



การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาริตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

นายรุ่งโรจน์ อินจัน

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้า
เหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

โดย นายรุ่งโรจน์ อินจัน

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เย็นศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควี หะยะมิน)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ อัสวานวัตร)

ชื่อ : นายรุ่งโรจน์ อินจัน
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของ
 สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชา
 ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
 สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน
 ปีการศึกษา : 2567

หน้า ๑ จาก ๑

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส และเอกสารประกอบ คือ ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างไฟฟ้า สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบคลัสเตอร์จำนวน 20 คน

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตร สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่สร้างขึ้นเมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความเหมาะสมพบว่า มีค่าคะแนนประเมินเฉลี่ยที่ 4.68 อยู่ในระดับดีมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.07 และชุดสาธิตมีค่าประสิทธิภาพเมื่อนำผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าความแตกต่างทางสถิติ ($t\text{-test} = 9.12, sig < 0.05$) หมายความว่าผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มีประสิทธิภาพสูงสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนใน

รายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้เป็นอย่างดีและสามารถใช้เป็นสื่อการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะ
ด้านการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(มีจำนวนทั้งสิ้น 143 หน้า)

คำสำคัญ : การพัฒนาและหาประสิทธิภาพ, สนามแม่เหล็กหมุน

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก



Name : Mr. Rungrot Injeen

Independent Study Title : Development and Efficiency Evaluation of a
Demonstration Kit for the Operation of Rotating
Magnetic Fields in Three-Phase Induction Motors for
Vocational Certificate Students in Electrical Power
Program at Samut Songkhram Technical College

Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Pakkawee Hayamin

Academic Year : 2024

write contents

ABSTRACT

This independent study aimed to 1) develop a demonstration set illustrating the operation of the rotating magnetic field in a three-phase induction motor, 2) evaluate the effectiveness of the developed demonstration set, and 3) compare students' learning outcomes before and after instruction using the set. The instructional materials comprised knowledge sheets, practice exercises, achievement tests, and an evaluation form. Content validity was reviewed and approved by five experts in electrical engineering education. The study employed a one-group pretest-posttest design. Data were analyzed using a paired-sample t-test. The sample consisted of 20 second-year Electrical Engineering students at Samut Songkhram Technical College, enrolled in the Alternating Current Motor course (Course Code: 20104-2008) during the second semester of the 2024 academic year. They were selected through cluster sampling. The result revealed that the expert evaluation of the demonstration set yielded a mean score of 4.68 with a standard deviation of 1.07, indicating a very good level of quality. Notably, there was a statistically significant increase in post-test scores at the 0.05 level,

confirming the instructional efficacy of the demonstration set. Therefore, the findings indicate that the demonstration set can serve as an effective instructional tool for teaching the operation of three-phase induction motors.

(Total 143 Pages)

Keywords: Development and Efficiency Evaluation, Rotating Magnetic Fields

Advisor



กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากการอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของชุดสาธิต เอกสารประกอบชุดสาธิต ต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่จนการค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ชุนไชย, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาศิรา สนธิธรรม, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สถาพร สิทธิวงศ์, คุณสุรศักดิ์ สวัสดิ์รักษกุล ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบ และประเมินความเหมาะสมชุดสาธิต พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการพัฒนาชุดสาธิตฯ เอกสารที่เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาระดับปริญญาโท นักเรียน คณะครูแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง และคณะผู้บริหาร วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านการเรียน สนับสนุนสถานที่ เวลา ในการทำค้นคว้าอิสระ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู สั่งสอนสิ่งต่างๆ ให้ผู้วิจัยได้มา ประสบความสำเร็จ ณ ปัจจุบันนี้ อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณสถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 ที่สนับสนุนงบประมาณด้านการเรียนให้กับผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาในระดับปริญญาโท ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและนำไปพัฒนาต่อยอดอื่นๆ ขึ้นไป

รุ่งโรจน์ อินจัน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 วิธีการวิจัย	4
1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่ของการวิจัย	5
1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน	6
2.2 การออกแบบชุดการสอนและการสร้างสื่อการเรียนการสอนแบบชุดสาธิต	11
2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน	35
2.4 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพและวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ	35
2.5 การตีความหมายผลการคำนวณ	37
2.6 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ	38
2.7 พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	41

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	52
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	58
3.3 การสรุปผล	59
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	61
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดสาธิตโดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ	63
4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบก่อนและหลังทดลองของนักเรียน ที่ใช้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	65
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปการวิจัย	67
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	69
5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก.....	74
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	75
เอกสารขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาธิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ	76
ภาคผนวก ข	81
หลักสูตรรายวิชา	82
แบบประเมินหน่วยการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	84
แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้	85
แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	86
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน	87
แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดสาธิตการทำงานของ สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	96
ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิต	99

ผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน	100
ที่ใช้ชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	101
ภาคผนวก ค	102
ผลการประเมินหัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	103
รหัส 20104-2008 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567	
ผลการประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม	103
ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	104
ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิต	105
การทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	
ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุน	107
ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	
ผลการประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบ	108
ผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน	117
ผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ชุดสาธิต	117
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	118
ภาคผนวก ง	119
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	120
ใบปฏิบัติงานที่ 2 เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	127
ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส	135
ประวัติผู้เขียน.....	143

สารบัญตาราง

	หน้า
3-1 การวิเคราะห์หน่วยการสอนโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม	53
4-1 ตารางผลการประเมินความเหมาะสมเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิต การทำงานขอสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	63
4-2 ตารางแสดงผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาธิต การทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ในการเรียนการสอน	65
4-3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	66
ก-1 หัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567	84
ก-2 การประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม	85
ก-3 ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	86
ข-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของ สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	99
ข-5 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคำร้อยละของผู้เรียน ที่ผ่านการเรียนการสอนด้วยชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนใน มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	100
ข-6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	101
ค-1 ผลการประเมินหัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567	103
ค-2 ผลการประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม	103
ค-3 ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	104
ค-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาประสิทธิภาพ ของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	105
ค-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของ สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	107
ค-6 ผลการประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบ	108
ค-7 ผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน	117
ค-8 ผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาธิต	117
ค-9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	118

สารบัญรูปภาพ

หน้า

2-1 แสดงกรวยประสิทธิภาพของ เอ็ดการ เดล (Dale, 1996)	14
2-2 กฎมือขวาของตัวนำ	41
2-3 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง	42
2-4 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	43
2-5 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ 3 เฟส	44
2-6 สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส	46
2-7 โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	47
3-1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลสำหรับชุดสาธิต	52
3-2 ขั้นตอนการจัดทำชุดสาธิต	55
4-1 ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	62
4-2 ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากปัญหาโควิด 2019 ที่เริ่มแพร่ระบาดในปีพุทธศักราช 2563 - 2566 นั้น ส่งผลทำให้การจัดการเรียนการสอนในระบบการศึกษาไทยทั้งประเทศต้องเปลี่ยนวิธีการสอน จากที่นักเรียนนักศึกษาต้องเข้าชั้นเรียนเพื่อรับเนื้อหาการเรียนรู้จากครูผู้สอน กลับต้องอยู่ที่บ้านเรียนในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวมีข้อดีหลายด้านที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ทั้งการสืบค้นข้อมูลที่รวดเร็ว การหาสื่อวีดิทัศน์ที่เป็นแบบจำลอง อีกทั้งยังมีแนวคำถามคำตอบที่เป็นประโยชน์ต่อเนื้อหารายวิชา แต่ในบางครั้งสื่อประกอบการเรียนรู้ที่มีอยู่ในระบบออนไลน์อาจไม่ตรงกับหัวข้อการสอนของครูผู้สอนหรือไม่ครอบคลุมหน่วยการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้กำหนดแนวทางไว้

กระบวนการจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาชีวของวิทยาลัยอาชีวศึกษาทุกแห่งได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติงานเสมือนจริงและได้เรียนรู้กับสื่อการสอนของจริง แต่เนื่องจากสภาพปัญหาของโรคระบาดโควิด 2019 ข้างต้นทำให้ผู้เรียนไม่สามารถมาฝึกปฏิบัติงานหรือเข้ามาเรียนรู้กับสื่อของจริงได้ โดยเฉพาะในรายวิชาที่มีความซับซ้อนของเนื้อหาและต้องใช้จินตนาการในการวิเคราะห์เนื้อหาตามครูผู้สอน อาทิเช่น วิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ในส่วนของหลักการเกิดสนามแม่เหล็กหมุน การเหนี่ยวนำในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เห็นภาพการหมุนของสนามแม่เหล็กตามครูผู้สอน และยังมีอีกหลายรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็ก ได้แก่ วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกลไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าหากรายวิชาที่กล่าวมาไม่มีสื่อประกอบการสอนที่ตรงกับการกำหนดแนวทางการสอนของผู้สอนจะช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนได้มากขึ้น และสามารถลดจินตนาการการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างสื่อประกอบการสอน การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสื่อดิจิทัลการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงครามชั้น ใช้ประกอบการสอนในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 เพื่อให้นักเรียนที่

ลงทะเบียนเรียนรายวิชานี้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ารวมถึงการนำไปใช้งานและยังสามารถนำหลักการพื้นฐานนี้ไปใช้ประกอบการสอนในรายวิชาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสสลับ วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ตลอดจนถึงวิชาเครื่องกลไฟฟ้าในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงได้เป็นอย่างดี สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สามารถมองเห็นภายในสเตเตอร์พร้อมทั้งมีเอกสารประกอบชุดสาธิตประกอบการทดลองเพื่อเป็นการลดจินตนาการระหว่างการเรียนการสอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม มีวัตถุประสงค์ดังนี้

- 1.2.1 เพื่อสร้างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนด้วยชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม สามารถทำคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน ได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม มีขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1.4.1 ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) สาขางานช่างไฟฟ้า สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 138 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างไฟฟ้า สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบคลัสเตอร์

1.4.2 ลักษณะของการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ประกอบด้วยอุปกรณ์ของจริง ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส อุปกรณ์แสดงผลค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า และสายไฟสำหรับเชื่อมต่อวงจร เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทดลองและปฏิบัติตามใบงานการทดลอง โดยมีการออกแบบให้ง่ายและสะดวกเมื่อนักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการทดลอง

1.4.3 เอกสารประกอบชุดสาคิต จำนวน 3 ชุด

1.4.3.1 ใบความรู้ประกอบชุดสาคิต

- เรื่องหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กหมุน
- เรื่องความเร็ว ความถี่โรเตอร์ กำลังและกระแสไฟฟ้าของโรเตอร์

1.4.3.2 ใบปฏิบัติงานประกอบชุดสาคิต

- เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า
- เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.4.3.3 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ประกอบชุดสาคิต

- เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า
- เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.4.4 ระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล

- ตุลาคม 2567 – มีนาคม 2568

1.5 วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1.5.1 ศึกษาข้อมูลการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

1.5.2 ศึกษาหน่วยการเรียนรู้ตามคำอธิบายรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

1.5.3 ออกแบบและพัฒนาชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.5.4 ประเมินความเหมาะสมของหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย

1.5.5 จัดทำเอกสารประกอบการเรียนรู้ประกอบด้วย ชุดสาธิต ใบความรู้ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ใบปฏิบัติงาน

1.5.6 ประเมินการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนรู้ ประกอบด้วย ชุดสาธิต ใบความรู้ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ใบปฏิบัติงานโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

1.5.7 ดำเนินการเขียนรายงานการวิจัย

1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ดังนี้

1.6.1 ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.6.2 เอกสารประกอบการเรียนรู้ ได้แก่ ใบความรู้ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ใบปฏิบัติงาน

1.6.3 แบบประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1.6.4 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน

1.7 ประโยชน์ของการวิจัย

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับดังนี้

- 1.7.1 ได้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน เรื่องหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104 - 2008
- 1.7.2 ได้พัฒนาเทคนิคการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น
- 1.7.3 ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการคิด วิเคราะห์และลดการจินตนาการของเนื้อหา

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.8.1 มอเตอร์ไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง

1.8.2 แม่เหล็กและสนามแม่เหล็ก คือ สารแม่เหล็กที่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ สามารถมีแรงกระทำต่อสารแม่เหล็กด้วยกันได้ และเมื่อทำการทดลองโดยแขวนแม่เหล็กอย่างอิสระ ขั้วเหนือจะชี้ทิศขั้วโลกเหนือ ขั้วใต้จะชี้ทิศขั้วโลกใต้ ทำให้เชื่อว่าโลกมีอำนาจแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กเมื่อนำแท่งแม่เหล็กไปดูดผงตะไบเหล็ก ผงตะไบเหล็กจะถูกดูดติดกับส่วนต่างๆ ของแท่งแม่เหล็ก และเรียงตัวกันเป็นเส้นอยู่ใกล้ปลายแท่งแม่เหล็กทั้ง 2 ด้าน เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก

1.8.3 ใบปฏิบัติงาน คือ เอกสารที่กำหนดขั้นตอนและเนื้อหาสำหรับการเรียนรู้ รวมถึงการประเมินผลการทดลองหรือการปฏิบัติงานจริง โดยใบงานประกอบด้วย คำอธิบายเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ, ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน, รายการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้, แบบทดสอบหรือคำถามประเมินความเข้าใจของผู้เรียน, และการบันทึกผลการทดลอง

1.8.4 คุณภาพชุดฝึก คือ ลักษณะของชุดฝึกที่สามารถสนับสนุนการเรียนรู้และฝึกทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วยความถูกต้องของเนื้อหา ความปลอดภัยของอุปกรณ์ ความทนทานต่อการใช้งาน และความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน

บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ประกอบการทำวิจัย การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งทฤษฎีการพัฒนาชุดสาธิต เอกสาร และงานวิจัยดังต่อไปนี้

- 2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน
- 2.2 การออกแบบชุดการสอนและการสร้างสื่อการเรียนการสอนแบบชุดสาธิต
- 2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน
- 2.4 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพและวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ
- 2.5 การตีความหมายผลการคำนวณ
- 2.6 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ
- 2.7 พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน

2.1.1 ความหมายของคำว่าชุดการสอน นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545)กล่าวว่า นวัตกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนด้วยตนเอง ส่วนใหญ่เป็นนวัตกรรมที่ใช้สื่อประเภทต่างๆ มาช่วยในการพัฒนาความรู้ ความคิดของนักเรียน ลักษณะการเรียนอาจเรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มก็ได้ และการสอนโดยใช้ชุดการสอนเป็นการสอนที่ครูนำสื่อการเรียนที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่สอนแต่ละหน่วยมาใช้ โดยรวบรวมไว้อย่างเป็นระเบียบเพื่อให้ นักเรียนได้ศึกษาจากประสบการณ์ทั้งหมด และส่วนประกอบของชุดการสอนมีดังนี้

