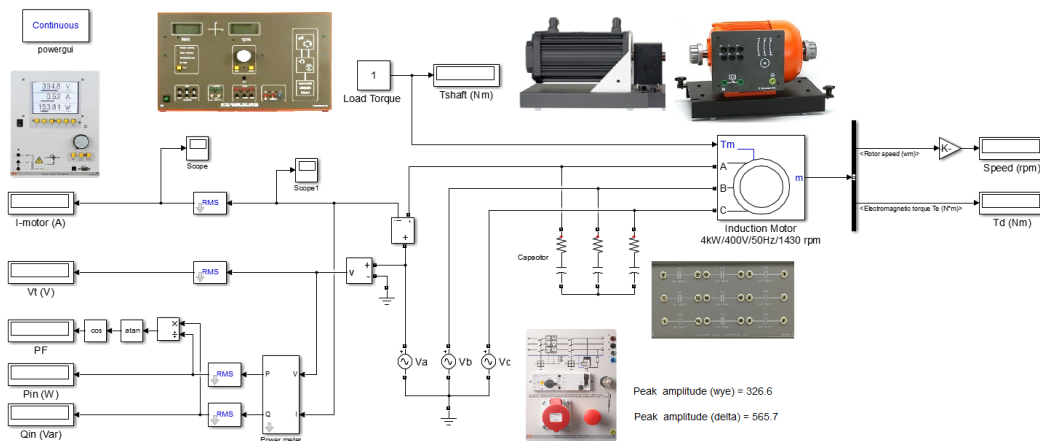
มอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ภาพที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

ตารางที่ 4 หน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

อุปกรณ์	หน้าที่
1. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	ศึกษาคุณลักษณะการทำงาน
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส	จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ
3. วัตต์มิเตอร์ 1 เฟส	วัดค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์
4. ชุดคาปาซิเตอร์	ปรับค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์เหนี่ยวนำ
5. มอเตอร์เซอร์โว	ใช้เป็นภาระ (Load) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ
6. ชุดควบคุมมอเตอร์เซอร์โว	ควบคุมแรงบิดของมอเตอร์เซอร์โว



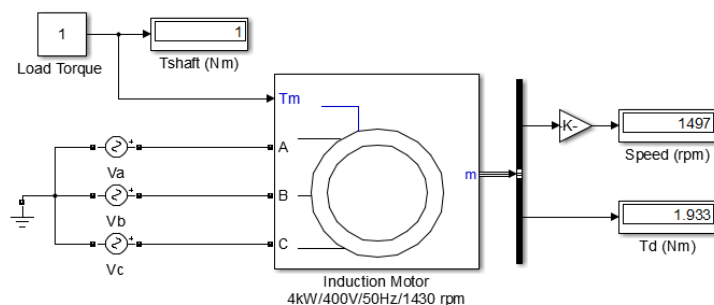
ภาพที่ 5 แบบจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

แบบจำลองมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ถูกนำมาจากคลังข้อมูลซึ่งโปรแกรม MATLAB/Simulink จัดเตรียมไว้แล้ว โดยเลือกใช้เป็นประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบกรงกระรอก พิกัดขนาด 4 kW, 400 V, 50 Hz, 1430 rpm ซึ่งมีส่วนการแสดงผลค่าแรงบิดและความเร็วรอบในตัว สำหรับการวัดปริมาณทางไฟฟ้าขณะมอเตอร์ทำงาน ถูกออกแบบให้มีการวัดค่าแรงดันกระแส กำลังงานและค่าตัวประกอบกำลัง โดยได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 3 เฟส แบบสมดุล ดังภาพที่ 5

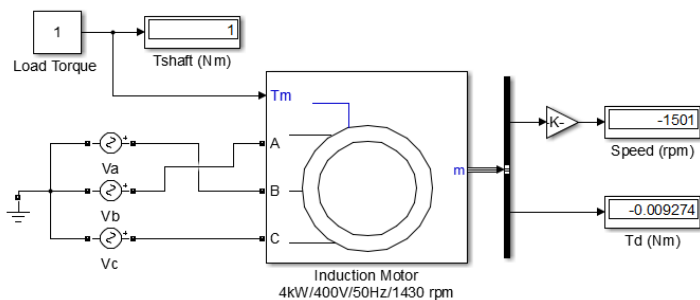
ลักษณะรูปแบบการสอนจะใช้วิธีการจำลองผลให้ดูโดยผู้สอน และหรือทำร่วมกันกับผู้เรียนที่มีความพร้อมด้านเครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม ลำดับและเรื่องที่จำลองจะอ้างอิงตามเอกสารใบงานการทดลองเป็นหลักซึ่งอาจจะมีการปรับแบบจำลองบ้างในบางกรณี เพื่อให้สอดคล้องตามเนื้อหาการเรียนรู้ โดยประเด็นการศึกษาคุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สำคัญตามเอกสารใบงานประกอบด้วย การกลับทางหมุน การหาค่ากระแสสตาร์ท การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง คุณลักษณะในการจ่ายภาระ การหาประสิทธิภาพ รวมถึงการหาความสัมพันธ์ของแรงบิดและความเร็วรอบ ซึ่งมีผลการจำลองตามลำดับดังนี้

1. การกลับทางหมุน

ในทางปฏิบัติการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถทำได้ด้วยการสลับคู่เฟสของแหล่งจ่าย 3 เฟสเพียง 1 คู่ เพื่อเป็นการกลับทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็ก โดยการจำลองผลในเรื่องนี้จะเริ่มให้มอเตอร์ได้รับแรงดันจากแหล่งจ่ายเรียงเป็นลำดับปกติ (V_a, V_b, V_c) ซึ่งมอเตอร์จะมีทิศการหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังภาพที่ 6(ก) สำหรับการกลับทางหมุนจะให้มอเตอร์ได้รับแรงดันสลับคู่เฟสกันของ V_a และ V_b ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยจะแสดงค่าความเร็วรอบเป็นตัวเลขที่ติดเครื่องหมายลบ ดังภาพที่ 6(ข)



(ก) การหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำในทิศตามเข็มนาฬิกา

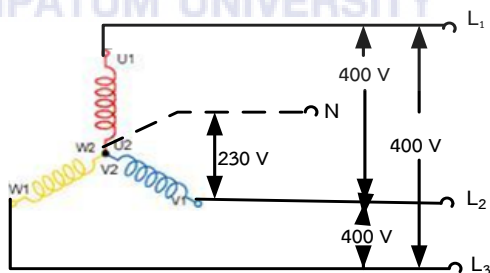


(ข) การหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำในทิศทวนเข็มนาฬิกา

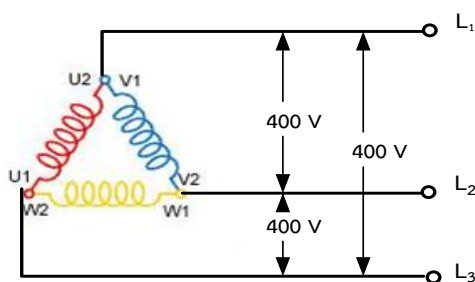
ภาพที่ 6 การจำลองกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส

2. การสตาร์ทมอเตอร์

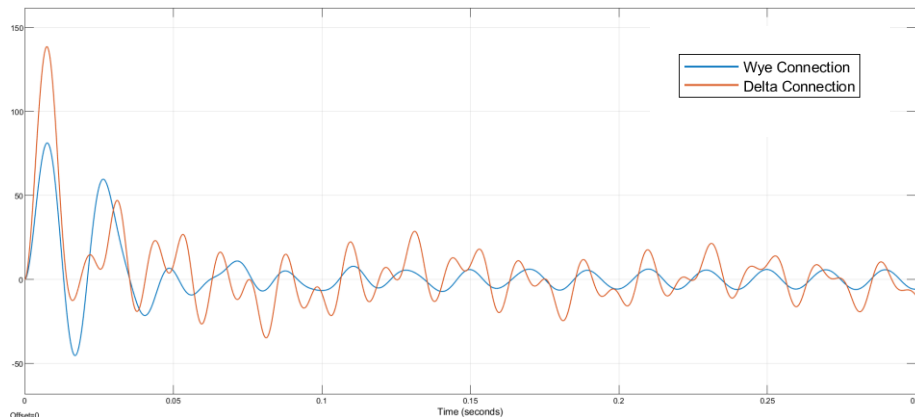
โดยทั่วไปการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส จะมีการต่อวงจรอยู่ 2 แบบ คือ การต่อแบบสตาร์หรือวายน์ (Wye) และแบบเดลต้า (Delta) ตามภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งผลจำลองค่ากระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ (Starting) และขณะทำงาน (Running) เมื่อมอเตอร์จ่ายภาระขนาด 1 Nm โดยเปรียบเทียบจากลักษณะการต่อขดลวดที่ต่างกันระหว่างการต่อแบบวายน์และการต่อแบบเดลต้า แสดงเป็นค่าขนาดอาร์เอ็มเอส (RMS) ดังตารางที่ 5 และรูปคลื่นกระแสดังภาพที่ 9 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าการต่อขดลวดแบบเดลต้าส่งผลให้ทั้งค่ากระแสสตาร์ทและกระแสทำงานสูงกว่าการต่อแบบวายน์