1. คู่มือครู มีรายละเอียดเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหา ผลงานที่คาดหวังจากนักเรียน สื่อการเรียน หนังสือประกอบการค้นคว้าสำหรับครู แนวการประเมินผลขั้นต้น
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. เอกสารที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่ ใบงาน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา กิจกรรม และเฉลย
4. สื่อการเรียนการสอนที่เลือกแล้วว่าเหมาะสมกับกิจกรรมการสอน
5. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

(บุญเกื้อ, 2550) ให้ความหมายชุดการสอนว่า หมายถึง การใช้สื่อการสอนตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป ร่วมกันเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามต้องการสื่อที่นำมาใช้จะต้อง ส่งเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ตามลำดับขั้นที่จัดไว้เป็นชุด บรรจุในกล่องหรือในกระเป๋ (ยุพิน พิพิธกุล, 2531) ได้กล่าวถึงความหมายของ ชุดการเรียนว่า ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองในชุดการเรียนการสอนนี้จะประกอบด้วยบัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม บัตรแบบฝึกหัด หรือ บัตรงานพร้อมเฉลย บัตรทดสอบพร้อมเฉลย ในชุดการเรียนการสอนนั้น จะมีสื่อการเรียนการสอนไว้พร้อม เพื่อให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนเรื่องนั้นๆ

(ลัดดา, 2522) และ (วิชัย, 2525) ให้ความหมายที่สอดคล้องกันว่า ชุดการสอนหมายถึง ระบบการผลิตและการนำสื่อการเรียนหลายอย่างมาสัมพันธ์กันและมีคุณค่าส่งเสริมซึ่งกันและกัน สื่อการเรียนเหล่านี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สื่อประสม นำสื่อการเรียนมาใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพอาจกล่าวได้ว่า ชุดการสอน คือสื่อประสมที่จัดไว้อย่างเป็นระบบเป็นเครื่องมือถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้กับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นพร้อมทั้งสนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคล และภายในชุดการสอนประกอบด้วย คู่มือครู คู่มือนักเรียน เนื้อหา กิจกรรม สื่อประสม และเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ชุดการสอนนิยมจัดไว้เป็นกล่องหรือซองเป็นชุดและครูสามารถนำไปใช้ได้

จากความหมายของชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอนหมายถึง การนำสื่อการเรียนหลายอย่างมาสัมพันธ์กันเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามต้องการและช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งสัมพันธ์สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์รายวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2 ประเภทของชุดการสอน

(ชัยยงค์, 2556) ชุดการสอนสามารถจำแนกตามลักษณะของการใช้งานซึ่งนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของชุดการสอนออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ชุดการสอนสำหรับประกอบคำบรรยายหรือชุดกิจกรรมสำหรับครูเป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียนให้ครูใช้ประกอบคำบรรยายเพื่อเปลี่ยนบทบาทครูให้พูดน้อยลงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนมากขึ้นชุดกิจกรรมนี้จะมีเนื้อหาเพียงหน่วยเดียว
2. ชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่มชุดการสอนแบบนี้มุ่งเน้นที่ตัวผู้เรียนให้ประกอบกิจกรรมรวมกันและอาจจัดการเรียนรู้ในรูปของศูนย์การเรียนชุดกิจกรรมแบบกิจกรรมกลุ่ม จะประกอบไปด้วยชุดย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วยในแต่ละศูนย์จะมีสื่อการเรียนหรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้นหรือสื่อการเรียนอาจจัดให้ผู้เรียนทั้งศูนย์ใช้ร่วมกันได้ผู้ที่เรียนจากชุดกิจกรรมแบบกิจกรรมกลุ่มอาจจะต้องความช่วยเหลือจากครู

เพียงเล็กน้อยในระยะเริ่มต้นเท่านั้นหลังจากคุ้นเคยต่อวิธีการใช้แล้วผู้เรียนจะสามารถช่วยเหลือกันและกันได้เองระหว่างประกอบกิจกรรมการเรียนรู้หากมีปัญหาผู้เรียนจะสามารถซักถามครูได้เสมอ

3. ชุดการสอนรายบุคคล หรือชุดกิจกรรมทางไกล เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้ด้วยตนเองตามลำดับขั้นตามความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้าและศึกษาชุดต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษาหารือกันเองโดยผู้สอนพร้อมให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะผู้แนะนำ หรือผู้ประสานงานทางการเรียน

บุญเกื้อ (2545, หน้า 94-95) ได้แบ่งประเภทของชุดการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการเรียนรู้ประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการเรียนรู้ที่ใช้สอนผู้เรียนกลุ่มใหญ่เพื่อให้รู้และเข้าใจในเวลาเดียวกันโดยมุ่งขยายเนื้อหาสาระให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สื่อที่ใช้ได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ สไลด์ फिल्मสตริป ภาพยนตร์ เทปบันทึกเสียง หรือกิจกรรม ที่กำหนดไว้ ชุดการเรียนรู้ชนิดนี้บางท่านเรียกว่า ชุดการสอนสำหรับครูผู้สอน

2. ชุดการเรียนรู้แบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 5-7 คน โดยใช้สื่อการสอนที่บรรจุไว้ในชุดการเรียนรู้แต่ละชุด มุ่งที่จะฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียน และให้ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินงาน ร่วมกันชุดการเรียนรู้ชนิดนี้ มักใช้ในการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้และการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์

3. ชุดการเรียนรู้แบบรายบุคคลหรือชุดการเรียนรู้ตามเอกัตภาพเป็นชุดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล คือผู้เรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ตามความสามารถ และความสนใจของตนเองอาจจะเรียนที่โรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้ ผู้เรียนสามารถประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ด้วย

2.1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน

บุญชม (2532, หน้า 95-96) ส่วนประกอบที่สำคัญภายในชุดการสอนอาจมีดังนี้

1. คู่มือครู เป็นคู่มือสำหรับครูเพื่อศึกษาและปฏิบัติ ภายในคู่มือจะชี้แจงวิธีการใช้ชุดการสอนเอาไว้อย่างละเอียด อาจทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับก็ได้ ประกอบด้วยแผนการสอน สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนสอน บทบาทผู้เรียน การจัดการชั้นเรียน (ในกรณีของชุดการสอนที่เป็นศูนย์การเรียนรู้)

2. บัตรคำสั่งหรือใบงาน เป็นลักษณะบัตรคำที่กำหนดให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมอะไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมไว้ตามลำดับขั้นตอนของการเรียน บัตรคำสั่งจะมีอยู่ในชุดการสอนและแบบกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งประกอบไปด้วย คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา คำสั่งสำหรับผู้เรียนในการดำเนินกิจกรรมการสรุปบทเรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อจะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่าง ๆ มีหลายประเภทอาจเป็นสิ่งตีพิมพ์ เช่น บทบาท เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร หรืออาจเป็นประเภทโสตทัศนูปกรณ์ เช่น บทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง फिल्मสตริป แผ่นโปร่งใส วัสดุกราฟิก หุ่นจำลอง

4. แบบประเมินผลหรือแบบทดสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน ใช้สำหรับตรวจสอบพฤติกรรมการเรียนรู้ว่าหลังจากที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมในชุดกิจกรรมในชุดการสอนไปแล้ว ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อาจเป็นระบบประเมินที่ให้เติมคำในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูกต้อง แบบจับคู่ คูผลงานจากการทดลอง หรือจากการทำกิจกรรม ต่างๆ เป็นต้น

(ทศนา, 2545)กล่าวว่า องค์ประกอบชุดการสอนนั้น มีความสำคัญต่อการสร้างชุดการสอนเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอนให้เป็นไปอย่างมีระบบ และสมบูรณ์ในตัวเอง และควรประกอบด้วย 1. ชื่อชุดการสอน ประกอบด้วยหมายเลขชุดการสอน ชื่อของ ชุดการสอน และเนื้อหาของชุดการสอน 2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายหลักของชุดการสอนและลักษณะของการจัดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายนั้น 3. จุดมุ่งหมายเป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของชุดการสอนนั้น 4. ความคิดรวบยอด เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือมโนทัศน์ของ กิจกรรมนั้น ส่วนนี้ควรได้รับการย้ำและเน้นเป็นพิเศษ 5. สื่อเป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรมเพื่อช่วยให้ผู้สอน ทราบว่าต้องเตรียมอะไรบ้าง 6. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุโดยประมาณว่า กิจกรรมนั้นควรใช้ เวลาเพียงใด 7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุในการจัดกิจกรรม อย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ซึ่งนอกจากจะสอดคล้องกับหลักวิชาแล้วยังเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้สอนในการดำเนินงาน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นนำเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน 2. ขั้นกิจกรรม เป็นส่วนที่ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดประสบการณ์นำไปสู่การเรียนรู้ตามเป้าหมาย 3. ขั้นอภิปราย เป็นส่วนที่ผู้เรียนจะได้มีโอกาสนำประสบการณ์ที่ได้รับจากขั้นกิจกรรมมาวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและอภิปรายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขวางออกไปอีก 4. ขั้นสรุป เป็นส่วนที่ผู้สอนและผู้เรียนประมวลผลความรู้ที่ได้จากขั้นกิจกรรม และ ขั้นอภิปราย นำมาสรุปหาสาระสำคัญที่สามารถนำไปใช้ต่อไป 5. ขั้นฝึกปฏิบัติเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการเรียนในกิจกรรมไปฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม 6. ขั้นประเมินผล เป็นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ความเข้าใจ หลังจากปฏิบัติกิจกรรมไปแล้ว

(พรหมวงศ์และคณะ, 2526)ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการสอนว่าประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้ 1. คู่มือและแบบฝึกปฏิบัติ สำหรับครูผู้ใช้ชุดการสอนและนักเรียน ที่ต้องเรียนจากชุดการสอน 2. คำสั่งหรือการมอบงานเพื่อกำหนดแนวทางการเรียนรู้ให้นักเรียน 3. เนื้อหาสาระที่อยู่ในรูปของสื่อการเรียนการสอนแบบประสมและกิจกรรมการเรียนรู้ การสอน ทั้งแบบกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งกำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 4. การประเมินผล เป็นการประเมินผลของกระบวนการ ได้แก่ แบบฝึกหัด รายงาน การค้นคว้าและผลการเรียนรู้ในรูปของแบบทดสอบต่างๆ ส่วนประกอบทั้งหมดจะอยู่ในกล่อง หรือซองโดยจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกต่อการใช้

2.1.4 หลักการสร้างชุดการสอน

(ฉลองชัย, 2528) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนหรือสื่อการสอนประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นการวางแผนดำเนินการ โดยศึกษาสาระของวิชาว่าต้องการหลักการเรียนรู้อะไรจะทำชุดแบบใด โดยคำนึงถึงผู้เรียนเพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์ จัดลำดับ กิจกรรมการเรียนรู้ จัดทำสื่อการสอน ประเมินผลและทดลองสื่อการสอน 2. ขั้นตอนการผลิต โดยผลิตตามขั้นตอนที่ 1 โดยผู้ผลิตควรตรวจสอบความ สอดคล้องของทุกขั้นตอนกำหนดเป้าหมาย เพื่อแก้ปัญหา โดยสามารถปฏิบัติหรือเห็นการกระทำได้ 3. ขั้นทดสอบประเมินผล หรือพัฒนาเมื่อทำการผลิตชุดการสอนแล้ว โดยนำไปหาประสิทธิภาพ เมื่อเป็นหลักประกันว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน

(ปรียา, 2530) กล่าวว่า ชุดการเรียนการสอนเป็นสื่อประสมที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง แต่ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้หรือไม่จำเป็นต้องเอาวิธีวิเคราะห์ระบบมาใช้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ระบบเป็นกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล เรียกว่า Systems approach มาใช้ วิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1. ขั้นปัญหาที่ต้องแก้ไขนั้นคืออะไร 2. ขั้นกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหา โดยสามารถปฏิบัติหรือเห็นการกระทำได้ 3. ขั้นการสร้างเครื่องมือ กระทำหลังจากตั้งเป้าหมายแล้วเพื่อวัดได้ระยะ 4. ขั้นกำหนดทางเลือกหรือวิธีแก้ไขปัญหาเพื่อใช้ดำเนินการให้บรรลุเป้าหมาย 5. ขั้นทดลอง เพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุดใช้เป็นแนวทางไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ 6. ขั้นวัดและประเมิน โดยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาประเมินว่าสามารถใช้ปฏิบัติงานตามเป้าหมายได้หรือไม่เพียงใด เพื่อปรับปรุงแก้ไข

ลาวัลย์ (2533, หน้า 95) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างชุดการเรียนการสอนไว้ดังนี้ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่ การกำหนดหน่วย หัวเรื่อง มโนคติ ขั้นที่ 2 การวางแผน วางแผนไว้ล่วงหน้า กำหนดรายละเอียด ขั้นที่ 3 การผลิตสื่อการเรียนเป็นการผลิตสื่อประเภทต่างๆ ที่กำหนดไว้ในแผนขั้นที่ 4 หาประสิทธิภาพ เป็นการประเมินคุณภาพของชุดการเรียนการสอนโดยนำไปทดลองใช้ ปรับปรุงให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.1.5 ประโยชน์ของชุดการสอน

(กุศยา, 2545) ชุดการสอนจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ เพราะชุดการสอนผลิตโดยผู้ที่มีความชำนาญ อาทิเช่นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ นักโสตทัศนศึกษา ที่ร่วมกันผลิตและทดลองซ้ำจนแน่ใจว่ามีผลดีจึงนำมาเผยแพร่ชุดการสอนจะช่วยลดภาระของครูผู้สอน เพราะผู้สอนจะดำเนินการสอนตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ในชุดการสอนตามลำดับขั้น แต่ละขั้นจะมีอุปกรณ์ กิจกรรม ตลอดจน ข้อเสนอแนะไว้ให้พร้อมสามารถนำไปใช้ได้ทันที ครูผู้สอนไม่จำเป็นต้องทำใหม่ ชุดการสอนช่วยให้ผู้สอนมีความรู้ในแนวเดียวกัน เดิมการสอนที่ผู้สอนหลายคนในวิชาเดียวกันอาจเกิดความแตกต่างกันในด้านประสิทธิภาพของการสอน ชุดการสอนช่วยให้แก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้ชุดการสอนมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนมีข้อเสนอแนะการฝึกกิจกรรม การใช้สื่อการสอนและข้อทดสอบเพื่อ

ประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียนได้อย่างพร้อมมูลผู้เรียนสามารถทดสอบความรู้ด้วยตนเองหลังจากที่เรียนด้วยชุดการสอนนั้นๆผู้เรียนจะทดสอบผลสำเร็จของตนว่าบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยการทำแบบทดสอบหลังเรียนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1.แบบทดสอบที่ผู้เรียนสามารถตรวจสอบคำตอบด้วยตนเอง 2. แบบทดสอบที่ครูเป็นผู้ตรวจคำตอบ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2545 : 673) ชุดการสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนอยู่หลายประการ นักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้ 1. ช่วยลดภาระของครูผู้สอน เนื่องจากมีชุดการสอนสำเร็จอยู่แล้วผู้สอนจะดำเนินการสอนตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ให้ผู้สอนไม่ต้องเสียเวลา ในการทำสื่อการสอนใหม่ ทำให้ผู้สอนมีเวลาเตรียมการสอนและศึกษาเพิ่มเติมในเนื้อหาวิชาตามชุดการสอนทำให้ผู้สอนมีประสบการณ์มากขึ้นอันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสอนของครูเพิ่มมากขึ้น 2. ชุดการสอนทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกันของผู้สอนแต่ละคนจะมีความรู้ความสามารถในการถ่ายทอดเนื้อหาแตกต่างกัน ดังนั้น ในเรื่องเดียวกันผู้เรียนอาจได้รับความรู้หรือรายละเอียดของเนื้อหาต่าง ๆ เป็นคนละแนวไม่เท่ากันซึ่งชุดการสอนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนมีเนื้อหา ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมและการใช้สื่อตลอดจนมีแบบทดสอบประเมินผลสัมฤทธิ์ไว้แล้วซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชุดการสอน สามารถสรุปได้ดังนี้ ชุดการสอนเป็นการนำสื่อการเรียนหลายอย่างมาสัมพันธ์กันประกอบด้วยสื่อประสมในรูปแบบของวัสดุอุปกรณ์และวิธีการตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปบูรณาการ โดยใช้วิธีการจัดระบบเพื่อให้ชุดการสอนแต่ละชุดมีประสิทธิภาพ ชุดการสอนมีประโยชน์ในการช่วยลดภาระของครูผู้สอนและชุดการสอนทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวกันและต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้งานจริง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 การออกแบบชุดการสอนและการสร้างสื่อการเรียนการสอนแบบชุดสาธิต

การออกแบบชุดสาธิตการสอนสำหรับงานวิจัยนี้ ขอกกล่าวถึงแนวทางการสร้างชุดสาธิตและวิธีการในการสร้างชุดสาธิต ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบที่มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การสร้างใบเนื้อหา

ใบเนื้อหาเป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนสำหรับใช้ควบคู่อุปกรณ์วิธีการกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อสรุปบทเรียน หรือเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาด้วยตนเอง ดังนั้น ใบเนื้อหาจึงมีทั้งเฉพาะคำบรรยาย หรือมีเฉพาะภาพ หรือมีทั้งสองอย่างผสมกัน (พิสิฐและคณะ, 2547 : 78)

2.2.1.1 กิจกรรมของผู้เรียนขณะใช้ใบเนื้อหา

- ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาตามที่ครูกำหนดให้
- แก้ปัญหาด้วยตัวเอง หรือวิเคราะห์ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม
- ผู้เรียนสามารถลำดับเนื้อหาได้ตามความต้องการ

- เป็นตัวแทนของกลุ่มในการอธิบายแก่ผู้เรียนร่วมชั้น
- เขียนคำตอบลงในใบเนื้อหาตามความคิดของตนเอง

2.2.1.2 ลักษณะของการใช้ใบเนื้อหาประกอบการสอน

- ใช้สำหรับผู้เรียนศึกษาด้วยตัวเองในชั้นเรียน ทำให้ผู้เรียนกิจกรรมร่วมพร้อมกันกับการควบคุมชั้นเรียนทำได้โดยการตั้งคำถามและกำหนดให้ตอบ
- ใช้เป็นบทเรียนด้วยตนเองนอกเวลาเรียนเหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนไม่ทันเพื่อนร่วมชั้น หรือบทเรียนที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม
- ใช้เป็นเนื้อหาแทนการลอกจากกระดานดำของผู้เรียนจะเป็นการประหยัดเวลาในการเรียนการสอน
- ใช้เป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนแบบถาม-ตอบ หรือเป็นเอกสารอ้างอิงทั่วไป

2.2.1.3 ลักษณะทางเทคนิคของใบเนื้อหา

- ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้าง เช่น กระดาษ เครื่องโรเนียว เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น
- ต้องเตรียมต้นฉบับโดยการเขียนด้วยมือ คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่น ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นต้น
- การลอกภาพและเนื้อหาจากหนังสือโดยตรงต้องใช้อุปกรณ์ช่วย
- ใช้กับผู้เรียนได้มากไม่จำกัดจำนวน

2.2.1.4 หลักในการสร้างใบเนื้อหาการสร้างใบเนื้อหาประกอบการเรียนการสอนจะมีหลักการพิจารณา ดังนี้

- เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนโดยตรง
- ใช้ได้ง่ายๆ ได้ใจความ
- มีเหตุผลและอ้างอิงตามความจำเป็น
- ใช้ประโยคสั้นๆ กระชับรัดแทนประโยคยาวๆ
- ใช้ภาพแทนคำบรรยายในกรณีที่ทำได้
- คำบรรยายที่เกี่ยวกับภาพต้องสมบูรณ์ พอเพียงที่จะให้ถอดเนื้อหา
- เนื้อหารายละเอียดอ่านแล้วต้องเข้าใจได้

2.2.2 การสร้างสื่อการสอน

สื่อการสอน หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างรอบตัวผู้เรียนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เน้นสื่อที่ใช้สำหรับการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเองทั้งผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดทำ

พัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเองหรือนำสื่อต่าง ๆ ที่มีอยู่รอบตัวมาใช้ในการเรียนรู้(หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรมวิชาการ,2544)

สรุปได้ว่าสื่อการสอน หมายถึง วัสดุ เครื่องมือและเทคนิควิธีการชนิดต่างๆ ที่บรรจุเนื้อหาหรือสาระการเรียนรู้ที่ ผู้สอนสามารถทำเป็นเครื่องมือใช้ประกอบการเรียนการสอนเพื่อถ่ายทอดความรู้ทำให้เกิดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

2.2.2.1 ประเภทของสื่อการสอน

ในการแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนไว้หลายลักษณะ ตัวอย่างเช่น การจำแนกสื่อการเรียนการสอนเป็น 3 ทักษะ ได้แก่ 1. การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามระดับประสบการณ์ของผู้เรียน 2. การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามรูปร่างลักษณะของสื่อ 3. การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะของการนำไปใช้

การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามระดับประสบการณ์ของผู้เรียนการเรียนรู้ของมนุษย์ย่อมเกิดจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับรู้จากประสาทสัมผัสต่างๆ โดยผ่านสื่อ ระดับของประสบการณ์ของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ดังนั้นการที่ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีจากสื่อชนิดใด ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะของประสบการณ์ที่ได้รับว่ามีความเป็นรูปธรรม หรือนามธรรมมากน้อยเพียงใด

Hoban and Zissman (อ้างถึงใน Heinich 1996, 16) ได้กล่าวเกี่ยวกับการใช้สื่อการสอนในโรงเรียน ว่าเป็นการจัดวิธีการสอนตามลำดับขั้นของความเป็นรูปธรรม โดยเริ่มจากสภาพการณ์จริง ไปจนถึงสิ่งที่เป็นนามธรรมคือคำ ดังนี้ คำ (Words) แผนภาพ (Diagram) แผนที่ (Maps) รูปภาพ (Flat Pictures) สไลด์ (Slides) ภาพสามมิติ (Stereographs) ภาพยนตร์ (Films) หุ่นจำลอง (Models) วัตถุของจริง (Objects)

บรูเนอร์ (Jerome S. Brunner อ้างถึงใน Heinich, 1996, 16) (ฐิติพงศ์, 2563) ศาสตราจารย์ทางจิตวิทยา แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด (Harvard University) ได้แบ่งประสบการณ์เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประสบการณ์ตรง (Enactive) ประสบการณ์รูปภาพ (Iconic) และประสบการณ์สัญลักษณ์ (Symbolic)

(Tiyaboot, 2549)เดล (Edgar Dale อ้างถึงใน Heinich 1996, 16) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยโอไฮโอ(The Ohio State University) มีแนวคิดเดียวกับบรูเนอร์โดยแบ่งสื่อการเรียนการสอนจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะได้รับจากการใช้สื่อโดยเริ่มจากประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรม (Concrete) ไปสู่ประสบการณ์นามธรรม (Abstract) และพัฒนาในรูปแบบของกรวยเรียกว่า กรวยประสบการณ์ (The Cone of Experience) โดยสื่อที่อยู่ส่วนยอดจะให้ประสบการณ์ที่เป็นนามธรรม และสื่อที่อยู่ส่วนฐานจะให้ประสบการณ์รูปธรรม



ภาพที่ 2-1 แสดงกรวยประสบการณ์ของ เอ็ดการ์ เดล (Dale, 1996)

(ศน.บุญฤทธิ์ ตุ่มพงศ์, <https://utdone.net/nited/?p=3663>)

เอ็ดการ์ เดล เป็นคนแบ่งไว้มี 10 ประเภท (Dale, 1949) เริ่มแรกทีเดียวเขาแบ่งออกเป็น 11 ประเภท แต่ตอนหลังได้ปรับปรุงโดยรวมภาพยนตร์กับโทรทัศน์เป็นประเภทเดียวกัน จึงเหลือเป็น 10 ประเภท เรียกว่า “กรวยแห่งประสบการณ์” (Cone of Experiences) ตามลำดับจากรูปธรรมไปหานามธรรม ดังต่อไปนี้

1. ประสบการณ์ตรงที่ผู้เรียนเจตนารับเป็นสื่อของจริงได้แก่ วัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์จริงที่ผู้เรียนสามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 เป็นสื่อที่มีความจำเป็นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นนำเข้าสู่บทเรียน เสนอปัญหา ขั้นการทดลอง และรวบรวมข้อมูล เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นจากสถานการณ์การเรียนการสอน

2. ประสบการณ์จากสถานการณ์จำลองและหุ่นจำลองสื่อประเภทสถานการณ์จำลองหรือหุ่นจำลองนี้ สามารถเน้นประเด็นที่ต้องการหรือกำหนดส่วนเกินที่ไม่ต้องการจากของจริงได้ มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในกรณีที่ของจริงหายากมีราคาแพง มีอันตรายมากใหญ่โตเกินไป เล็กเกินไป สลับซับซ้อนเกินไป ฯลฯ

3. ประสบการณ์นำจากการที่ผู้เรียนได้รู้การแสดงด้วยตนเองหรือการแสดงเป็นสถานการณ์จำลองที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และกระบวนการบางอย่างได้ดี

4. ประสบการณ์จากการทดลองสาธิต เป็นประสบการณ์ที่ได้จากสื่อ ซึ่งอาจจะเป็นสถานการณ์จำลองหรือสถานการณ์จริง แต่เป็นสื่อที่มีจำนวนน้อย จึงสาธิตให้ดูเป็นกลุ่ม เป็นประสบการณ์ ที่จะต้องรับรู้พร้อมๆ กัน เหมาะสำหรับการทดลองสาธิตให้ผู้เรียนสังเกตและรวบรวมข้อมูลพร้อมกันหลายคน

5. ประสบการณ์ทัศนศึกษา เป็นประสบการณ์ที่ได้รับจากสื่อการเรียนการสอนที่เป็นวัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์จริง แต่แทนที่จะเป็นการนำสื่อเข้ามาหาผู้เรียน ก็เป็นการนำผู้เรียนไปยังแหล่งของสื่อ เหมาะสำหรับการนำเข้าสู่ปัญหาหรือการสรุปบทเรียน เป็นการยืนยันข้อสรุปที่ได้จากการเรียนในห้องเรียน

6. ประสบการณ์ที่ได้จากนิทรรศการสื่อที่ให้ประสบการณ์ในลักษณะนี้อาจจะเป็นทั้งของจริงและสิ่งจำลองต่างๆ แต่จัดเรียงไว้ในรูปที่จะใช้ข้อมูลหรือเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของผู้จัดเหมาะสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือขั้นการสรุปบทเรียน

7. ประสบการณ์จากภาพยนตร์หรือโทรทัศน์ เป็นประสบการณ์ที่ได้จากภาพและเสียงที่พยายามทำให้เหมือนกับประสบการณ์ตรงโดยเทคนิคการถ่ายทำ เหมาะสำหรับการเสนอเนื้อหาเสนอข้อมูลหรือการสรุปบทเรียน

8. ประสบการณ์จากภาพนิ่ง วิทยูและการบันทึกเสียงสื่อประเภทนี้ให้ประสบการณ์ที่เป็นรายละเอียดในประเด็นที่ต้องการเน้นได้ โดยเทคนิคการถ่ายภาพ การอัดขยายและการบันทึกตัดต่อในกรณีที่เป็นเทปเสียง

9. ประสบการณ์จากสื่อทัศนสัญลักษณ์ ได้แก่ ภาพเขียนภาพลายเส้น วัสดุกราฟฟิกต่างๆ ที่สามารถเน้นโดยใช้รูปลักษณะและสีทำให้เกิดความสนใจในประเด็นที่ต้องการจะเน้น

10. ประสบการณ์พจนสัญลักษณ์ ได้แก่ สัญลักษณ์ สูตร ภาษา คำราชาต่างๆ เป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพในการนำเสนอเนื้อหา มโนคติ หลักการ ทฤษฎีหรือกฎบางอย่างได้ดี

2.2.2.2 การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามรูปร่างลักษณะของสื่อในการแบ่งประเภทของสื่อตามทัศนนี้ ได้มีนักเทคโนโลยีการศึกษาหลายท่านจัดแบ่งประเภทไว้แตกต่างกัน เช่น

Wibure Young (ศิริพงศ์. 2533) ได้แบ่งประเภทของสื่อการสอนไว้ดังนี้ 1) ทัศนวัสดุ ได้แก่ กระดานของขอล์ค แผนภูมิ รูปภาพ สไลด์ फिल्मสตริป ฯลฯ 2) โสตวัสดุ ได้แก่ เทปบันทึกเสียง วิทยู ห้องปฏิบัติการทางภาษา ฯลฯ 3) โสตทัศนวัสดุ ได้แก่ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ 4) เครื่องมือต่างๆ ได้แก่ เครื่องฉาย เครื่องเสียง ฯลฯ 5) กิจกรรม ได้แก่ นิทรรศการ การสาธิต นาฏการ การศึกษานอกสถานที่

เกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely) ได้แบ่งสื่อการเรียนการสอนออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ภาพนิ่ง ได้แก่ รูปภาพต่างๆ ทั้งที่เป็นภาพถ่าย ภาพพิมพ์ และภาพที่มีอยู่ในหนังสือสไลด์ फिल्मสตริป และภาพโปร่งใส ฯลฯ 2) การบันทึกเสียง ได้แก่ สื่อที่บันทึกเสียงไว้ เช่น แผ่นเสียง เทปบันทึกเสียงแถบเสียง ในฟิล์มภาพยนตร์ และเทปโทรทัศน์ เป็นต้น 3) ภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ फिल्मภาพยนตร์ และเทปโทรทัศน์ 4) โทรทัศน์ 5) ของจริง สถานการณ์จำลอง และหุ่นจำลอง (Real Things, Simulation and Models) 6) การสอนแบบโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction)