ภาพที่ 7 การต่อขดลวดแบบวายน์



ภาพที่ 8 การต่อขดลวดแบบเดลต้า



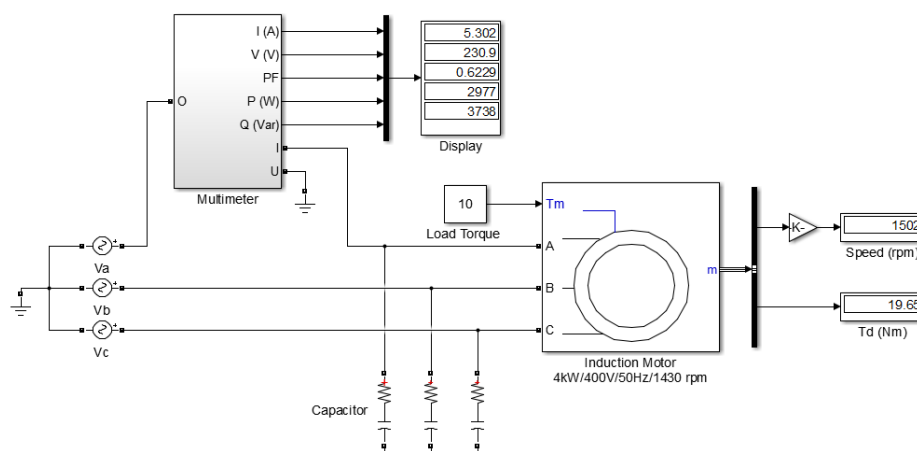
ภาพที่ 9 เปรียบเทียบกระแสมอเตอร์ขณะสตาร์ทระหว่างการต่อแบบวายน์และเดลต้า

ตารางที่ 5 ค่ากระแสมอเตอร์ขณะสตาร์ทและขณะทำงาน

การต่อขดลวด	แรงดัน (V)	กระแสสตาร์ท (A)	กระแสทำงาน (A)
Wye	400	47.87	4.15
Delta	400	74.05	7.48

3. การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำอาจมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ โดยเฉพาะกรณีจ่ายภาระต่ำกว่าปกติมากๆ ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการต่อชุดคาปาซิเตอร์ขนานเข้ากับมอเตอร์ตามภาพที่ 10 เพื่อให้มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้านี้แอกทีฟ (Reactive Power) จากคาปาซิเตอร์ในการทำงาน ผลจำลองการใช้คาปาซิเตอร์ที่มีขนาดความจุ (Capacitance) ต่างกันแสดงไว้ในตารางที่ 6



ภาพที่ 10 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสด้วยชุดคาปาซิเตอร์

ตารางที่ 6 ผลการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังตามขนาดความจุของคาปาซิเตอร์ต่างๆ

Parameters	No Cap	C = 10 μ F	C = 20 μ F	C = 30 μ F
T (Nm)	10	10	10	10
n (rpm)	1476	1476	1476	1476
I (A)	5.023	4.210	3.653	3.166
P.F.	0.522	0.597	0.688	0.794
P (W)	578.2	580.3	580.3	580.3
Q (Var)	945.8	780.1	612.5	445.0

ผลการปรับปรุงตัวประกอบกำลังในตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำหนดให้มอเตอร์จ่ายภาระคงที่ขนาด 10 Nm ค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ (P.F.) จะสูงขึ้นตามขนาดความจุของคาปาซิเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (Q) จากระบบที่น้อยลง ส่งผลให้การใช้กระแสของมอเตอร์ (I) ลดลงด้วย ในขณะที่การใช้กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (P) และความเร็วยรอบของมอเตอร์มีค่าคงที่ ทั้งนี้ผลการจำลองที่ได้ทั้งหมดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

4. การทำงานของมอเตอร์เมื่อจ่ายภาระ

คุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์ซึ่งต่อขดลวดแบบวายน์ เมื่อมีการจ่ายภาระที่มีขนาดแรงบิด (T) ต่างกันตามตารางที่ 7 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์หลายตัวที่สำคัญ อาทิ เมื่อภาระมีขนาดมากขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลง ในขณะที่มอเตอร์จะกินกระแส (I) และกำลังงานแอกทีฟ (P_{in}) เพิ่มมากขึ้น รวมถึงค่าตัวประกอบกำลัง (P.F.) ในการทำงานก็จะสูงขึ้นตามด้วย

ตารางที่ 7 คุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อจ่ายภาระขนาดต่างๆ

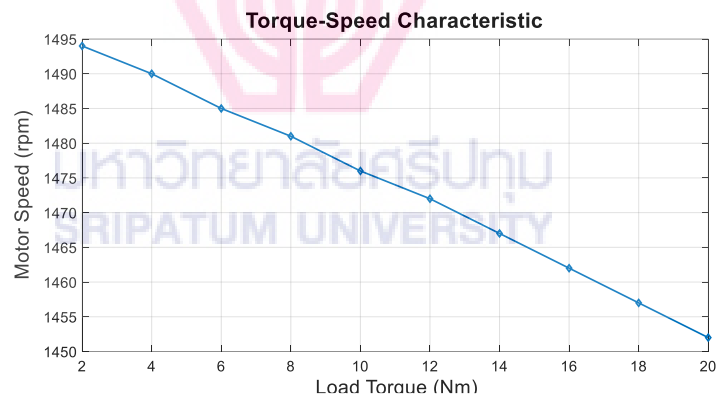
T (Nm)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
n (rpm)	1494	1490	1485	1481	1476	1472	1467	1462	1457	1452
I (A)	4.29	4.36	4.51	4.59	4.84	5.46	5.90	6.12	6.38	6.93
P.F.	0.183	0.280	0.368	0.443	0.506	0.596	0.651	0.693	0.732	0.758
P_{in} (W)	529	826.4	1121	1404	1668	2047	2401	2779	3141	3476
P_{out} (W)	313	624.1	933.4	1241	1546	1849	2150	2449	2746	3032
η (%)	59.17	75.52	83.26	88.38	92.68	90.35	89.56	88.14	87.43	87.21

ค่ากำลังงานด้านเอาต์พุต (P_{out}) และค่าประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ (η) ในตารางที่ 7 ขณะจ่ายภาระขนาดต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ โดยสามารถแสดงให้เห็น กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดกับปริมาณต่างๆ ดังภาพที่ 11 ถึงภาพที่ 15 ประกอบด้วย แรงบิด-ความเร็วรอบ (ภาพที่ 11) แรงบิด-กำลังงาน (ภาพที่ 12) แรงบิด-กระแส (ภาพที่ 13) แรงบิด-ตัวประกอบกำลัง (ภาพที่ 14) และแรงบิด-ประสิทธิภาพ (ภาพที่ 15) ตามลำดับ

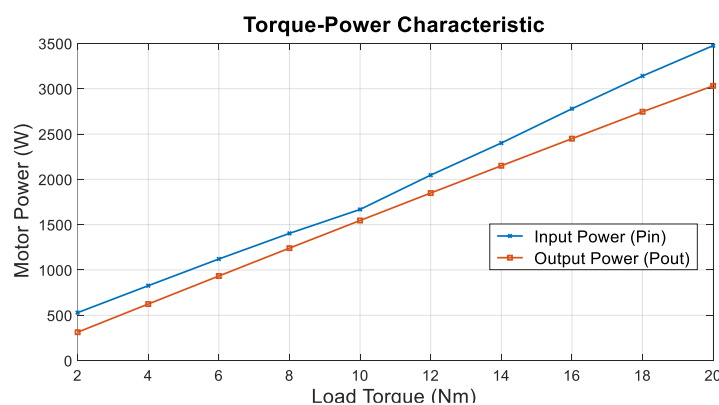
$$P_{out} = \frac{T \times n}{9.55} \quad (1)$$

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

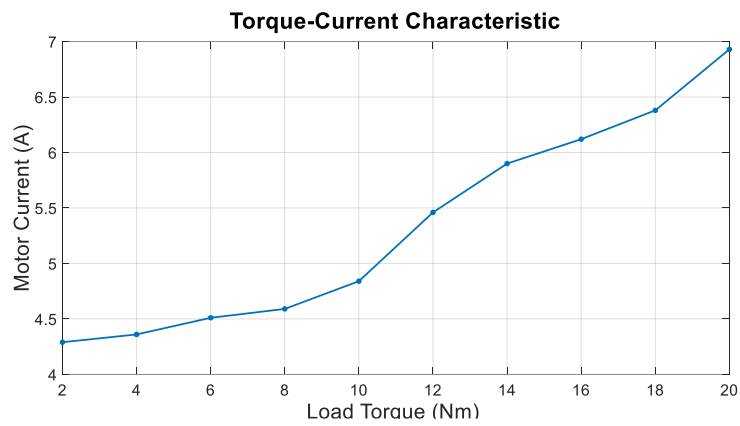
โดยที่ T คือขนาดแรงบิดของภาระ (Nm)
 n คือความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)
 P_{in} คือกำลังงานอินพุตของมอเตอร์ (W)



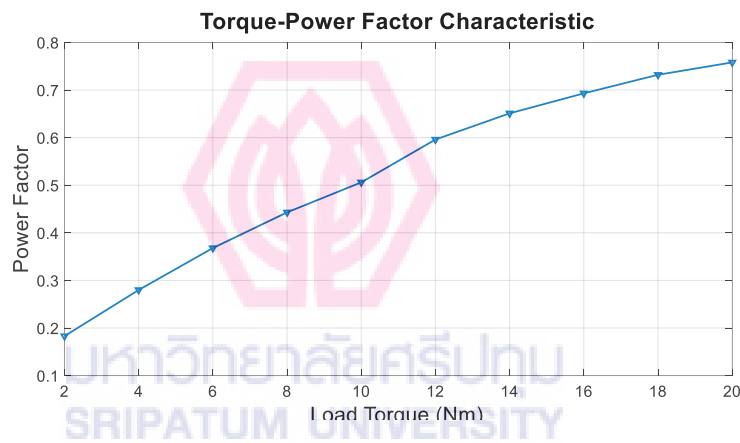
ภาพที่ 11 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและความเร็วรอบ



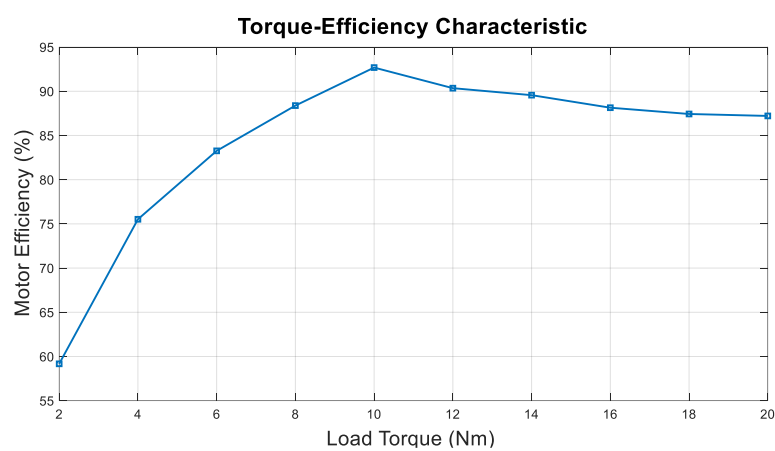
ภาพที่ 12 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและกำลังงาน



ภาพที่ 13 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและกระแส



ภาพที่ 14 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและตัวประกอบกำลัง



ภาพที่ 15 คุณลักษณะระหว่างค่าแรงบิดและประสิทธิภาพ

ข้อสังเกตจากผลจำลองในภาพที่ 12 แสดงให้เห็นถึงการใช้กำลังงาน (P_{out}) ที่มากขึ้นตามการจ่ายภาระจนเกือบถึงค่าพิกัดของมอเตอร์ ในขณะที่ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าสูงขึ้นตามขนาดของภาระจนถึงค่าหนึ่ง (10 Nm) หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นคุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สามารถพบได้โดยทั่วไปในการทำงานจริง

จากการทดลองใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการสอนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของโปรแกรม โดยสามารถออกแบบการจำลองเพื่อศึกษาคุณลักษณะการทำงานของมอเตอร์ได้ครอบคลุมตามขอบเขตการเรียนรู้ของวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ซึ่งยังคงได้ผลตอบที่มีความถูกต้องสอดคล้องตามหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ นอกจากนี้การใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการสอนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ ยังสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและมีความสนใจต่อการเรียนมากขึ้นเมื่อเทียบกับการฟังบรรยายอย่างเดียว อีกทั้งยังสร้างแรงกระตุ้นในผู้เรียนมีความกระตือรือร้นจากบรรยากาศการเรียนที่เปลี่ยนไป และอาจกล่าวได้ว่าเราสามารถนำโปรแกรม MATLAB/Simulink เข้ามาช่วยจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อใช้สอนในวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ไม่สามารถสอนในห้องปฏิบัติการได้ โดยเฉพาะเมื่อจำเป็นต้องมีการปรับรูปแบบเป็นการสอนออนไลน์ ซึ่งถึงแม้ผู้เรียนจะไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริงแต่ก็ยังคงมีทักษะในการใช้โปรแกรมช่วยจำลอง รวมถึงมีความเข้าใจคุณลักษณะสมบัติในการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการออกแบบการเรียนการสอนออนไลน์รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางออกแบบการเรียนการสอน รวมถึงสำรวจและศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษา สำหรับการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า (EEG342) ปีการศึกษา 2/63 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างจำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าและแบบสอบถามความคิดเห็น การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีสถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

สรุปผลการวิจัย

1. ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมจำลอง

ผลการตอบแบบสอบถามทั้งหมด แสดงให้เห็นว่านักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าการใช้โปรแกรมจำลองมีส่วนช่วยกระตุ้นในการเรียนแบบออนไลน์ และช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น โดยกล่าวว่า การใช้โปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอนสามารถอธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน รวมถึงสามารถนำไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี และเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนของวิชาปฏิบัติอื่น พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นว่าการใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์ดีกว่าวิชาปฏิบัติอื่นที่ไม่มีโปรแกรมจำลอง ที่สำคัญยังสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง และคิดว่าสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสำหรับการทำงานจริงได้ในอนาคต รวมทั้งการใช้โปรแกรมจำลองมีส่วนช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนแบบออนไลน์ที่น่าสนใจได้ โดยยังคงมีความสุขและความพอใจในการเรียน

2. แนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการ

ข้อเสนอแนะทั้งหมดที่ได้จากแบบสอบถาม สามารถนำมาพิจารณาแนวทางการจัดการเรียนการสอนได้โดยหากมีความจำเป็นในการสอนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ได้ดังนี้

1) การใช้โปรแกรมจำลองและคลิปบันทึกวิดีโอการสอน

ผู้สอนอาจพิจารณาความเหมาะสมหรือความเป็นไปได้ในการใช้โปรแกรมจำลองช่วยสอน เนื่องจากนักศึกษาส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่า การใช้โปรแกรมจำลองสามารถช่วยทำให้เกิดความเข้าใจคุณลักษณะการทำงานของระบบที่ต้องการศึกษาได้มากขึ้น ร่วมกับการให้ดูบันทึกคลิปวิดีโอการทดลองเพื่อให้นักศึกษาได้เห็นภาพอุปกรณ์จริงรวมถึงขั้นตอนการทดลองตามวัตถุประสงค์ในเรื่องต่างๆ อีกทั้งนักศึกษายังสามารถกลับไปดูทบทวนได้ ปัญหาของวิธีการนี้คือโปรแกรมจำลองอาจมีข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ได้ครอบคลุมทุกประเด็นของการทดลอง หรืออาจใช้ไม่ได้เลยสำหรับบางวิชาปฏิบัติการที่มีลักษณะเนื้อหาการเรียนรู้เฉพาะทาง ดังนั้นการบันทึกคลิปวิดีโอแสดงวิธีการทดลองจึงมีส่วนสำคัญและเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งจะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาได้

2) การเรียนการสอนแบบผสมผสาน

วิธีการนี้จะใช้ได้ใ้กรณีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ดีขึ้นในบางช่วงเวลา จนทำให้สามารถกลับเข้ามาเรียนในห้องเรียนได้ โดยในช่วงการเรียนแบบออนไลน์อาจใช้โปรแกรมจำลองหรือการดูบันทึกวิดีโอการทดลองเพื่อเตรียมความพร้อมและทำความเข้าใจเบื้องต้น หลังจากที่สามารถดำเนินการสอนได้ในชั้นเรียนอาจปรับแผนให้มีการสอนชดเชยเพื่อให้การสอนยังคงครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด หรืออาจเลือกสอนเฉพาะเรื่องที่จำเป็นและสำคัญที่สุดทั้งนี้ขึ้นกับความเหมาะสมตามระยะเวลาที่สามารถสอนได้ เนื่องจากตามผลสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาส่วนใหญ่พบว่าปัญหาที่นักศึกษาพุดตรงกันก็คือการเรียนออนไลน์อย่างเดียวนั้น ทำให้ไม่มีทักษะจากการใช้อุปกรณ์จริงจนขาดความเชื่อมั่นว่าจะสามารถนำไปแก้ปัญหาได้สำหรับการทำงานในอนาคต