โดยทั่วไปในวงการเทคโนโลยีการศึกษาในปัจจุบันได้จำแนกสื่อการเรียนการสอนออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ 1) สื่อประเภทวัสดุ (Materials, Software) เป็นสื่อที่บรรจุข้อมูล ความรู้ไว้ในรูปแบบต่างๆ อาจจะเป็นภาพ เป็นเสียงหรือเป็นสัญลักษณ์ ฯลฯ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นแหล่งความรู้ที่ผู้เรียนจะหาประสบการณ์หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างกว้างขวาง สื่อประเภทวัสดุนี้บางชนิดต้องอาศัยสื่อประเภทเครื่องมือในการนำเสนอ ได้แก่ फिल्मสไลด์ फिल्मภาพยนตร์ ม้วนเทปบันทึกเสียง फिल्मสตริป นอกจากนี้สื่อประเภทวัสดุบางชนิดสามารถใช้งานได้ในตัวของมันเอง ได้แก่ ภาพของจริง หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนภาพ ลูกโลก ฯลฯ 2) สื่อประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ เป็นสื่อที่ใช้เป็นตัวกลางหรือตัวผ่านในการถ่ายทอดเรื่องราวข้อมูลจากวัสดุ สื่อประเภทนี้ได้แก่ เครื่องฉายต่างๆ เช่น เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉาย फिल्मสตริป เครื่องฉายภาพทึบแสง เครื่องฉายแผ่นโปร่งใส เครื่องฉายภาพยนตร์ เป็นต้น 3) สื่อประเภทเทคนิค วิธีการ และกิจกรรม (Techniques, Methods and Activities) หมายถึงสิ่งที่เป็นกระบวนการ การกระทำ หรือเป็นการปฏิบัติ โดยสามารถนำสื่อวัสดุและอุปกรณ์มาใช้ร่วม โดยเน้นหรือย้ำที่เทคนิคหรือวิธีการเป็นสำคัญ เทคนิคหรือวิธีการที่ดีได้ว่าเป็นสื่อการสอนได้แก่ การแสดงนาฏการ (Dramatization) การสาธิต (Demonstration) การบรรยาย (Lecture) การสอนแบบแก้ปัญหา (Problem solving) ทักษะศึกษานอกสถานที่ (Field trip) การจัดนิทรรศการ (Exhibitions) เป็นต้น

2.2.2.3 การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะของการนำไปใช้ เดอ คีฟเฟอร์ (Robert E. De Kieffer) ได้แบ่งสื่อการเรียนการสอนออกเป็น 3 ประเภทโดยยึดถือลักษณะการใช้งาน ดังนี้ 1) สื่อที่ไม่ต้องใช้กับเครื่องฉาย ได้แก่ กระดานขอลูก รูปภาพ แผนภูมิ แผนสถิติ ป้ายนิเทศ แผ่นป้ายสำลี ลูกโลก แผนที่ การสาธิต การจัดนิทรรศการ และนาฏการ เป็นต้น 2) สื่อที่ใช้กับเครื่องฉาย ได้แก่ สไลด์ เครื่องฉายสไลด์ फिल्मสตริป เครื่องฉาย फिल्मสตริป फिल्मภาพยนตร์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายภาพทึบแสง แผ่นโปร่งใส เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เป็นต้น 3) สื่อประเภทเครื่องเสียง ได้แก่ วิทยุ เครื่องขยายเสียง เครื่องบันทึกเสียง เป็นต้น

Gerlach และ Donald P. Ely ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะทางกายภาพเป็น 6 ประเภท ดังนี้คือ 1) ภาพนิ่ง อาจเป็นภาพประกอบในหนังสือ ภาพประกอบการจัดป้ายนิเทศ สไลด์ फिल्मสตริป หรือแผ่นโปร่งใสก็ได้ 2) วัสดุอุปกรณ์ประเภทเสียง ได้แก่ วิทยุ เทปบันทึกเสียง เครื่องบันทึกเสียง แผ่นเสียงเครื่องเล่นแผ่นเสียง ไมโครโฟนและระบบกระจายเสียง 3) ภาพยนตร์และวีดิทัศน์ เป็นภาพที่มีลักษณะเคลื่อนไหวอาจเป็นภาพสีหรือขาวดำก็ได้ ผลิตจากการแสดงสดหรือใช้เทคนิคงานกราฟิก วัตถุสิ่งของ หรือเหตุการณ์อาจจะถ่ายทำให้เห็นลักษณะอาการปกติ หรือข้ากว่าปกติ หรือเร็วกว่าปกติ หรือหยุดภาพชั่วขณะ อาจมีการตัดต่อเพื่อให้เข้าใจเรื่องราวได้ชัดเจน หรือทำให้เรื่องราวน่าสนใจยิ่งขึ้น 4) โทรทัศน์ ภาพและเสียงจะปรากฏบนจอของเครื่องรับโทรทัศน์ ภาพจะเป็นรายการสดจากสถานีส่งหรือจากวีดิทัศน์ หรือจากภาพยนตร์ เป็นต้น จะเป็นการส่งสัญญาณแบบวงจรปิดหรือการ

ส่งออกอากาศ หรือส่งผ่านสัญญาณดาวเทียม โดยมีเครื่องรับโทรทัศน์เป็นสื่อกลางแสดงผล 5) ของจริง สถานการณ์จำลองและหุ่นจำลอง สื่อการสอนประเภทนี้ได้แก่ บุคคล เหตุการณ์ วัตถุสิ่งของ ของจริง มีลักษณะต่างจากสื่อชนิดอื่นตรงที่เป็นจริงในตัวของมันเอง โดยปกติแล้วจะมีอยู่ในที่อยู่ของมัน เช่น ในโรงงาน ในพิพิธภัณฑ์ ในสวนสัตว์และในชุมชน ซึ่งต้องใช้วิธีทัศนศึกษาออกสถานที่เพื่อการเรียนรู้ นอกจากสื่อบางประเภทที่มีขนาดเล็ก หรือเคลื่อนย้ายได้ง่ายไม่มีอันตราย หรือมีความปลอดภัยสูง ก็อาจนำมาใช้ในห้องเรียนได้เช่น แสตมป์ เหรียญกษาปณ์ ฯลฯ ในชุมชนมีของจริงที่เป็นสิ่งของและวัตถุมากมาย นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เราจะใช้เป็นแหล่งวิทยาการได้ เช่น บุคคลสำคัญในอาชีพต่างๆ เช่น ผู้ว่าราชการจังหวัด นายอำเภอ ผู้กำกับ สถานีตำรวจ นายแพทย์ นักธุรกิจ ช่างนา ช่างสวน ฯลฯ บุคคลเหล่านี้มีคุณค่าต่อการเรียนการสอนมากและยังเสียค่าใช้จ่ายในการเรียนการสอนน้อยด้วย 6) บทเรียนโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction) บทเรียนแบบโปรแกรมจะเน้นทักษะการสื่อความหมายของผู้เรียน เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเรียนโดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพ ต้องสร้างบทเรียนให้เร้าความสนใจ ผู้เรียนจะต้องมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ตอนหนึ่งก่อนที่จะเสนอเนื้อหาในตอนต่อไป นักเรียนได้ทราบคำตอบถูก-ผิดได้ทันที บางทีก็มีบทเรียนซ่อมเสริม บทเรียนแบบโปรแกรมมีหลายรูปแบบ เพราะสามารถใช้สื่อต่างๆ เสนอเนื้อหาหรือข้อสนเทศ ต่างๆ เช่นอาจจะเป็นรูปหนังสือ สไลด์-เทป फिल्मสตริปส์-เทป ภาพยนตร์ วีดิโอเทป เครื่องช่วยสอนและคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.2.2.4 บทบาทและคุณค่าของสื่อการเรียนการสอน

นักเทคโนโลยีการศึกษาที่สำคัญหลายท่านได้รวบรวมบทบาทและคุณค่าของสื่อการเรียนการสอนต่อประสิทธิภาพของการเรียนการสอนไว้ พอสรุปได้ดังนี้

1. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ผู้เรียนที่ไม่มีโอกาสเดินทางไปต่างประเทศไกล ๆ แต่นำภาพยนตร์เกี่ยวกับประเทศนั้นมาฉายให้ดู ผู้เรียนก็จะเกิดประสบการณ์ที่กว้างขวางยิ่งขึ้น
2. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนได้หลาย รูปแบบ ตัวอย่างเช่นการใช้บทเรียนจากวิทยุ โทรทัศน์ เครื่องฉาย หรือบทเรียนสำเร็จรูปเข้าช่วยในการเรียนการสอน
3. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการตอบสนองตามที่คาดหวังจะทำให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน เช่น การให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเองจากบทเรียนสำเร็จรูป หรือศูนย์การเรียนรู้ เป็นต้น

4. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลากหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่นการใช้ศูนย์การเรียนรู้จะกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักการอภิปราย การสาธิต การแสดง นานุกรการ

5. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยสอนสิ่งที่อยู่ในที่ลับ ไม่สามารถนำออกมาให้ดูโดยตรงได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ภาพยนตร์การ์ตูนแสดงกระบวนการทำงานของอะตอม เป็นต้น

6. สื่อการเรียนการสอนจะช่วยส่งเสริมในการวินิจฉัย หรือช่วยซ่อมเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ตัวอย่างเช่นการใช้แบบเรียนสำเร็จรูปสำหรับผู้เรียนที่มีผลการเรียนต่ำกว่าปกติ

2.2.2.5 การเลือกสื่อการเรียนการสอน (Selection)

ในการจะนำสื่อการสอนมาใช้นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะต้องมีความรู้ความสามารถในการเลือกสื่อ อันได้แก่

1. จุดมุ่งหมายของการสอนและเนื้อหาวิชา การเลือกสื่อการเรียนการสอนกับจุดมุ่งหมายของการสอนและเนื้อหาวิชา ผู้สอนจำเป็นต้องนำจุดมุ่งหมายของการสอนและของเนื้อหาวิชามาพิจารณาเพื่อจะกำหนดว่า ใน ลักษณะเนื้อหาวิชาที่จะนำมาสอนนี้ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หรือมีพฤติกรรมขั้นสุดท้ายเป็นอย่างไรมาก่อน ลักษณะจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนสามารถจำแนกออกเป็น 3 ด้านดังนี้

ก. พุทธิพิสัย เป็นการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาที่จะทำให้เกิดปัญญา ได้แก่ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

ข. จิตพิสัย เป็นการเรียนรู้ด้านความรู้สึกอารมณ์ ความเชื่อ เจตคติ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตใจ

ค. ทักษะพิสัย เป็นการเรียนรู้ด้านทักษะ ได้แก่ การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การบังคับกล้ามเนื้อ เป็นต้น

2. วิธีสอนและรูปแบบของการเรียนการสอน การเลือกสื่อการเรียนการสอน ควรเลือกให้เหมาะสมกับวิธีสอน ซึ่งมีลักษณะต่างกัน เช่น การสอนแบบบรรยาย แบบอภิปราย แบบสาธิต แบบสืบสวน ย่อมมีผลต่อการเลือกสื่อการเรียนการสอน หรือรูปแบบของการเรียนการสอน ซึ่งแบ่งออกเป็นการสอนกลุ่มใหญ่ การสอนกลุ่มย่อย และการสอนรายบุคคล ย่อมมีผลต่อการเลือกสื่อการเรียนการสอนทั้งสิ้น ดังนั้น ผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงวิธีสอนและรูปแบบของการเรียนการสอนที่จะจัดให้ผู้เรียนไปพร้อมๆ กับการเลือกสื่อการเรียนการสอน

3. ลักษณะของผู้เรียน การเลือกสื่อการเรียนการสอนกับลักษณะของผู้เรียน ลักษณะของผู้เรียนที่ควรพิจารณาในการเลือกสื่อการเรียนการสอนได้แก่

ก. ลักษณะเฉพาะโดยทั่วไป เช่น อายุ เพศ และสุขภาพ

ข. ลักษณะทางความรู้สึกหรือเจตคติ เช่น ความเชื่อ ความสนใจ อารมณ์

ค. ลักษณะทางการศึกษา เช่น พื้นฐานความรู้ทั่วไป ประสบการณ์เดิม ความถนัดในการเรียน

ง. ลักษณะทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม เช่น อาชีพ เชื้อชาติ ศาสนาฐานะ และระดับทางวัฒนธรรมในการเลือกสื่อการเรียนการสอนที่ดีควรมุ่งให้ผู้เรียนกลุ่มที่เป็นหลักเพียงกลุ่มเดียว มิใช่นำไปใช้ได้กับผู้เรียนทุกๆ กลุ่ม

4. เกณฑ์เฉพาะของสื่อการเลือกสื่อการเรียนการสอนโดยพิจารณาถึงเกณฑ์เฉพาะของสื่อ แต่ละชนิดสื่อการเรียนการสอนแต่ละประเภทย่อมมีคุณสมบัติและข้อจำกัดต่อการเรียนการสอนแตกต่างกัน ดังนั้น ผู้สอนจำเป็นจะต้องศึกษาถึงบทบาทของสื่อแต่ละชนิดว่ามีความเหมาะสมกับประสบการณ์หรือลักษณะการเรียนการสอนอย่างไร ตลอดจนสื่อนั้นมีข้อดีหรือข้อจำกัดอย่างไร ซึ่งมีเกณฑ์การ พิจารณาดังต่อไปนี้

เกณฑ์สำหรับบทเรียนโปรแกรมและชุดการสอน เป็นสื่อที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- เนื้อหาถูกนำเสนอเป็นขั้นตอนที่ละน้อยอย่างเหมาะสม
- ภาพประกอบมีความพร้อมและการเสนอรายละเอียด
- คำบรรยายกับภาพประกอบมีความสมดุลกัน
- ได้ผ่านการทดลองที่ได้ผลดี
- ส่วนประกอบในบทเรียน เช่น คำสั่ง การตอบคำถาม เหมาะสม และเข้าใจง่าย
- สิ่งต่างๆ ที่ประกอบในบทเรียนเหมาะสมกับการนำเสนอและเนื้อหา
- ความยาวของบทเรียนมีความเหมาะสม

2.2.2.6 การประเมินผลสื่อการเรียนการสอน (Evaluation)

การประเมินผลสื่อจะเป็นการพิจารณาคูณค่าของสื่อการเรียนการสอนซึ่งผ่านการใช้กับผู้เรียนมาแล้วว่าสื่อชิ้นๆ มีคุณค่าต่อการเรียนการสอนมากน้อยเพียงไร และสามารถวิเคราะห์ปรับปรุงให้สื่อชิ้นๆ มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้หรือไม่เพียงไร และถ้ามีการปรับปรุงจะต้องได้รับการปรับปรุงในจุดใด การประเมินผลสื่อจะมีลักษณะเป็นการวิเคราะห์ผลของการวัดผล โดยใช้เครื่องมือต่างๆ แล้วนำมาพิจารณาโดยอาศัยเกณฑ์เพื่อตัดสินว่าสื่อชิ้นๆ มีคุณค่าหรือไม่เพียงใด ทั้งยังช่วยให้การปรับปรุง สื่อชิ้นๆ ได้ตรงจุดที่บกพร่องอีกด้วย การประเมินผลสื่อการเรียนการสอนจะต้องพิจารณาใน 2 ลักษณะได้แก่

- การประเมินคุณลักษณะของสื่อ
- การประเมินประสิทธิผลการเรียนรู้ที่ได้จากการใช้สื่อ

2.2.2.7 การประเมินประสิทธิผลการเรียนรู้จากสื่อ ในการประเมินนี้นอกจากจะพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านคุณลักษณะของสื่อแล้ว ผู้สร้างสื่อยังต้องพิจารณาถึงประสิทธิผลการ

เรียนรู้ (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) จากการใช้สื่อที่มีต่อผู้เรียนอีกด้วย เพราะเป้าหมายหลักของการใช้สื่อก็เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนการสอน การหาประสิทธิภาพของสื่อจะช่วยให้ผู้ใช้สื่อบังเกิดความมั่นใจต่อการใช้นั้นๆว่าจะเกิดประโยชน์แก่ผู้เรียนอย่างแท้จริง

จากที่กล่าวมาแล้ว สามารถสรุปเป็นหลักเกณฑ์สำหรับพิจารณาในการเลือกและการใช้สื่อ การเรียนการสอน ดังนี้

1. ไม่มีสื่อการเรียนการสอนใดจะดีที่สุดสำหรับทุกจุดประสงค์การเรียนรู้
2. จะต้องใช้สื่อที่มีความเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้
3. ผู้ใช้สื่อจะต้องมีความคุ้นเคยกับเนื้อหาในสื่อการเรียนการสอนนั้น
4. สื่อจะต้องเหมาะสมกับรูปแบบและขนาดของกลุ่มในการเรียน
5. สื่อจะต้องเหมาะสมกับความสามารถและลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน
6. สื่อการเรียนการสอนจะดีหรือไม่ไม่ได้อยู่ที่ความเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมของสื่อแต่จะอยู่ที่ความเหมาะสมกับเนื้อหาเป็นสำคัญ
7. การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนควรพิจารณาที่จุดประสงค์ของการเรียนมากกว่าอคติหรือความพอใจส่วนบุคคลที่มีต่อสื่อ
8. สภาพแวดล้อมทางกายภาพจะมีผลต่อการใช้สื่อ

2.2.3 การสร้างใบปฏิบัติงาน

2.2.3.1 หลักการสร้างใบปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงาน (Laboratory sheet หรือ Lab sheet) หมายถึงเอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงานหรือเป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ใบงานการทดลองนั้นไม่มีขนาดและขอบเขตเนื้อหาที่จำกัดแน่นอน ใบงานหนึ่งอาจมีขนาดเล็กมีขนาดความยาวไม่เกิน 1 หน้ากระดาษ หรือเป็นใบงานขนาดใหญ่มีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่ใช้ทำการทดลอง พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาและข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานทดลอง (ชูศักดิ์, 2551) การพัฒนาใบงานการทดลองนั้นควรพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนเชิงทดลอง (Laboratory content)

- 1.1 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักการ กฎ สูตร และคุณสมบัติของอุปกรณ์
- 1.2 เป็นเรื่องที่พัฒนาทักษะทางสมอง เช่น การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา
- 1.3 เป็นเรื่องที่ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ
- 1.4 เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมภายในที่สำคัญของอุปกรณ์ เครื่องมือ
- 1.5 เป็นเรื่องที่สามารถฝึกหัดการทำงานเป็นขั้นตอน
- 1.6 ให้อรรถประโยชน์และคุ้นเคยกับกลไกของเครื่องมือและวัสดุ

1.7 พัฒนาความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุ

1.8 พัฒนาความรอบคอบในการทำงาน

1.9 สร้างเสริมจิตสำนึกในการรักษาความปลอดภัย

2. ลักษณะที่ดีของสื่อการทดลอง

2.1 ใช้ภาษาที่ง่ายรัดกุม

2.2 มีลักษณะท้าทายหรือชวนให้ศึกษา

2.3 มีความหมายแสดงให้เห็นภาพพจน์ของงานที่แท้จริง

3. คุณสมบัติที่ดีของใบปฏิบัติงาน

3.1 ครอบคลุมเนื้อหามากที่สุดในห้องเรียน

3.2 พัฒนาความสามารถได้มากที่สุด

3.3 มีปัญหาในการปฏิบัติงานน้อย คือ ข้อมูลชัดเจนตรงประเด็น กะทัดรัด และเหมาะสมกับเครื่องอำนวยความสะดวกที่มีอยู่

3.4 ผู้เรียนช่วยตนเองได้มากที่สุด

3.5 สามารถจัดเป็นระบบได้ มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ มีจำนวนใบงานน้อย มีความสัมพันธ์กับวิชาอื่นมากที่สุด ลงทุนน้อยและได้ผลมากที่สุด

4. หลักการที่ใช้ในการสร้างใบปฏิบัติงาน (Lab sheet) การสร้างใบงานการทดลอง (Lab sheet) ที่ดีนั้น ต้องอาศัยหลักการและองค์ประกอบหลายประการเพื่อให้งานการศึกษาทดลองปฏิบัติ นั้น มีความหมายต่อผู้เรียน โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ท้าทายความคิด อันจะนำไปสู่การค้นคว้าที่ ซับซ้อนขึ้นได้ ในด้านหลักการสร้างใบงานทดลองนั้นอาศัยหลักการสอนเชิงทดลองปฏิบัติการ (Laboratory) ซึ่งประกอบด้วยสาระสำคัญ คือ

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนของการดำเนินงาน และการให้ข้อมูล ที่เหมาะสมใน ด้านวิชาการ

2. การร่วมกิจกรรมต่างๆ ที่พัฒนาความรู้และทักษะให้มากที่สุด

3. การสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมความสามารถทางความคิด

2.2.3.2 องค์ประกอบของใบปฏิบัติงาน

ใบปฏิบัติงานอาจมีรูปแบบแตกต่างกันไปตามแบบแผนของสถาบันแต่ละแห่งแต่ไม่ว่ารูปแบบ จะเป็นอย่างไร ใบปฏิบัติงาน (Lab sheet) ควรจะประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้ซึ่งข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่ง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาวิชาและเป้าหมายในการ พัฒนา ผู้เรียน (ชูศักดิ์, 2551) ได้กล่าวไว้ดังนี้

- ข้อมูลทั่วไป (Introductory information) หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้ ทราบ ถึงลักษณะของเรื่องที่จะทำการทดลอง และปัญหาของเรื่องที่จะทำการทดลองข้อมูลเหล่านั้น

- วัตถุประสงค์ของการทดลองจะต้องกำหนดให้ครอบคลุมความสามารถตามพิสัย (Domains) ให้มากที่สุดที่จะทำได้ซึ่งประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไปและวัตถุประสงค์จำเพาะที่สนับสนุนการทดลองแต่ละเรื่องนั้น โดยไม่ให้มีวัตถุประสงค์ทั่วไปมากนัก อาจมีได้ตั้งแต่ 1-3 วัตถุประสงค์ ซึ่งภายในวัตถุประสงค์ทั่วไปนั้น จะมีรายละเอียดครอบคลุมวัตถุประสงค์ทั่วไปได้ทั้งหมด

- ความจำเป็นและขอบเขตของการทดลอง (Needs and scope of the experiment) เป็นข้อมูลที่แสดงเหตุผลและประโยชน์ของการฝึกหัดทดลอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นความสำคัญของงานที่กำลังปฏิบัติและเกิดแรงจูงใจในการทำงาน นอกจากนั้นยังเป็นการบอกให้ทราบถึงปริมาณงาน และขอบเขตเนื้อหาที่จะต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติเกิดความกระตือรือร้นเตรียมตัวได้ถูกต้อง 3. การวางแผน (Planning and organizing) เป็นข้อมูลและแนวคิดสำหรับการดำเนินงานให้แก่ผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่เรื่องของวงจรที่ทำการทดลอง หรือเครื่องมืออุปกรณ์วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ

- ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยหลักในการวางแผนดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาดเพื่อจะได้เตรียมตัวหาข้อมูล หรือพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลดังกล่าวนี้ ได้แก่ 1. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อควรระวัง หรือปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอ การให้ข้อมูลในเรื่องนี้ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุพิเศษ ที่นอกเหนือไปจากการใช้งานปกติ 2. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน (Entity behavior) เป็นการระบุว่าผู้ที่ปฏิบัติงานได้นั้นจะต้องมีความรู้ความสามารถ หรือมีประสบการณ์อย่างใดมาก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้ 3. ความรู้ในเนื้อหาวิชา เป็นข้อมูลในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญและชี้ประเด็นของปัญหาทางทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ให้เห็นจุดสำคัญที่จะทำการทดลอง

- ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่เหมาะสม หรือตามที่กำหนดให้ในงานแต่ละเรื่องได้ ลักษณะของงานนี้ควรเป็นขั้นของการลงมือปฏิบัติจริง ตั้งแต่การวางแผนงานจริงๆ จากการร่างแบบของงาน การกำหนดวงจรและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ ข้อมูลดังกล่าวสามารถแยกออกได้ดังนี้

คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Manipulative process) เป็นคำสั่งหรือคำแนะนำในการลงมือปฏิบัติจริง ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง (Experiment planning) ข้อมูลขั้นนี้อาจเป็นในรูปของคำสั่งให้ปฏิบัติ หรือให้แนวคิดในการเริ่มงานทดลอง เช่นการเสนอรูปแบบของการทดลอง หรือให้ข้อมูลบางอย่างที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถสร้างรูปแบบของการทดลองขึ้นมาเองได้
- ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือเป็นการกำหนดชนิดและประเภทของเครื่องมือที่ทำการทดลอง หรือเป็นการให้แนวคิดในการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องมือพร้อมทั้งตรวจสอบเครื่องมือให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน และวางอยู่ในตำแหน่งที่สะดวกในการ
- ข้อมูลในการดำเนินการทดลองเป็นข้อมูลที่แนะนำข้อปฏิบัติตั้งแต่เริ่มงานสร้างวงจร การต่อสายติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ

คำแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection process) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์ เพื่อหาผลลัพธ์ของการทดลองที่เหมาะสม ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

1. การสังเกต (Observation) เป็นข้อมูลที่จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เช่น การให้ปรับค่าความต้านทาน การกำหนดย่านวัดของการทดลอง และสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามลำดับขั้นตอนที่ควรจะเป็น ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง

2. การรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้ (Data collection) หลังจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ผู้ทดลองจะต้องรวบรวมและบันทึกข้อมูลที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลที่ได้ย่อมขึ้นอยู่กับวางแผนการทดลอง โดยเฉพาะย่านของการทดลองที่เหมาะสม การดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้นี้อาจจะทำให้รูปของการรวมกลุ่มของข้อมูลตามความเหมาะสม หรือจัดทำตารางข้อมูลเพื่อความสะดวกในการวินิจฉัย การให้ข้อมูลของใบงาน ที่เหมาะสมในเรื่องนี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติดำเนินงานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์และรายงาน (Conclusion report) ใบงานที่นี้นั้นจะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำสั่ง หรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้ อย่าง มีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายในใบงานจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงานและสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลดังกล่าวอาจจะเป็นคำถามให้คิดหรือ หัวข้อให้ผู้เรียนหาข้อมูลสนับสนุน ข้อมูลควรประกอบด้วย

1. ข้อมูลที่ช่วยในการเสนอข้อมูล (Presentation data) เป็นขั้นเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในรูปลักษณะของเอกสารรายงาน การเสนอข้อมูลในลักษณะนี้อาจต้องทำอย่าง มีระบบ โดยการจัดทำข้อมูลเป็นกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน อาจจะทำในลักษณะของตารางตัวเลขหรือในรูปแบบของแผนภูมิ (Crash) ต่างๆ ใบงานที่ดีควรจะต้องกำหนดหรือเสนอแนะแนวทางให้ผู้ปฏิบัติสามารถดำเนินการได้ตามความต้องการ

2. ข้อมูลที่ช่วยในการตีความหมายข้อมูล (Interpretation of data) ใบงานจะให้ข้อมูลนำผู้ปฏิบัติในการจับประเด็นสำคัญของข้อมูล วิธีการสรุปผลจากกลุ่มของข้อมูลที่มีอยู่การเลือกตัว

แปรและการคำนวณหาผลลัพธ์จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การให้ข้อมูลในเรื่องนี้อาจมีความละเอียดมากน้อยต่างกันตามลักษณะประเภทของการทดลอง

3. ข้อมูลที่ช่วยในการอ้างอิงหลักการ (Reference of data) เป็นขั้นตอนของการเขียนรายงานโดยอาศัยหลักทฤษฎีและหลักการต่างๆ อ้างอิงในลักษณะของ

3.1 การสรุปรวมของการค้นพบ (Generalization of finding)

3.2 การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งาน (Implication of finding)

3.3 การพยากรณ์ผลที่อาจเกิดขึ้นจากสิ่งอื่น (Prediction behavior of other material)

3.4 การประเมินผลการทดลอง (Critical appraisal of experimental procedure and finding) เป็นการประเมินผลในเชิงวิจารณ์เกี่ยวกับกระบวนการทดลองและผลลัพธ์ของการทดลองในงานที่ดี ควรให้ข้อมูลด้วยการเสนอแนะหรือการตั้งคำถามเพื่อนำทางให้ผู้ปฏิบัติสามารถหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาสนับสนุนผลลัพธ์การทดลองได้ สำหรับการเขียนรายงานที่ถูกต้อง การให้ข้อมูลในเรื่องนี้จะทำได้มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประเภทของการทดลองที่จะใช้

4. ลักษณะบางประการของการเขียนรายงาน (Lab report) การรายงานเป็นส่วนสำคัญของการทดลอง เพราะเป็นส่วนที่แสดงถึงความเข้าใจในการทดลอง การเขียนรายงานอาจจะถือได้ว่าเป็นศิลปะอย่างหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลต่อสังคม ลักษณะและรูปแบบของการรายงานนั้นมีรายละเอียดมากมาย โดยสรุปแล้วองค์ประกอบที่สำคัญ ที่จะแนะนำให้ผู้เรียนเขียนรายงานอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ ควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

4.1 บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการสรุปเรื่องที่ทำทั้งหมดอย่างรัดกุม

4.2 คำนำ (Introduction) บทนำ ซึ่งเป็นการอารัมภบทเรื่อง เป็นการประสานเรื่อง ระหว่างงานที่ปฏิบัติกับหลักการทางทฤษฎี (General body of knowledge) เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจ

4.3 หลักการและจุดมุ่งหมายของการทำงาน (Notation and theory) เป็นการอธิบายความหมายของศัพท์ สัญลักษณ์ที่ใช้ หรือกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยสรุป

4.4 การดำเนินงานและผลลัพธ์ (Procedure and result) กล่าวถึงสาระสำคัญของการดำเนินงาน และผลลัพธ์ได้

4.5 แผนภูมิ (Diagram) บางครั้งการเขียนรายงานต้องอาศัยรูป หรือวงจรประกอบคำอธิบาย ซึ่งทั้งนี้ก็แล้วแต่เรื่องและเหตุการณ์

4.6 การอภิปรายผล (discussion of result) ขั้นตอนนี้มีความสำคัญคือจะเป็นขั้น ที่แสดงออกถึงความสามารถเชิงความคิดของผู้ทำการทดลองในการให้เหตุผลของการ ค้นพบ ด้วยการมีหลักฐานอ้างอิงอย่างสมบูรณ์ ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของการทดลองเป็นเรื่องที่สำคัญอีก

เรื่องหนึ่งที่จะทำให้ผลงานได้รับการยอมรับจากผู้อื่น ในกรณีนี้ผู้ทำการทดลองจะต้องหาข้อมูลพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Reliability) ในรายงานให้ได้

4.7 ข้อสรุป (Conclusion) เป็นการสรุปเรื่องที่ต้องอาศัยความสามารถของการใช้ภาษา ด้วยการใช้คำบรรยายที่มีความชัดเจน สั้น และรัดกุม

4.8 หลักฐานอ้างอิง (Reference) เป็นการแสดงหลักฐานของข้อมูลที่นำมาใช้ในการอ้างอิงหรือสรุปเรื่อง ในกรณีของการทดลองระดับสูง และมีปริมาณมาก การอ้างอิงเป็นเรื่องสำคัญ ที่จะสร้างความเชื่อถือจากผู้อื่นเท่าที่กล่าวนี้ เป็นลักษณะรูปแบบหนึ่งของการเขียนรายงานการทดลอง (Lab report) ซึ่งการทดลองแต่ละประเภทยังมีความต้องการการรายงานไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่อันหนึ่งที่ใบงานการทดลองต้องให้คำสั่งหรือคำแนะนำที่เหมาะสมและชัดเจน

5. ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment information) หมายถึงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถ และความเข้าใจในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานการตรวจสอบในเรื่องนี้ อาจทำได้ทั้งทางกว้างและความลึกของเนื้อหา ข้อมูลที่เป็นคำถามในใบงานนั้นอาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

5.1 คำถามในเนื้อหาการทดลอง (Assessment Questions) คือข้อมูลที่เป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติ โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการทำงานแต่ละขั้นตอนเป็นการทดสอบความรู้ และความเข้าใจในการทดลองโดยตรง

5.2 คำถามเชิงวิจารณ์ (Critical question) เป็นคำถามที่ค่อนข้างจะออกไปนอกเรื่องของงาน เป็นการประเมินความสามารถในการมองภาพรวมของเรื่อง (Generalize) ที่ทำทั้งหมด และสามารถนำความรู้ ความสามารถที่ได้จากการทดลองนั้นไปใช้ในงาน อื่นได้เพียงไร ซึ่งมักจะเรียกว่าการถ่ายโยงความรู้ (Transfer of learning) ข้อมูลที่ใบงานควรจะให้ในขั้นนี้คือ การตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้คิดในลักษณะของความคิดไตร่ตรอง (Reflective thinking) ในเรื่องที่เรียนรู้อย่างไรแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์และพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

2.2.3.3 การสร้างใบปฏิบัติงาน

การสร้างใบงานทดลองมีขั้นตอนใหญ่ ๆ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจข้อมูลและขั้นสร้างใบงานการทดลอง ซึ่งแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นการศึกษาและสำรวจข้อมูลเป็นขั้นที่ผู้สร้างใบงานทดลองจะต้องศึกษารายละเอียดของกิจกรรมที่ใช้ในการทดลองตั้งแต่ต้น จากการวางแผนการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง ผู้สร้างจะต้องพิจารณาขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดพร้อมทั้งสำรวจความรู้ความสามารถและอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนการวิเคราะห์พฤติกรรมที่ต้องการ พัฒนาเพื่อให้เป็นข้อมูลในการสร้างใบงานทดลอง กิจกรรมสำหรับการศึกษาข้อมูลควรมีขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดชื่อเรื่องของการทดลอง ชื่อของการทดลองควรจะสื่อความหมายไว้ความสนใจ สามารถบอกขอบเขตความกว้างและความลึกของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานทดลองได้และมีความรัดกุมพอสมควร

2. การศึกษารายละเอียดของเนื้อหา ในการทดลองผู้สร้างใบงานการทดลองควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาเป็นอย่างดี การศึกษารายละเอียดของเนื้อหาในเชิง วิเคราะห์ และการเขียนออกมาเป็นภาษาเขียน จะทำให้ผู้สร้างมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอด (Concept) และหลักการ (Principle) ภายในเนื้อหาเหล่านั้นได้เป็นอย่างดี และมองเห็น ขั้นตอนของการทดลอง ที่ควรจะเป็นได้อย่างชัดเจน จนสามารถกำหนดจุดสำคัญของการสอน (Teaching point) ที่เหมาะสมได้

3. การกำหนดวัตถุประสงค์ จากการศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาการทดลองจะช่วยให้ผู้สร้างใบงานทดลองสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลองได้เหมาะสม ซึ่งวัตถุประสงค์การทดลองนั้น ควรพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ทางวิชาการ (Content objective) หมายถึงวัตถุประสงค์ที่ได้จากเนื้อหาสาระของทฤษฎีที่เกี่ยวกับการทดลอง ซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอด (Concept) และหลักการ (Principle) หรือเป็นความสามารถอื่นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการทดลอง

วัตถุประสงค์นอกวิชาการ (Developmental objective) หมายถึงวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับการพัฒนาบุคลิกภาพ หรือพัฒนาทักษะของผู้ปฏิบัติงาน เช่น ความสามารถในการแสวงหาข้อมูล ความมีระเบียบ ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4. การกำหนดขั้นตอนของการทดลอง ผู้สร้างใบงานทดลองจะต้อง พิจารณาวิธีการทดลองที่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาวิชา โดยพิจารณาจากประสบการณ์ของ ผู้สร้างใบงานเอง การทดลองในใบงานหนึ่งๆ นั้น อาจจะมีวิธีการเป็นขั้นตอนได้หลายวิธี ผู้สร้างจะต้องเลือกวิธีการ ที่เหมาะสมที่สุด ที่คิดว่าผู้เรียนจะได้รับการเรียนรู้ และพัฒนาความสามารถได้ดีและรวดเร็วที่สุด และกำหนดขั้นตอนของวิธีนั้นให้ชัดเจนในใบงานทดลอง

5. การวิเคราะห์งาน (Task analysis) หมายถึงการนำเอารายละเอียดของงานมาพิจารณา เพื่อหาองค์ประกอบด้านคุณสมบัติผู้เรียน ชนิดของการเรียนเงื่อนไขหรืออุปสรรคของการทำงาน เพื่อช่วยให้การทำงานได้ผล ในการนำเอาขั้นตอนของการดำเนินงานมาพิจารณาหาองค์ประกอบของความสามารถ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ศึกษางานทั้ง 5 ขั้น จะเป็นข้อมูลที่น่าไปใช้ในการสร้างใบงานการทดลอง (Lab sheet) ต่อไป

2.2.3.4 ขั้นสร้างปฏิบัติงาน การสร้างปฏิบัติงาน (Lab sheet) คือการนำข้อมูล ที่ได้ศึกษาวิเคราะห์มาแล้ว มาจัดรวมกันตามหมวดหมู่ภายใต้หัวข้อที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อเป็น ข้อมูล

แนะนำผู้ปฏิบัติงานให้สามารถดำเนินการทดลองได้ตามวิธีทางที่กำหนด สามารถที่จะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งชื่อใบงาน (Lab sheet) ควรศึกษารายละเอียดของเนื้อหา กำหนดชื่อการทดลอง จำกัดขอบเขตของชื่อการทดลอง

2. การออกแบบวงจรทดลอง ควรเขียนรายการพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองกำหนดอุปกรณ์ เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจร

3. ขั้นตอนวิเคราะห์งาน

3.1 การตั้งวัตถุประสงค์ของการทดลอง (Primary objective) ควรพิจารณาพารามิเตอร์ กำหนดสมมุติฐาน และพิจารณาพฤติกรรม

3.2 การกำหนดกลุ่มงาน (Operation) เขียนคำอธิบายลักษณะของกลุ่มงาน (Operation description) กำหนดงาน (Task) เขียนคำอธิบายลักษณะของงาน (Task description)

3.3 การกำหนดเครื่องมืออุปกรณ์

3.4 การกำหนดวัตถุประสงค์ของกลุ่มงาน

3.5 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์

3.6 การกำหนดความรู้

3.7 การกำหนดทักษะ

4. ขั้นตอนการสรุปผลการวิเคราะห์งาน

4.1 การพิจารณาขั้นตอนการทดลอง

4.2 การพิจารณาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

4.3 การพิจารณารวบรวมวัตถุประสงค์ของกลุ่มงาน (Operation)

4.4 การพิจารณาความรู้ (Knowledge) ที่เกี่ยวข้อง

4.5 การพิจารณาทักษะ (Skill) ที่เกี่ยวข้อง

4.6 การพิจารณาวัตถุประสงค์ของปฏิบัติงาน

5. ขั้นตอนการพัฒนาข้อมูลในปฏิบัติงาน

5.1 การเขียนข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedure information)

5.2 การเขียนข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ (Conclusion information)

5.3 การเขียนข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment information)

5.4 การเขียนข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background information)

5.5 การเขียนข้อมูลทั่วไป (Introductory information)

สรุป การสร้างปฏิบัติงานนั้นจะต้องอาศัยความรู้ ทักษะ ความประณีต ความละเอียดอ่อน ในการพัฒนา และจะต้องครอบคลุมเนื้อหาให้มากที่สุด เน้นการพัฒนาความสามารถและส่งเสริมให้เกิด

ทัศนคติที่ดี ใช้ข้อมูลที่ชัดเจนและตรงประเด็น และมีความพร้อมในเครื่องอำนวยความสะดวก นักเรียนสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และมีความกระตือรือร้นในการเรียน

2.2.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2.2.4.1 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเครื่องมือที่ใช้มากที่สุดในการวัดและประเมินผลการศึกษา เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะคือเป็นความสามารถทางพุทธิพิสัยที่เกิดขึ้นกับนักเรียนภายหลังที่มีการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น ภายใต้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในเนื้อหาที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน นอกจากนี้ในปัจจุบันครูยังมีบทบาทเป็นนักวิจัยที่ต้องพัฒนาการสอนของตนเองและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยการวิจัยในชั้นเรียน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าครูผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นอย่างยิ่ง นักวิชาการได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) เป็นกระบวนการเชิงระบบที่ใช้วัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนการสอนของครู เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน (Gronlund, 1977: 1-2)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะและสมรรถภาพทางสมองที่ผู้เรียนจะได้รับจากประสบการณ์ทั้งจากที่บ้านและโรงเรียน สำหรับโรงเรียนแล้วแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมุ่งที่จะวัดความสำเร็จในเชิงวิชาการ (เยาวดี วิบูลย์ศรี, 2556: 16)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง การวิจัยและพัฒนา เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรตามที่เป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมทางการศึกษา (ณัฐกรณ์ หลาวทอง, 2559: 35)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความรู้เชิงวิชาการของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในการเรียนการสอน เพื่อนำผลที่ได้จากการวัดมาใช้ในการพัฒนา ปรับปรุง กิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป (สมชาย วรภิเษมสกุล, 2559: 109)

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิจัยเชิงทดลองเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรตามที่เป็นผลมาจากการเรียนการสอนเพื่อนำผลที่ได้จากการวัดมาใช้ในการพัฒนา ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

2.2.4.2 ลักษณะการสอบแบบอิงกลุ่มและอิงเกณฑ์

แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ความสามารถของผู้สอบ ดังนั้นแบบทดสอบอิงกลุ่มจึงสร้างและนำมาใช้เพื่อจำแนกระดับความรู้ความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน คะแนนสอบที่ได้จึงนำไปแปลผลโดยการเปรียบเทียบความรู้ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบด้วยกัน

แบบทดสอบอิงเกณฑ์(Criterion-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดระดับการเรียนรู้/ความรอบรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ความสามารถอะไรบ้าง ดังนั้นแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์จึงสร้างอย่างครอบคลุมความรู้ความสามารถที่สำคัญของการเรียนรู้ ที่ต้องการให้เกิดขึ้น คะแนนที่ได้จึงนำมาแปลผลโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

2.2.4.3 ลักษณะของแบบทดสอบที่ดีควรมีลักษณะสำคัญ ดังนี้ (อำนาจ, 2549 : 12)

ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องตรงตามมุ่งหมาย

ความเชื่อมั่น (Reliability) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบต้องมีความคงที่แน่นอนไม่ว่าจะทำการสอบกี่ครั้งผลที่ได้ต้องคงเส้นคงวา

ความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty) มีความพอเหมาะไม่ยาก หรือง่ายเกินไป ข้อสอบโดยทั่วไปควรมีระดับความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นลักษณะที่แบบทดสอบสามารถจำแนกนักเรียนออกตามความสามารถได้ข้อสอบที่นักเรียนตอบถูกหมดหรือผิดหมดจะเป็นข้อสอบ ที่ไม่มีอำนาจจำแนกไม่สามารถจำแนกคนเก่ง คนอ่อนออกจากกันได้

ความเป็นปรนัย (Objectivity) ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัย คือมีความชัดเจนในคำถาม เมื่ออ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจตรงกัน ไม่ตีความไปคนละประเด็น เข้าใจคำถามว่าต้องการถามอะไร การตรวจให้คะแนนตรงกันใครเป็นผู้ตรวจย่อมให้คะแนนตรงกันและแปลความหมายคะแนนตรงกัน

ถามลึก (Searching) ลักษณะของข้อสอบที่ดี ต้องไม่ถามเฉพาะความรู้ความจำเท่านั้น ควรถามให้นักเรียนได้รู้จักคิดหาเหตุผลในการค้นหาคำตอบและควรวัดสมรรถภาพ ที่สูงขึ้น ไป เช่น การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า

คำถามที่มีลักษณะยั่ว (Exemplary) ข้อสอบต้องมีลักษณะท้าทายให้นักเรียนอยากทำ ไม่ง่ายหรือยากเกินไป ไม่ถามซ้ำซากจนน่าเบื่อหน่าย ตลอดจนการเรียงข้อสอบควรเรียงจากง่ายไปหายาก เพราะจะช่วยยั่วให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น