3) การขยายระยะเวลาการเรียนการสอน

วัตถุประสงค์หลักหนึ่งในการเรียนรู้ของทุกวิชาปฏิบัติการนั้น คือการให้นักศึกษามีทักษะความรู้ความเข้าใจเชิงปฏิบัติที่ได้จากการทดลองของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดจริง ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบกับวิชาปฏิบัติการโดยปราศจากการเรียนรู้จริงในห้องเรียน โดยไม่ว่าจะใช้วิธีการหรือเทคนิคอะไรก็ตามอาจไม่เหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถทำให้สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้เต็มที่ ดังนั้นหากมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการสอนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์ในช่วงสถานการณ์วิกฤติที่กินเวลายาวนาน ควรพิจารณาให้มีแผนสำรองเวลาสำหรับ

การสอนในห้องเรียนจริงได้อย่างน้อยครั้งหนึ่งของเนื้อหาการเรียนรู้ โดยทันทีที่สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิดอาจมีการขยายระยะเวลาเรียนออกไปถึงแม้จะหมดภาคการศึกษาแล้วก็ตาม เพื่อให้ นักศึกษาได้มีโอกาสทดลองกับอุปกรณ์จริงบ้าง หรืออาจปรับแผนยกไปสอนในภาคการศึกษาฤดูร้อน ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งการทำแบบนี้ได้นั้นทั้งภาควิชาและคณะจะต้องมีการออกแบบรวมถึงมีการวางแผนเพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการสอนกลุ่มวิชาปฏิบัติให้เหมือนหรือสอดคล้องกัน ทั้งหมด

3. การนำวิธีการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการด้วยโปรแกรมจำลองไปใช้งาน

แนวทางการออกแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์และการนำไปใช้งาน สำหรับรายวิชา ปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ศึกษาความสามารถรวมถึงข้อจำกัดของโปรแกรมในการนำมาสร้างระบบจำลองตามขอบเขตเนื้อหาการเรียนการสอน
- 2) ใช้วิธีการรีโมทคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนเข้าสู่ระบบห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เพื่อใช้งานโปรแกรม หรืออาจใช้โปรแกรมด้านวิศวกรรมอื่นบนเว็บไซต์ที่มีการให้บริการฟรี
- 3) จัดเตรียมทรัพยากรด้านแบบจำลอง รวมถึงตรวจสอบประเมินผลความถูกต้องและระยะเวลาที่ใช้สำหรับการจำลองผล เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำผลจำลองจากโปรแกรมไปใช้วิเคราะห์ และสรุปผลตามเหตุผลทางวิศวกรรมได้
- 4) จัดเตรียมคลิปวิดีโอเพื่อแสดงให้เห็นอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ รวมถึงขั้นตอนและวิธีการทดลอง
- 5) จัดทำแผนการเรียนประจำสัปดาห์โดยคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองผลด้วยโปรแกรมอย่างเหมาะสม ซึ่งการสอนของทุกการทดลองควรทำควบคู่กันระหว่างการใช้โปรแกรมจำลองและการดูคลิปวิดีโอการทดลองจริง
- 6) ผู้สอนสามารถออกแบบเพื่อประเมินผลความรู้ผู้เรียนจากระบบจำลองแทนการสอบปฏิบัติจริงได้
- 7) การจัดการเรียนการสอนแบบนี้สามารถใช้ได้กับผู้เรียนที่มีความพร้อมด้านอุปกรณ์ อาทิ เครื่องคอมพิวเตอร์ และบริการอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีความพร้อมในการเรียนแบบออนไลน์ ไม่ว่าจะเป็นด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต รวมถึงการบริการด้านอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ยังมีความพอใจและมีความสุขในการเรียนเนื่องจากมีความสะดวกไม่ต้องเดินทางมามหาวิทยาลัย เป็นผลให้ไม่ต้องตื่นเช้าหรือไม่เจอปัญหาหารถติด อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายได้เนื่องจากส่วนใหญ่จะใช้สถานที่เรียนออนไลน์จากที่พักส่วนตัว จึงทำให้ไม่เกิดภาวะความเครียดด้วย อย่างไรก็ตาม ผลเสียที่เกิดขึ้นในประเด็นนี้ก็คือการขาดปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนๆ เนื่องจากไม่สามารถมาเจอกันได้และมหาวิทยาลัยก็ปิดด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเสถียร พูนผล (2563) เรื่องการศึกษาผลสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงโควิด-19 และงานวิจัยของวไลพรพรรณ อาจารย์วัฒนา (2563) เรื่องการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนาของนักศึกษาโครงการพิเศษ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต

สำหรับความคิดเห็นด้านการใช้โปรแกรมจำลองเข้ามาช่วยสอนในวิชาปฏิบัติการ นักศึกษาส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่าดีกว่าวิชาปฏิบัติการที่ใช้วิธีการเรียนการสอนโดยศึกษาจากบันทึกวิดีโอการสอนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากทำให้ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์เชิงจำลองรวมถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองที่นำไปใช้วิเคราะห์สรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี อีกทั้งนักศึกษาบางส่วนเห็นว่าสามารถเรียนรู้การใช้โปรแกรมจำลองด้วยตนเองได้เพื่อเพิ่มความเข้าใจด้วยการทดลองเชิงจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในเหตุการณ์ต่างๆ ด้วยตัวเอง ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์อย่างมากเปรียบเสมือนมีห้องทดลองเคลื่อนที่ที่สามารถจำลองผลได้ตลอดเวลาตามที่ต้องการ เช่นเดียวกับงานวิจัยของนราดล โชติวรรณพร (2553) ซึ่งได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการพื้นฐานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง โดยการสร้างชุดจำลองการทำงานทั้งหมดของระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งจำลองการทำงานมาจากระบบจริง และให้นักศึกษาควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังในสถานะต่างๆ ตามเงื่อนไขสำหรับการศึกษา โดยผลการประเมินการเรียนการสอนพบว่านักศึกษามีความเข้าใจมากขึ้น

ปัญหาสำคัญในการเรียนออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการก็คือนักศึกษาไม่มีโอกาสได้ทดลองกับเครื่องมืออุปกรณ์จริง ดังนั้นรูปแบบการเรียนที่เหมาะสมซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่ต้องการก็คือการได้เรียนในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เพราะนอกจากจะมีทักษะจากการเรียนเชิงทดลองจริงแล้วยังคงได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนๆ รวมถึงมีบรรยากาศการเรียนที่จะช่วยกระตุ้นทำให้เกิดความสนใจ และมีความตั้งใจในการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะไม่สามารถทำการทดลองได้ในห้องปฏิบัติการ แต่การใช้โปรแกรมช่วยจำลองผลยังคงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้คุณลักษณะการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าได้ครอบคลุมตามเนื้อหา อีกทั้งยังมีผลการจำลองที่ถูกต้องสอดคล้องตามหลักการทำงานเชิง

ทฤษฎี ทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น นอกจากนี้การฝึกใช้โปรแกรมจำลองยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานและการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันนิยมนำมาใช้เป็นเครื่องมือหลักสำหรับการศึกษาลักษณะที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์จำลองตามเงื่อนไขต่างๆ ดังนั้น ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนแบบออนไลน์ จึงมีทั้งผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ได้ สะท้อนให้เห็นมุมมองของนักศึกษาที่มีต่อสภาพการจัดการเรียนแบบออนไลน์ของวิชาปฏิบัติการซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียในประเด็นแตกต่างกันไป ทั้งนี้ผลความคิดเห็นทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้เรียนในสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ได้ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแนวทางใดนั้นก็ควรคำนึงถึงความเหมาะสมที่เป็นไปได้ทั้งด้านเวลา ด้านเครื่องมือประกอบการสอน ด้านสถานที่ รวมถึงความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียนด้วย