ความยุติธรรม (Fairness) แบบทดสอบที่ดีจะต้องให้ความเสมอภาคกัน ไม่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้เปรียบเสียเปรียบกัน ไม่ลำเอียงเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง อาทิเช่น การออก ข้อสอบให้ตรงกับคำถามที่ ทำรายงานเฉพาะบางกลุ่มทำให้คนอื่น ๆ เสียเปรียบ

มีลักษณะเฉพาะ (Specificity) ผู้สอบที่สามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องจะต้องเป็นผู้มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ มิใช่ใช้สามัญสำนึกก็ตอบข้อสอบได้

มีประสิทธิภาพ (Efficiency) แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพจะให้ ประโยชน์คุ้มค่าที่สุดโดยใช้เวลาแรงงานและเงินน้อยที่สุด

2.2.4.4 ประเภทของแบบทดสอบ แบ่งออกได้หลายลักษณะแล้วแต่เกณฑ์ที่ยึดถือโดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการตรวจดังนี้

แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบ จะต้องรวบรวม จัดระเบียบ ความคิดในการตอบ ซึ่งแบบทดสอบประเภทนี้เหมาะในการวัดด้านความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับอารมณ์ผู้ตรวจ

แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) เป็นแบบทดสอบที่มีการ ให้คะแนนแน่นอนเชื่อถือได้ และไม่ขึ้นอยู่กับอารมณ์ของผู้ตรวจซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิดดังนี้

1. แบบถูก-ผิด (True-False)
2. แบบเติมคำ (Completion)
3. แบบจับคู่ (Matching)
4. แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

2.2.4.5 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีผู้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

(เยาวดี, 2556) กล่าวว่า ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยระบุเป็นข้อๆ และให้วัตถุประสงค์การเรียนรู้เหล่านั้นสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

2. กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

3. เตรียมตารางเฉพาะหรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วน และพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด สั้น กระชับและมีความชัดเจน

4. สร้างแบบทดสอบทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

(อุทุมพร, 2545) กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

1. การระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบ
2. การระบุเนื้อหาหลัก เนื้อหาย่อย
3. การระบุเงื่อนไขในการทดสอบ
4. การทำพิมพ์เขียวแบบทดสอบหรือตารางโครงสร้างวัตถุประสงค์
5. ลงมือสร้างแบบทดสอบตามจำนวนและรูปแบบที่ต้องการ
6. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ

7. จัดทำต้นฉบับ เขียนคำสั่ง คำชี้แจงในการตอบ ตรวจสอบความถูกต้องในการพิมพ์ และใช้ทดสอบ

8. ทำการวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนก เพื่อแก้ไขปรับปรุง สรุปรูป ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ประกอบด้วยการวิเคราะห์หลักสูตร การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การกำหนดเนื้อหาที่จะสร้างแบบทดสอบ การตรวจทาน การนำไปทดลองใช้และการนำไปทดลองใช้จริง การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องให้ตรงและครอบคลุมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ การตั้งคำถามให้มีความชัดเจนในข้อคำถาม นอกจากนั้นแบบทดสอบควรมีความยากง่ายพอเหมาะ จำนวนข้อของแบบทดสอบครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และมีความเวลาในการสอบที่เหมาะสมกับจำนวนข้อของแบบทดสอบ

2.2.4.6 การสร้างแบบทดสอบเลือกตอบ

(สุราษฎร์, 2530) กล่าวว่า หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ว่ามีหลักการสร้างออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การสร้างปัญหาหรือคำถาม

1.1 เขียนคำถามให้สมบูรณ์ โดยการใช้คำที่แสดงลักษณะการถามประกอบ เช่น คำว่าอะไร เพราะเหตุใด และเมื่อไร เป็นต้น

1.2 หากเขียนแบบทดสอบเป็นแบบเอาตัวเลือกมาต่อตัวนำแล้ว จะต้องอ่านแล้วเข้าใจง่ายได้ความหมายสมบูรณ์

1.3 ถามให้ตรงจุดที่จะถามให้เด่นชัด คือ อ่านคำถามแล้วตีความได้ว่าครมุงถามเรื่องอะไรไม่ต้องอ่านกลับไปกลับมา

1.4 อย่าใช้คำถามปฏิเสธเพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก

1.5 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่อาจแนะนำคำตอบ เช่น คำหรือข้อความที่เป็นคำตอบรวมอยู่ในคำถามแล้ว ซึ่งจะทำให้ผู้สอบหาคำตอบได้ง่าย หรืออาจตอบถูกโดยไม่ได้ใช้ความรู้ความคิดจากการเรียนวิชานั้นๆ

1.6 ควรสร้างคำถามให้สั้น กระชับรัด เอาแต่ใจความที่สำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

2.1 เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน หมายความว่า ตัวเลือกทั้งหลายที่สร้างขึ้นจะต้องมีขอบข่ายอยู่ในประเภทหรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีคุณลักษณะบางอย่างร่วมกัน

2.2 ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์

2.3 ตัวเลือกทุกตัวจะต้องให้เป็นอิสระแก่กัน ถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาดโดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดมากเกินไป

2.4 ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือมีคุณค่าในการจูงใจให้ผู้สอบได้เลือกตอบ

2.5 ควรให้ตัวเลือกทุกตัวยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยาวหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย จึงกลายเป็นการแนะนำคำตอบ

2.6 ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมมติฐานหรือเป็นความถูกต้องตามความคิดของกลุ่มบุคคล

2.7 อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้อต้นๆ ไม่มีอิทธิพลกับคำตอบข้อต่อไปเพราะทำให้แบบทดสอบเหล่านั้นขาดคุณค่าและไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

2.8 ให้ที่อยู่ของตัวเลือก เป็นตัวเลือกอยู่ในลักษณะกลุ่ม คือ ให้กระจายคำตอบจากข้อ ก. ถึง ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบอยู่ในข้อที่ซ้ำ ๆ กัน เพราะจะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบได้

สรุป หลักการสร้างแบบทดสอบแบบตัวเลือกส่วนของคำถามควรเป็นคำถามที่กระชับ และชัดเจนไม่ควรใช้คำถามเชิงปฏิเสธ ควรเป็นคำถามที่มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนส่วนของตัวเลือกควรเป็นคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุดเพียงคำตอบเดียว

2.2.4.7 การเลือกใช้แบบทดสอบที่เหมาะสมกับผู้เรียน การเลือกแบบทดสอบ ที่เหมาะสมว่าควรจะเป็นแบบทดสอบแบบไหนในการวัดผลการเรียนของผู้เรียนมีข้อพิจารณา ดังนี้

1. ระดับของวัตถุประสงค์การสอน ได้แก่

ก) วัดขั้นพื้นฐานและขั้นประยุกต์ ควรใช้แบบทดสอบแบบปรนัย

ข) วัดขั้นส่งถ่าย ควรใช้แบบทดสอบแบบอัตนัยและสามารถใช้วัดขั้นพื้นฐานและขั้นประยุกต์ได้

ค) เวลาในการจัดสร้างและการตรวจให้คะแนน ถ้ามีเวลาในการเตรียมออกแบบทดสอบน้อยและมีเวลาพอในการตรวจให้คะแนน ควรใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย แต่ถ้ามีเวลาในการเตรียมออกแบบทดสอบมากและมีเวลาตรวจให้คะแนนน้อยควรใช้แบบทดสอบแบบปรนัย

2. จำนวนผู้เข้าสอบ

ก) ถ้าผู้เข้าสอบมีจำนวนน้อยและไม่ได้ใช้กับกลุ่มอื่นๆ ต่อไปควรใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย

ข) ถ้าผู้เข้าสอบมีจำนวนมากและต้องการใช้ต่อไป ควรใช้แบบทดสอบแบบปรนัย

การสร้างสื่อการเรียนการสอนแบบชุดสาธิต

วัลลภ จันทรตระกูล (2529) การออกแบบและสร้างชุดสาธิต เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุง กระบวนการเรียนการสอนช่วงอุตสาหกรรม คือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่ดี สอดคล้องกับหลักสูตร และผู้สอนได้นำไปใช้ได้อย่างถูกต้องวิธี จะเป็นผลให้คุณภาพการสอนของผู้สอนดีขึ้น ในการผลิตสื่อเพื่อการสอนควรคำนึงถึงระบบและวิธีการสอนที่จะต้องใช้ในการออกแบบและสร้างชุดสาธิต ซึ่งจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ลักษณะของชุดสาธิต

- 1.1 เหมาะสมกับการเรียนการสอนทั้งแบบรายกลุ่มและรายบุคคล
- 1.2 เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของเนื้อหา
- 1.3 เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
- 1.4 ต้องมีการแนะนำวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนขั้นตอนในการสาธิต

2. ลักษณะทางเทคนิคของชุดสาธิต

- 2.1 ง่ายต่อการสาธิต และการนำไปเก็บรักษา
- 2.2 มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการซ่อมแซม
- 2.3 มีความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้งาน

3. ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต

4. สอดคล้องกับระบบการสอน จุดมุ่งหมายการสอน และลักษณะที่จะนำไปใช้

ในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ วัลลภ จันทรตระกูล (2529) ได้กล่าวไว้ว่า ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาขอบข่ายเนื้อหาวิชา ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ต้องดำเนินการควบคู่กันไป ดังนี้ 1. การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อการวางโครงร่าง ลำดับความสัมพันธ์ และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอนโดยศึกษาจากตำรา เอกสาร การสัมภาษณ์ ปรัชญาผู้เชี่ยวชาญ และศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง 2. การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่างของหลักสูตรที่ใช้เรียนของสถานศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันโดยการศึกษาเอกสารหลักสูตร การสอบถาม ครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยให้ในการเลือกและกำหนดหัวข้อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร 3. การสำรวจโรงงาน เป็นการสำรวจสภาพการทำงานของเครื่องมืออุปกรณ์ และเทคนิคที่ใช้ในการทำงานตามหัวข้อเรื่องของชุดสื่อการเรียนการสอน โดยสอบถามวิศวกรโรงงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความรู้และทักษะที่ต้องการในงาน 4. การสำรวจสถานศึกษาเป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในสถานศึกษาตลอดจนปัญหาและอุปกรณ์ในการเรียนการสอน โดยการสำรวจหรือสอบถามจากครูผู้สอน

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ จากขอบเขตเนื้อหาที่นำมาศึกษาเพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นได้ กล่าวคือ ให้รู้ถึงจุดมุ่งหมายและหน้าที่ ของชุดสาธิตว่า ทำอย่างไรจึงจะสามารถทำงานได้ตามต้องการ และสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน ผู้สร้างควรจะต้องออกแบบส่วนต่าง ๆ ของชุดสาธิตอย่างไรจึงจะเป็นไปตามจุดมุ่งหมายและหน้าที่ ที่ต้องกำหนดไว้ หรือถ้ามีการคำนวณเพื่อออกแบบและวิเคราะห์ ส่วนประกอบต่าง ๆ ก็ต้องมีการจัดเตรียมล่วงหน้าและทำการคำนวณให้พร้อม รวมทั้งต้องมองให้ครอบคลุมถึงการประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันและการซ่อมแซม หรือการตรวจปรับส่วนประกอบ ที่สำคัญต้องเตรียม

วิธีการบำรุงรักษาชุดประลองอย่างเหมาะสม เพื่อให้วัตถุประสงค์ของชุด ประลองนี้ครอบคลุมกับการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาวิชา ที่ได้เตรียมการมาแล้ว

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดสาธิตที่ผ่านการวิเคราะห์และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์การสอนหรือชุดสาธิต ที่ทำการออกแบบนี้ สามารถนำไปใช้เป็นทั้งอุปกรณ์การสอนของครู และเป็นอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของผู้เรียน ชุดสาธิตจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม การศึกษาทางช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานเป็นอย่างดี ดังนั้นชุดสาธิตการทดลองต่าง ๆ จึงมีการผลิตขึ้นอย่างมากมาย การออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดสาธิตนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางวิศวกรรมเชิงปฏิบัติมาประยุกต์กับหน่วยงานที่ออกแบบสร้าง ตามลำดับดังนี้ 1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำชุดสาธิตไปใช้ในการสอน การนำชุดสาธิตไปใช้ในการสอนควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตาม เป้าหมายและใช้ได้จริง จะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการและกลุ่มของผู้เรียน จากนั้นก็นำไปใช้เขียนจุดประสงค์เป็นข้อ ๆ และกำหนดขอบเขต และคุณลักษณะของชุดสาธิตที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง 2. การกำหนดหน้าที่ของชุดสาธิต จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดสาธิตที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงรายการหน้าที่ต่าง ๆ ของชุดสาธิต ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด 3. การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดสาธิตทำงานได้ตามรายการหน้าที่ในขั้นตอนนี้เป็น การ คัดค้นสิ่งที่ทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่กำหนดโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัตถุ (Material) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสังภาพสเกตช์ (Sketch) ต่าง ๆ หรือแบบวงจรเพื่อให้ทราบถึงส่วนประกอบของอุปกรณ์ให้มากที่สุด ชิ้นส่วนหรือแบบของงานที่คิดค้นขึ้นมาควรพิจารณาถึงการประกอบความง่ายในการผลิตอุปกรณ์ที่มีใช้ในท้องตลาด และค่าใช้จ่าย 4. การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกซื้อส่วนประกอบของอุปกรณ์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนดเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา 5. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้ว จะต้องนำมาสเกตช์ (Sketch) เป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าว ๆ หรือเป็นภาพชิ้นงานง่าย ๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามรายการหน้าที่กำหนดไว้ ด้วยอุปกรณ์ที่เลือกมาใช้ในส่วนประกอบต่าง ๆ ตามความจำเป็น 6. การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนี้ว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดสาธิตต้องมีแบบภาพประกอบ และการแยก

ขึ้นหรือแบบลายวงจรของแผนวงจรพิมพ์ 7. การเตรียมเอกสารประกอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้าง โดยทั่วไปควรต้องจัดเอกสาร ประกอบ หรือมีคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง 8. การทดลองใช้ชุดสื่อการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษา โดยผู้วิจัยเพื่อค้นคว้า หาข้อบกพร่องต่าง ๆ อาทิเช่น ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน และความสะดวกในการลอกเลียน ขึ้นมาใหม่ 9. การปรับปรุงข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการ ปรับปรุงชุดสื่อการเรียนการสอนให้มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับได้

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

2.3.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพ ของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการ ทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว เมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดี ก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง

2.3.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอนสื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ หน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดี ในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่ มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอนบางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิในโรงเรียนครูคนเดียว) ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้ นักเรียนเกิดการเรียนจริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มี คุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.3.3 สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนการทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมี ความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมองแรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

2.4 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพและวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

2.4.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะ ปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียวตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่มตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนามตั้ง ไว้ 80/80 ถือว่าเป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง อนึ่งเนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหาก การทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไป

อีกหนึ่งชั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.4.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความคุ้มค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และ พฤติกรรมสุดท้าย(ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