ทั้งนี้การนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนออนไลน์สำหรับวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมจำลองไปใช้นั้น ยังมีข้อจำกัดเรื่องโปรแกรมที่ยังไม่สามารถจำลองผลได้กับทุกการทดลองตามขอบเขตการเรียนรู้ ทำให้ยังคงต้องใช้วิธีการสอนแบบผสมผสานเพื่อความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา ดังนั้นการเลือกใช้โปรแกรมจำลองที่มีศักยภาพที่สูงขึ้นน่าจะเป็นทางออกที่ดีแต่อาจมีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ ข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือความไม่พร้อมด้านเครื่องคอมพิวเตอร์หรือบริการอินเทอร์เน็ตของผู้เรียน ซึ่งเป็นปัญหาเฉพาะบุคคลและอาจแก้ไขได้ยาก

อย่างไรก็ตาม หากสถานการณ์จำเป็นต้องจัดการสอนในรูปแบบออนไลน์เท่านั้น การแก้ปัญหาอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องใช้โปรแกรมช่วยจำลองผลในบางเรื่องเท่าที่จะสามารถทำได้ ร่วมกับการสอนเชิงบรรยายในเรื่องอื่นที่ไม่สามารถใช้โปรแกรมได้ โดยต้องจัดเตรียมเครื่องมือและสื่อการสอนที่ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและเกิดความเข้าใจมากที่สุด เช่น การนำเทคโนโลยีผสมผสานกับโลกแห่งความเป็นจริงเข้ามาช่วยจำลองสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการให้เสมือนจริง (Virtual Reality : VR) โดยผ่านการรับรู้จากการมองเห็น เสียงและสัมผัส ควบคู่กับการรวมสภาพแวดล้อมจริงเข้ากับวัตถุเสมือนในเวลาเดียวกัน (Augmented Reality : AR) โดยวัตถุเสมือนที่กล่าวถึงอาจเป็นภาพ วิดีโอ และเสียงของเครื่องจักรกลไฟฟ้าขณะทำงาน ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถตอบสนองกับสิ่งที่ถูกจำลองนั้นได้ แต่การจะทำเรื่องนี้ได้จำเป็นต้องใช้ความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญหลายด้าน รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง จึงควรมีการวางแผนอย่างรัดกุมเพื่อทำให้สื่อการสอนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ในอนาคตหากยังคงต้องเผชิญกับสถานการณ์ฉุกเฉินไม่ว่าจะมาจากสาเหตุใดก็ตาม จนทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ อาจพัฒนาเป็นงานวิจัยในรูปแบบของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ หรือการพัฒนาเป็นหลักสูตรออนไลน์สำหรับวิชาปฏิบัติการ โดยมีการออกแบบวิธีการสอน การเลือกใช้เครื่องมือ การวัดผลประเมินผล โดยเก็บข้อมูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินสอนได้จริงโดยยังคงมีประสิทธิผลด้านการเรียนรู้ของนักศึกษา



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

- กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2563). ประกาศมาตรการและการเฝ้าระวังการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 ฉบับที่ 3 : การปฏิบัติการของสถาบันอุดมศึกษาเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19.
- กษมา ศิริสมบุรณ์ และจารุต์ม์ คุณานพดล. (2553). การประเมินความพึงพอใจของการมีโครงการนย่อยในรายวิชาวิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8 (NCEE d-8).
- ชนินทร์ ตั้งพานทอง. (2560). *ปัจจัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออนไลน์เพื่อเสริมการเรียนการสอน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นราดล โชติวรรณพร และคณะ. (2553). การปรับปรุงรูปแบบการสอนสำหรับรายวิชาปฏิบัติการพื้นฐานวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8 (NCEE d-8).
- มัลลิกา อุณหวิวรรธน์ และคณะ. (2553). การติดตามพัฒนาการของนักศึกษาเพื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการเขียนโปรแกรม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8 (NCEE d-8).
- วไลพรรณ อาจารย์วัฒนา และคณะ. (2563). การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาของนักศึกษาโครงการพิเศษ หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. บทความวิชาการค้นคว้าอิสระ โครงการพิเศษหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วาสนา ณ.สุโหลง และคณะ. (2561). *สภาพการใช้ ความต้องการในการใช้และความพึงพอใจในการใช้งาน แพลตฟอร์มการการเรียนรู้ออนไลน์ระบบเปิดสำหรับมหาชน ในรายวิชาศึกษาทั่วไปของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย* (รายงานผลการวิจัย). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- วิชิต สุรัตน์เรืองชัย และคณะ. (2549). การศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา. *วารสารศึกษาศาสตร์* 17(2): 105-118.
- สิริพร อินทสนธิ์. (2563). โควิด-19 กับการเรียนการสอนออนไลน์ กรณีศึกษารายวิชาการเขียนโปรแกรมเว็บ. *วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์*, 22(2).

เสถียร พูนผล และคณะ. (2563). การสำรวจความคิดเห็นของนักศึกษาเภสัชศาสตร์ที่มีต่อการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงโควิด 19 เพื่อออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม. *หนังสือประมวลบทความในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 15 ประจำปี 2563 เรื่องการพัฒนาระบบและกลไกอุดมศึกษาไทยในยุคพลิกผัน* (หน้า 36-47). กรุงเทพฯ: สมาคมเครือข่ายการพัฒนาวิชาชีพอาจารย์และองค์กรระดับอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย (คพอท) และสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

อานัติ รัตนธิรกุล. (2553). *สร้างระบบ E-Learning ด้วย Moodle ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อัมพรศักดิ์ อังคทะวานิช และคณะ. (2553). การศึกษาวิธีการพัฒนาทักษะของนักศึกษาในด้านการใช้งานซอฟต์แวร์มัลติมีเดีย. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8 (NCEEd-8)*.



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก



แบบสอบถามสำหรับการวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

แบบสำรวจความคิดเห็นต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์
ด้วยการใช้โปรแกรมจำลอง

ความหมายของระดับคะแนนความคิดเห็น

- 1 หมายถึง น้อยที่สุด
- 2 หมายถึง น้อย
- 3 หมายถึง ปานกลาง
- 4 หมายถึง มาก
- 5 หมายถึง มากที่สุด

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

เพศ ชาย หญิง

ชั้นปีที่ 3 4 มากกว่า 4

นักศึกษาที่มีคอมพิวเตอร์ส่วนตัว มี ไม่มี

นักศึกษามีอุปกรณ์ที่สามารถใช้เรียนออนไลน์ได้ มี ไม่มี

นักศึกษาสามารถเรียนออนไลน์ได้สะดวกจากที่พัก ใช่ ไม่ใช่

(ไม่มีปัญหาด้านบริการอินเทอร์เน็ต)

ส่วนที่ 2 : การประเมินความคิดเห็น

หัวข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	1	2	3	4	5
1. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยกระตุ้นในการเรียนแบบออนไลน์					
2. การใช้โปรแกรมจำลองสามารถอธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน					
3. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามากขึ้น					
4. สามารถนำผลจากโปรแกรมจำลองไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ตามหลักทฤษฎี					
5. สามารถประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองในการทำงานจริงได้ในอนาคต					
6. การใช้โปรแกรมจำลองสามารถทดแทนการเรียนในห้องปฏิบัติการได้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน					
7. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์ดีกว่าวิชาปฏิบัติการอื่นที่ไม่มีโปรแกรมจำลอง					
8. การใช้โปรแกรมจำลองช่วยในการเรียนแบบออนไลน์สามารถสร้างบรรยากาศในการเรียนที่น่าสนใจได้					
9. การใช้โปรแกรมจำลองทำให้สามารถศึกษาด้วยตนเองได้					
10. การเรียนแบบออนไลน์ ทำให้มีความสุขและมีความพอใจ					

ส่วนที่ 3 : ปัญหาและอุปสรรคที่มีต่อการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

.....
.....
.....

ส่วนที่ 4 : ข้อเสนอแนะในการเรียนวิชาปฏิบัติการแบบออนไลน์

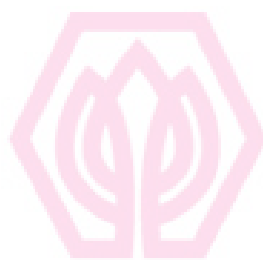
.....
.....
.....



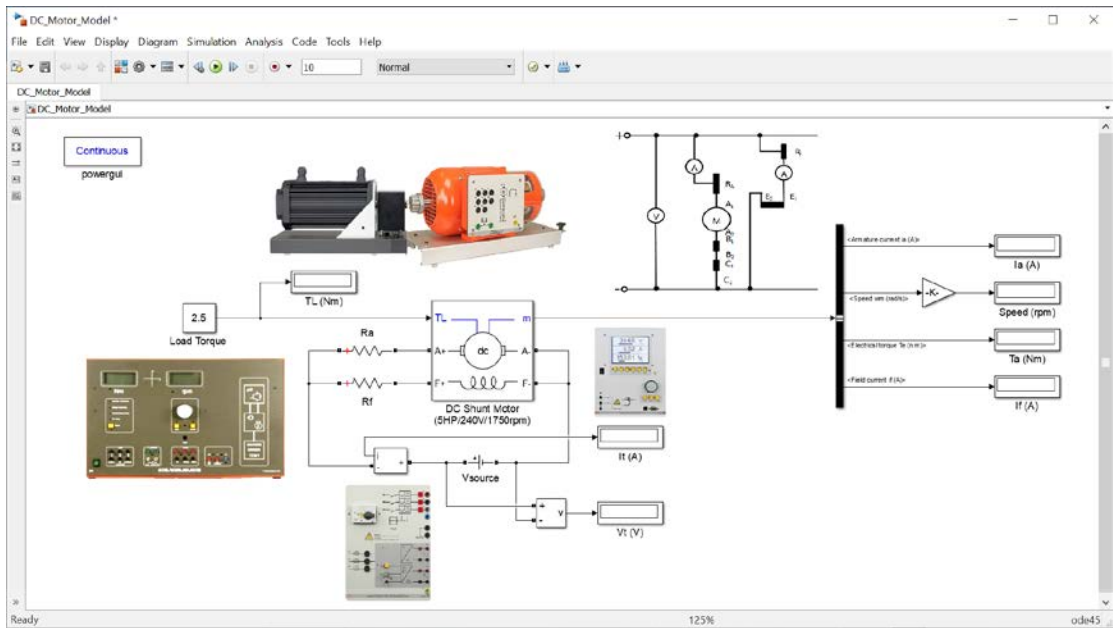
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

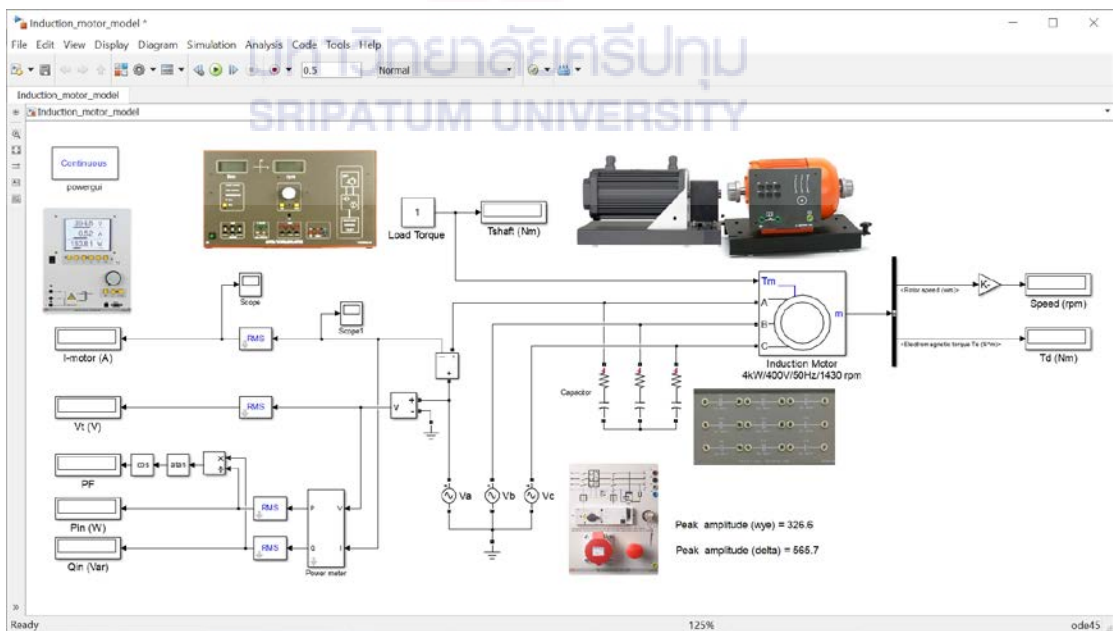
โปรแกรมจำลองการสอนออนไลน์สำหรับการวิจัย



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



ภาพที่ 16 โปรแกรมจำลองการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 17 โปรแกรมจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานของ
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

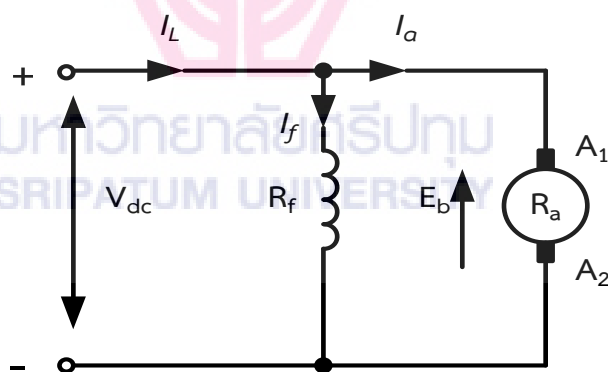
ปฏิบัติการทดลอง
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
(D.C Shunt Motor)

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อให้เกิดทักษะในการต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. เพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วได้
3. เพื่อให้เข้าใจวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
4. เพื่อให้เข้าใจวิธีการหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการเบื้องต้น

ในการทดลองจะกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานเท่านั้น ขณะที่เริ่มสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ค่าของกระแสจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าหารด้วยความต้านทาน



ภาพที่ 18 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้า

$$V_T = I_A \cdot R_A + E_b$$

$$I_A = \frac{V_T}{R_A} \quad ; \quad (E_b = 0 \text{ เนื่องจากมอเตอร์ยังไม่หมุน } \omega = 0)$$

เนื่องจาก R_A มีค่าต่ำ กระแสเริ่มสตาร์ทมอเตอร์จึงมีค่าสูงมาก ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อตัวมอเตอร์เอง เช่นเกิดการสปาร์คที่แปรงถ่านกับคอมมิวเตเตอร์ แรงบิดขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์สูงรวมทั้งอาจทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะได้ ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาความต้านทานมาต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์เพื่อที่จะลดค่าของกระแสขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์

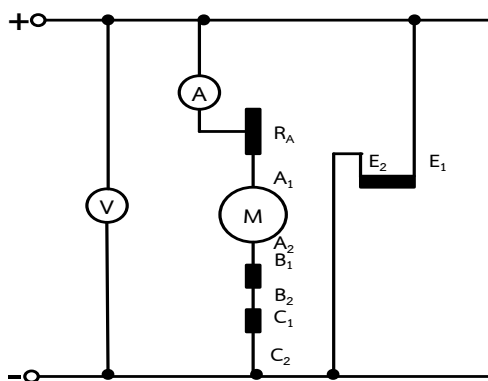
อุปกรณ์การทดลอง

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
2. Servo Machine and Control Unit
3. D.C. Power Supply 0 -240 V. / 10 A.
4. Starter (Ra)
5. Field Regulator Motor (Rf)
6. R.M.S. Multi Meter
7. สายประกอบวงจร



ภาพที่ 19 อุปกรณ์การทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

1. การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความต่างศักย์ (แรงดันไฟฟ้า) $n = f (V)$



ภาพที่ 20 วงจรการทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานโดยไม่ควบคุมกระแสฟิลด์

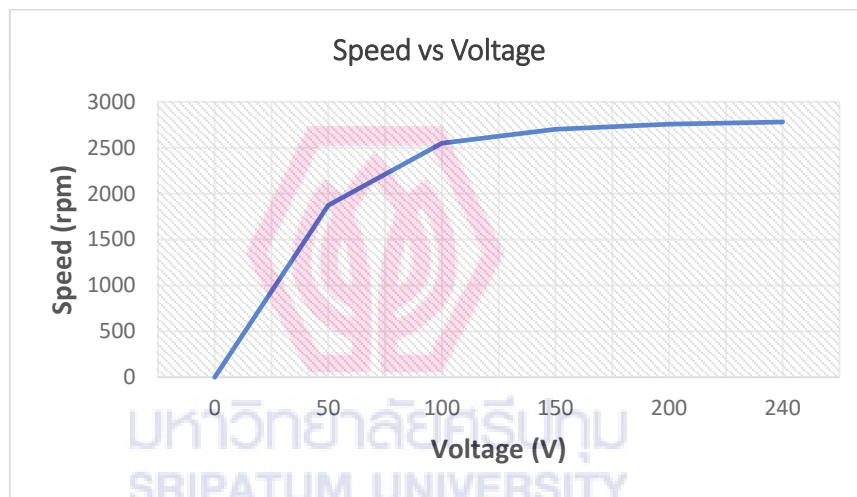
ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบางจรการทดลองตามภาพที่ 20
2. ทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยเริ่มจาก 0 จนถึง 240 โวลต์
3. บันทึกค่าของความเร็วรอบในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความต่างศักย์

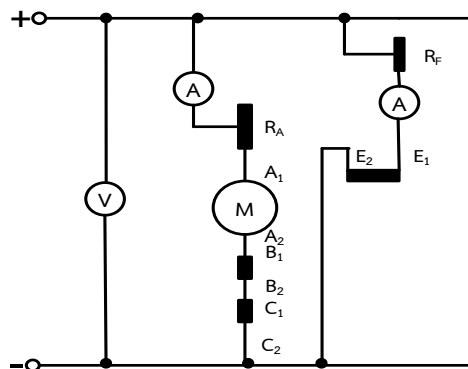
V	0	50	100	150	200	240
n (rpm)	0	1874	2549	2702	2758	2781

กราฟแสดงผลการทดลอง



ภาพที่ 21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบ

2. การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสในขดลวดสนาม $n = f(I_f)$



ภาพที่ 22 วงจรการทดลองมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานโดยควบคุมกระแสฟิลด์

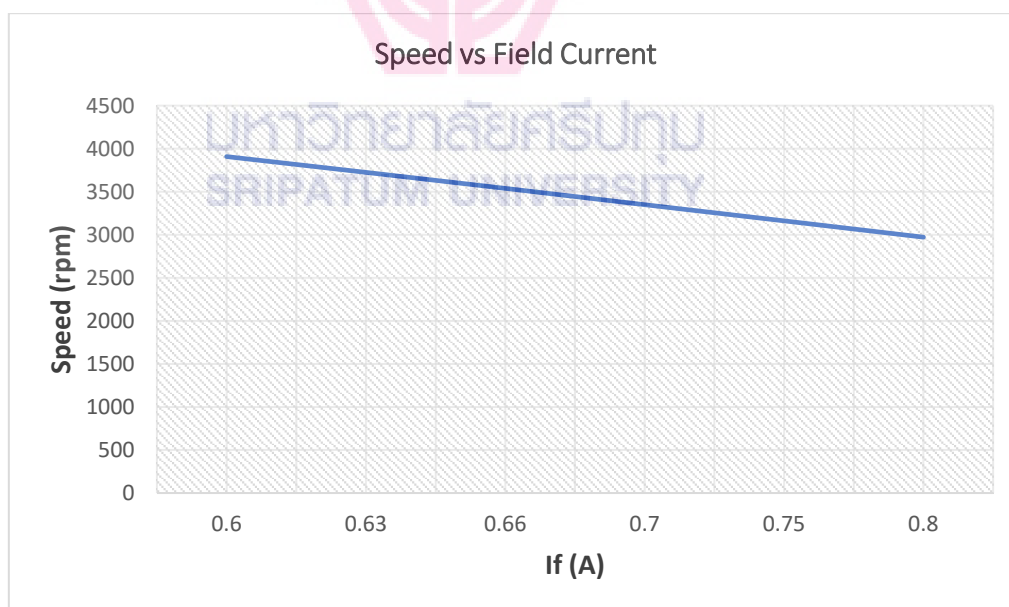
ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบางจรการทดลองตามรูปที่ 22
2. ทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรโดยเริ่มจาก 0 จนถึง 240 โวลต์
3. ปรับเพิ่มค่าของกระแสสนาม (I_f) โดยการปรับค่าความต้านทานที่ขดลวดสนาม (Field Regulator Motor ; R_f) ตามตารางที่ 9
4. บันทึกค่าของความเร็วรอบในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสในขดลวดฟิลด์ ($V_s = 240$)

R_f (ohm)	120	100	80	60	40	20
I_f (A)	0.60	0.63	0.66	0.70	0.75	0.80
n (rpm)	3908	3724	3538	3350	3162	2972

กราฟแสดงผลการทดลอง



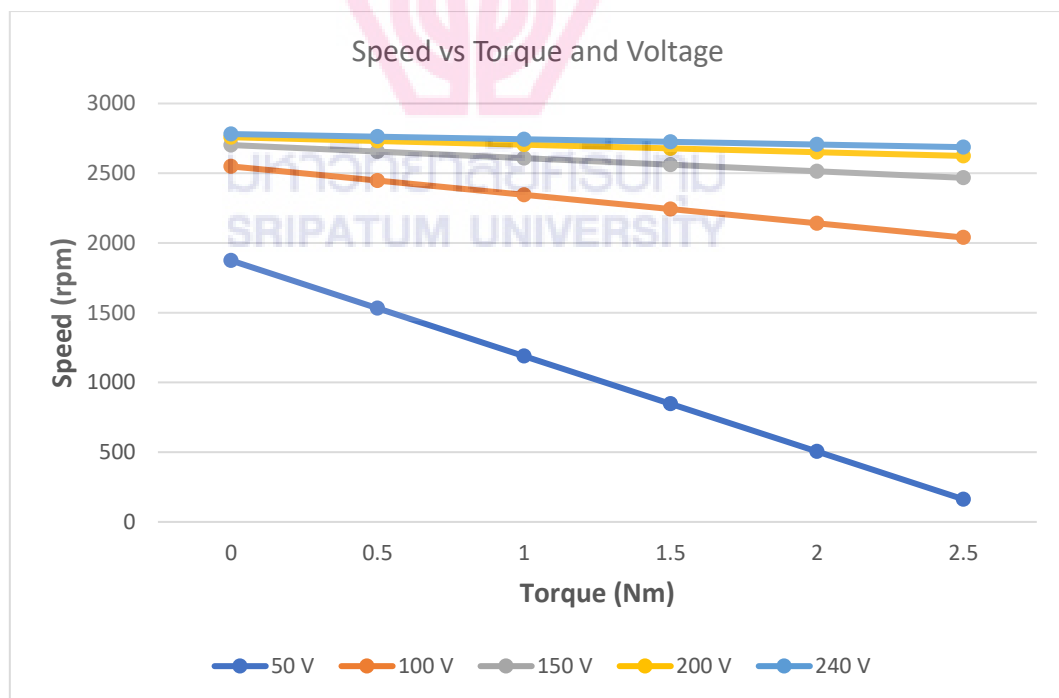
ภาพที่ 23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสฟิลด์กับความเร็วรอบ

3. การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด (Torque) เมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ (แรงดันไฟฟ้า) ของอาร์เมเจอร์ $n = f (T)$

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์

V	T(n-m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5
50	$n(\text{min})^{-1}$	1874	1532	1189	847	505	162
100	$n(\text{min})^{-1}$	2549	2447	2345	2243	2141	2039
150	$n(\text{min})^{-1}$	2702	2655	2608	2561	2514	2467
200	$n(\text{min})^{-1}$	2758	2731	2705	2678	2651	2624
240	$n(\text{min})^{-1}$	2781	2762	2743	2725	2706	2687

กราฟแสดงผลการทดลอง



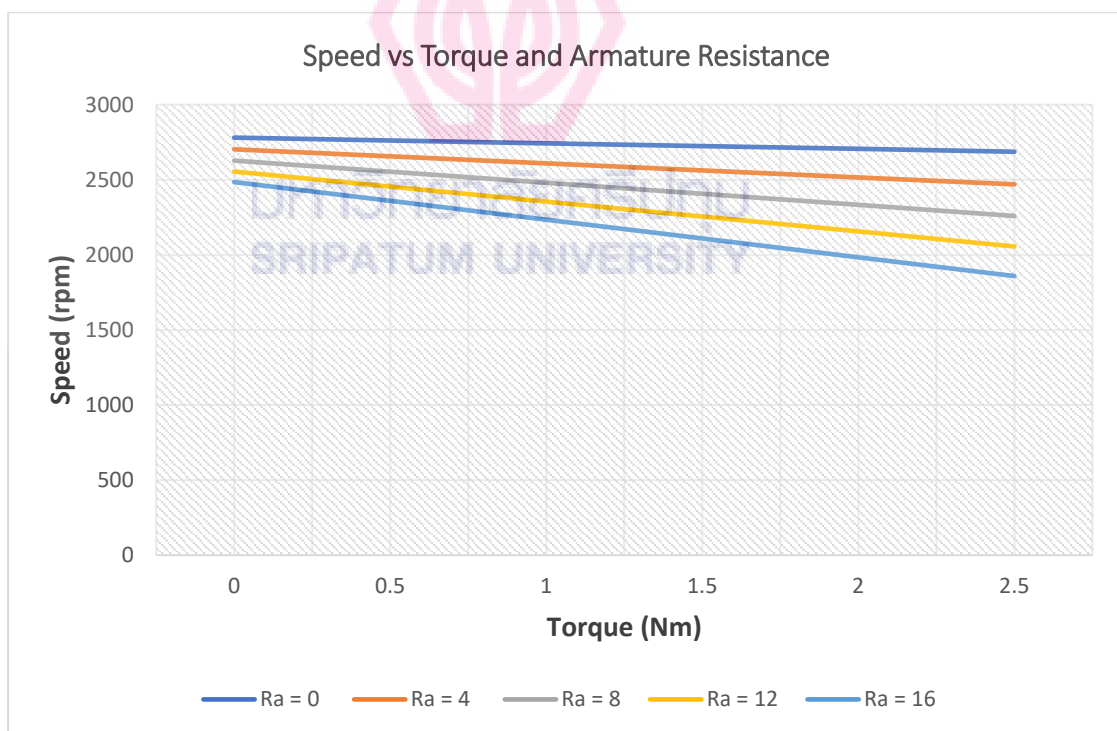
ภาพที่ 24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า

4. การทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด (Torque) เมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานที่อาร์เมเจอร์ $n = f (T)$

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน ($V_s = 240$)

$R(\Omega)$	$T(n-m)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5
0	$n(\text{min})^{-1}$	2781	2762	2743	2725	2706	2687
4	$n(\text{min})^{-1}$	2703	2656	2610	2563	2516	2470
8	$n(\text{min})^{-1}$	2628	2554	2480	2407	2333	2259
12	$n(\text{min})^{-1}$	2555	2455	2355	2256	2156	2056
16	$n(\text{min})^{-1}$	2485	2360	2234	2109	1984	1859

กราฟแสดงผลการทดลอง



ภาพที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิดเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน Ra

5. คุณสมบัติของมอเตอร์ขณะมีโหลด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ोजจรการทดลองตามรูป 10
2. เริ่มเดินมอเตอร์โดยปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่พิกัด (220 V)
3. ปรับค่าแรงบิดที่ตัวมอเตอร์เซอร์โวตามที่แสดงไว้ในตารางบันทึกผลการทดลอง
4. บันทึกค่ากระแสที่อาร์เมเจอร์ กระแสที่ขดลวดสนาม และความเร็วรอบในตารางบันทึกผลการทดลอง
5. คำนวณค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power input) ที่มอเตอร์ใช้ไป จากสมการ

$$P_{in} = V_A \times I_{tot} \quad \text{watts.}$$

$$I_{tot} = I_A + I_f \quad \text{amp.}$$

คำนวณหาค่ากำลังทางกล (Power output) ที่จ่ายออกมา จากสมการ

$$P_{out} = \frac{T \times n}{9.55} \quad \text{watts.}$$

คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ของมอเตอร์ได้จากสมการ

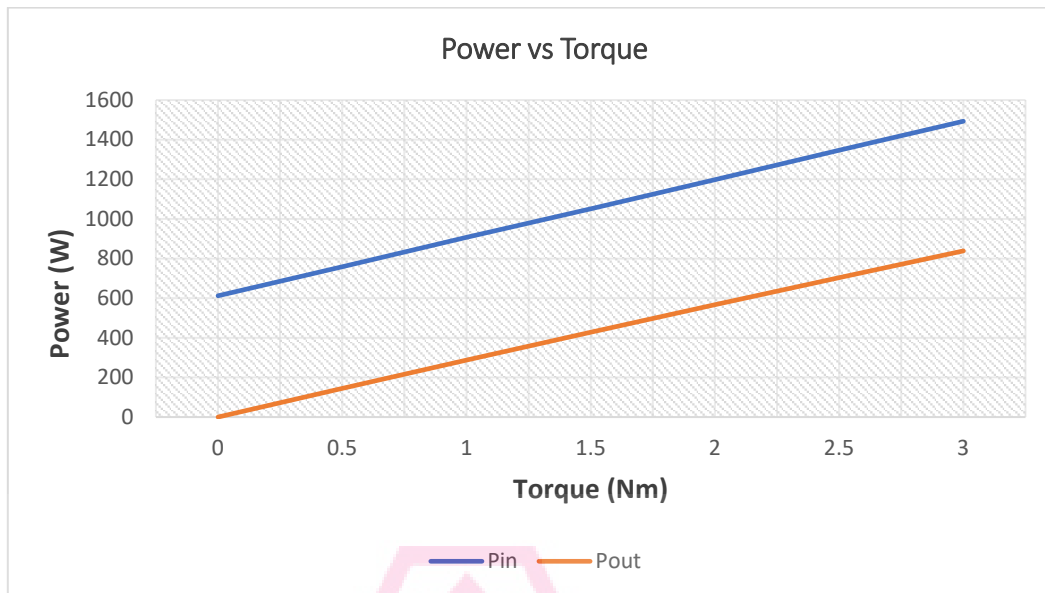
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

หมายเหตุ ไม่คิดค่าสูญเสีย (Losses) ต่างๆ ในมอเตอร์ไฟฟ้า

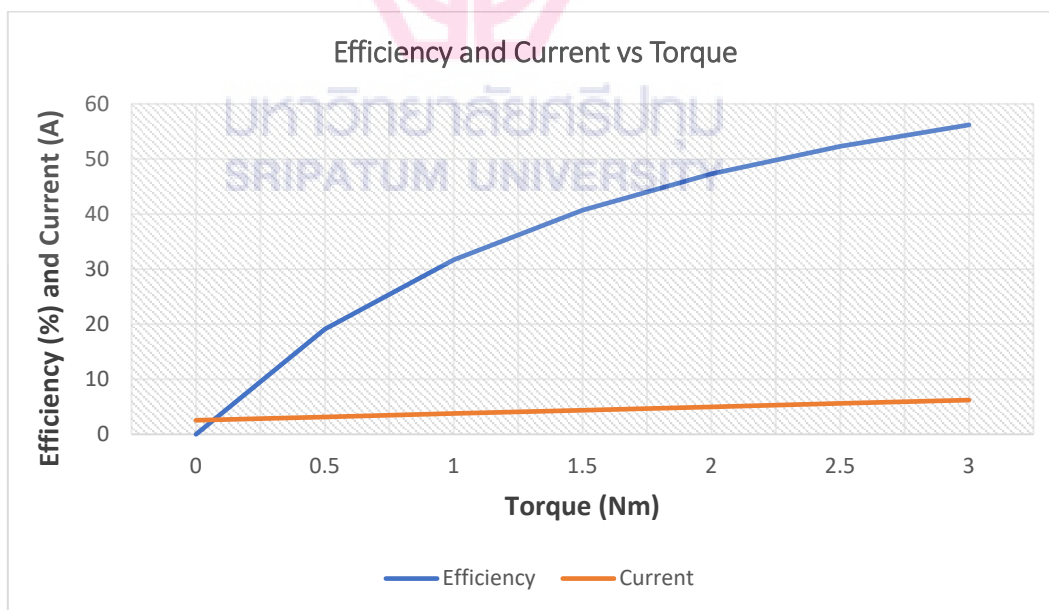
ตารางที่ 12 คุณสมบัติการทำงานมอเตอร์กระแสตรงขณะมีโหลด

V	240						
T (n-m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
$n(\text{min})^{-1}$	2781	2762	2743	2725	2706	2687	2669
I_A (A)	1.70	2.31	2.93	3.53	4.14	4.76	5.37
I_f (A)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
I_{tot} (A)	2.55	3.16	3.78	4.38	4.99	5.61	6.22
P_{in} (W)	612.0	758.4	907.2	1051.2	1197.6	1346.4	1492.8
P_{out} (W)	0	144.6	287.2	428.0	566.7	703.5	838.5
η (%)	0	19.1	31.7	40.7	47.3	52.3	56.2

กราฟแสดงผลการทดลอง



ภาพที่ 26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับการใช้กำลังงานของมอเตอร์กระแสตรง



ภาพที่ 27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับประสิทธิภาพและการใช้กระแสของมอเตอร์กระแสตรง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายวิชากร เสงศรีวัช
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 19/361 ถนนเสมาฟ้าคราม ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา ปทุมธานี 12130
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2538	วศ.บ. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
พ.ศ. 2541	วศ.ม. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2554	วศ.ด. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผลงานด้านการวิจัย	
● 2560	“การปรับปรุงโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบน้ำกลับลำตะคองในสถานะสูบน้ำกลับและผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของโรงไฟฟ้ากระจายศูนย์ที่ใช้พลังงานหมุนเวียน”
● 2559	“การประเมินผลการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟสที่สถานะทำงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม”
● 2557	“การพัฒนารูปแบบการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟสที่สถานะทำงานจริงสำหรับการวิเคราะห์มาตรการอนุรักษ์พลังงาน”
● 2556	“ผลกระทบจากบริเวณการติดตั้งของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่มีต่อชั้นท์คาปาซิเตอร์และคุณภาพไฟฟ้าของระบบจำหน่าย”