2.4.2.1 ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2.4.2.2 ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ $E1/E2 =$ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.4.3 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและโดยการคำนวณธรรมดา

ก. โดยใช้สูตร กระทำโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E1 = \frac{\sum x}{N} \times 100 \quad (2-1)$$

เมื่อ $E1$ คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

N คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชั้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E2 = \frac{\sum F}{\frac{N}{B}} \times 100 \quad (2-2)$$

E2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้รับจากการทดสอบหลังเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วยผลการศึกษาหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียน

ข. โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตรผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนก็สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E1 และ E2 ได้ด้วยวิธีการคำนวณธรรมดา สำหรับ E1 คือค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำได้โดยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละ สำหรับค่า E2 คือประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำได้โดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยละเพื่อหาค่าร้อยละ

2.5 การตีความหมายผลการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า E1 และ E2 ได้แล้ว ผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์โดยยึดหลักการและแนวทางดังนี้ ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ ให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน .05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูง = ± 2.5 นั่นให้ผลลัพธ์ของค่า E1 หรือ E2 ที่ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ไม่เกิน 2.5% และสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% หากคะแนน E1 หรือ E2 ห่างกันเกิน 5% แสดงว่า กิจกรรมที่ให้นักเรียนทำกับการสอบหลังเรียนไม่สมดุลกันเช่น ค่า E1 มากกว่า E2 แสดงว่า งานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่า การสอบ หรือหากค่า E2 มากกว่าค่า E1 แสดงว่า การสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำ จำเป็นที่จะต้องปรับแก้ หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างดีมีคุณภาพค่า E1 หรือ E2 ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพจะต้องใกล้เคียงกันและห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้ที่ยืนยันได้ว่านักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้ายหรืออีกนัยหนึ่งต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่ทำกิจกรรมหรือทำสอบได้เพราะการเดา การประเมินในอนาคตจะเสนอผลการประเมินเป็นเลขสองตัว คือ E1 คู่ E2

เพราะจะทำให้ผู้อ่านผลการประเมินทราบลักษณะนิสัยของผู้เรียนระหว่างนิสัยในการทำงานอย่างต่อเนื่อง คงเส้นคงวาหรือไม่ (ดูจากค่า E1 คือกระบวนการ) กับการทำงานสุดท้ายว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด (ดูจากค่า E2 คือกระบวนการ) เพื่อประโยชน์ของการกลั่นกรองบุคลากรเข้าทำงาน ตัวอย่าง นักเรียนสองคนคือเกษมกับปรีชาเกษมได้ผลลัพธ์ $E1/E2 = 78.50/82.50$ ส่วนปรีชาได้ผลลัพธ์ $82.50/78.50$ แสดงว่านักเรียนคนแรกคือ เกשמทำงานและแบบฝึกปฏิบัติ ทั้งปีได้ 78% และสอบไล่ได้ 83% จะเห็นว่าจะมีลักษณะนิสัยที่เป็นกระบวนการสู่นักเรียนคนที่สองคือปรีชาที่ได้ผลลัพธ์ $E1/E2 = 82.50/78.50$ ไม่ได้

2.6 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

2.6.1 ความหมายของความพึงพอใจ ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ

สุภาลักษณ์ ชัยอนันต์ (2540) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัวที่รู้สึกเป็นสุขหรือยินดีที่ได้รับการตอบสนองความต้องการในสิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ทำให้เกิดความไม่สมดุล ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมที่จะแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมใดๆ นั้น

สนธิ เหลืองบุตรนาถ (2529) ได้ให้ความหมาย ความพึงพอใจ หมายถึง ทำที่ความรู้สึกความคิดเห็นที่มีผลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งภายหลังจากที่ได้รับประสบการณ์ในสิ่งนั้นมาแล้ว ในลักษณะทางบวก คือ พอใจ นิยม ชอบ สนับสนุนหรือมีเจตคติที่ดีต่อบุคคล เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการในทางเดียวกัน หากไม่ได้รับการตอบสนองตามความต้องการจะเกิดความไม่พอใจเกิดขึ้น

ชรีณี เดชจินดา (2535) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด หรือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ความรู้สึกพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อความต้องการของบุคคลได้รับการตอบสนอง หรือบรรลุจุดมุ่งหมายในระดับหนึ่ง ความรู้สึกดังกล่าวจะลดลง และไม่เกิดขึ้น หากความต้องการหรือจุดหมายนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง

จากความเห็นของนักวิชาการสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ เป็นทัศนคติอย่างหนึ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นรูปร่างได้ เป็นความรู้สึกส่วนตัวที่เป็นสุข เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนในสิ่งที่ขาดหายไป และเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมในการแสดงออกของบุคคลที่มีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมนั้น ๆ ความพึงพอใจจะทำให้บุคคลเกิดความสบายใจหรือสนองความต้องการทำให้เกิดความสุข รวมทั้งสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นปัจจัยทำให้เกิดความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ

2.6.2 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ

วิชัย เหลืองธรรมชาติ (2531) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจมีส่วนเกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ คือ ความพึงพอใจจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความต้องการของมนุษย์ได้รับการตอบสนอง ซึ่งมนุษย์ไม่ว่าอยู่ที่ใดย่อมมีความต้องการขั้นพื้นฐานไม่ต่างกัน

มนตรี เฉียบแหลม (2536) กล่าวว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ความรู้สึกพึงพอใจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ บุคคลได้รับในสิ่งที่ตนเองต้องการ หรือเป็นไปตามที่ตนเองต้องการ และความรู้สึกดังกล่าวนี้อาจลดลงหรือไม่เกิด ขึ้นถ้าหากความต้องการหรือเป้าหมายนั้น ไม่ได้รับการตอบสนอง ซึ่งระดับความพึงพอใจจะแตกต่างกัน ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยองค์ประกอบของการบริการความรู้สึกทางลบ ความรู้สึกทางบวก และความรู้สึกมีความสัมพันธ์กันอย่างสลับซับซ้อน และระบบความสัมพันธ์ของความรู้สึกทั้งสามนี้ เรียกว่า ระบบความพึงพอใจโดยความพึงพอใจ จะเกิดขึ้นเมื่อระบบความพึงพอใจมีความรู้สึกทางบวกมากกว่าความรู้สึกทางลบ

จากคำจำกัดความและความหมายของแนวคิดความพึงพอใจที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะมีความคิดเห็นคล้ายคลึงกัน ซึ่งพอสรุปได้ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่เกิดจากความสมดุลหรือความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่คาดหวังและสิ่งที่ได้รับจริง หรือจากการที่ความต้องการได้รับการตอบสนอง หรือจากประสบการณ์ที่เข้าไปใช้บริการและประสบการณ์นั้นตรงตามความคาดหวัง

2.6.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

อุกฤษฏ์ ทรงชัยสงวน (2543) ได้รวบรวมกลุ่มแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจในรูปแบบของแรงจูงใจไว้ 4 กลุ่ม คือ

1. ทฤษฎีการจูงใจของ Maslow (Maslow's Theory motivation) ทฤษฎีนี้เขาได้เสนอความต้องการในด้านต่าง ๆ กัน ของมนุษย์เรียงลำดับจากความต้องการขั้นพื้นฐาน เพื่อการอยู่รอดไปจนถึงความต้องการทางสังคม และความต้องการการยอมรับนับถือจากกลุ่มว่าตนมีคุณค่าและพัฒนาตนเองให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น มาสโลว์ ถือว่าการเรียงลำดับความต้องการนี้มีความสำคัญ โดยมนุษย์จะมีความต้องการในระดับสูง ๆ ได้ก็ต่อเมื่อความต้องการขั้นพื้นฐานได้รับการตอบสนองแล้ว

2. ทฤษฎีการจูงใจ การบำรุงรักษา ของ Herz berg ได้กล่าวถึงปัจจัยการจูงใจ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจ ได้แก่ โอกาส ความสำเร็จ การยอมรับความรับผิดชอบ ความเจริญก้าวหน้า และปัจจัยการบำรุงรักษา ซึ่งเป็นตัวขัดขวางความพึงพอใจ ได้แก่ นโยบายขององค์กร สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

3. ทฤษฎีแรงจูงใจของ Mc Celland ซึ่งแบ่งความต้องการของมนุษย์เป็น 3 ประเภท คือความต้องการความสำเร็จ ความต้องการมีอำนาจ และความต้องการความสัมพันธ์ โดยความต้องการความสำเร็จหรือเรียกว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์นั้น ถ้าบุคคลใดมีสูงจะมีความปรารถนาที่จะทำสิ่งหนึ่งให้ลุล่วงไปด้วยดี

4. ทฤษฎีการคาดหวังของ Vroom ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับแรงจูงใจในการทำงานของบุคคล จะประเมินความเป็นไปได้ของผลที่จะบังเกิดขึ้นแล้ว จึงดำเนินการปฏิบัติที่ตนคาดหวังไว้การจูงใจขึ้นอยู่กับความคิดหวังของมนุษย์ต่อผลที่เกิดขึ้น ทฤษฎีการคาดหวังของ Vroom นี้ทำนายว่าบุคคล จะร่วมกิจกรรมที่เขาคาดหวังว่าจะได้รับรางวัลหรือสิ่งต่างๆ ที่เขาปรารถนา

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541) ได้อธิบายแนวคิดของ Philip Kotler เกี่ยวกับความพึงพอใจของลูกค้าไว้ดังนี้ ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกหลังการซื้อหรือรับบริการของบุคคล ซึ่งเป็นผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการรับรู้ต่อการปฏิบัติงานของผู้ให้บริการ หรือ ประสิทธิภาพของสินค้า ถ้าผลที่ได้รับจากสินค้า หรือ การบริการต่ำกว่าความหวัง ทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ แต่ถ้าระดับของผลที่ได้รับจากสินค้าหรือบริการตรงกับความคาดหวังของลูกค้า ก็จะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจและถ้าผลที่ได้รับจากสินค้าหรือบริการสูงกว่า ความคาดหวังที่ลูกค้าตั้งไว้ ก็จะทำให้ลูกค้าเกิดความประทับใจ

2.6.4 การวัดระดับความพึงพอใจ

Stromberg (1984) การวัดความพึงพอใจของผู้ใช้บริการนั้น จะวัดในเรื่องใดนั้นย่อมแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ที่จะศึกษา แต่มีวิธีที่นิยมใช้กัน

2.6.4.1 การสัมภาษณ์ วิธีนี้ผู้ศึกษาจะมีแบบสัมภาษณ์ที่มีคำถาม ซึ่งได้รับการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ข้อดีของวิธีนี้คือ ผู้สัมภาษณ์อธิบายคำถามให้ผู้ตอบเข้าใจได้ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่อ่านเขียนหนังสือไม่ได้ แต่มีข้อเสียคือการสัมภาษณ์ต้องใช้เวลามาก และอาจมีข้อผิดพลาดในการสื่อความหมาย

2.6.4.2 การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะเป็นคำถามที่ได้ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบหรือเติมคำ ข้อดีของวิธีนี้คือ ได้คำตอบที่มีความหมายแน่นอน มีความสะดวก รวดเร็วในการสำรวจ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ ข้อเสียคือ ผู้ตอบต้องสามารถอ่านออกเขียนได้ และมีความสามารถในการคิดเป็นความพึงพอใจเป็นสภาวะที่มีความต่อเนื่อง ไม่สามารถบอกจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของความพึงพอใจได้ แบบสอบถามถึงนิยมสร้างเป็นแบบมาตราอันดับ

สำหรับการแบ่งระดับของความพึงพอใจของผู้เรียน มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert อ้างถึงในจริพรณ ปิยพสุนทรา, 2545 : 59) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

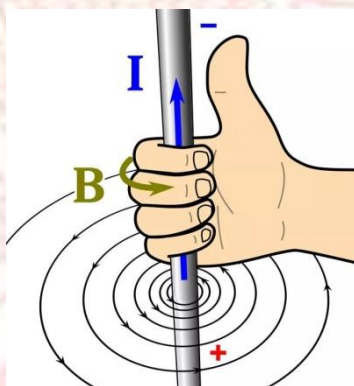
สำหรับการแปลความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายชื่อ ดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด
- 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมาก
- 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับปานกลาง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับพอใช้
- 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.7 พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.7.1 กฎต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ (ดูลิต, 2545)

กฎมือขวาของตัวนำ เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์ก ทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำพบว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำจะทำให้ทิศที่เข็มทิศชี้เปลี่ยนไป นั่นแสดงว่ามีสนามแม่เหล็กรอบตัวนำนั้น ทิศของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นหาได้จาก กฎมือขวา คือ ใช้มือขวากำรอบลวดตัวนำให้นิ้วหัวแม่มือทาบไปตามเส้นลวดตัวนำและไปทางเดียวกับ ทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่กำรอบเส้นลวด จะแสดงทิศของสนามแม่เหล็ก ดังภาพที่ 2-2



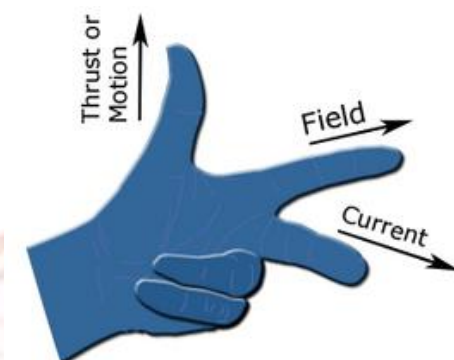
ภาพที่ 2-2 กฎมือขวาของตัวนำ

(อาจารย์, 2563)

กฎมือซ้ายของเฟลมมิง ใช้สำหรับหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก หรือการหาทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยเมื่อป้อนทิศทางการกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดตัวนำ ซึ่งลวดตัวนำอยู่ในสนามแม่เหล็ก โดยยกมือซ้ายขึ้นมาแล้วให้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือซ้าย วางตั้งฉากซึ่งกันและกัน

- นิ้วชี้แทนทิศทางการของสนามแม่เหล็ก
- นิ้วกลางแทนทิศทางการของกระแสไฟฟ้า

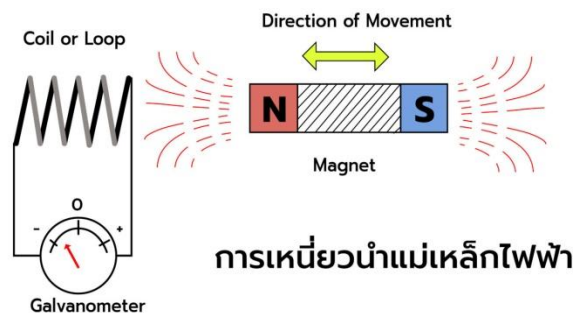
- นิ้วหัวแม่มือจะเป็นทิศทางของแรงการเคลื่อนที่ หรือ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์



ภาพที่ 2-3 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง
(วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2567)

2.7.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำเกิดจากการที่มีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำเรียกรวมการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลักษณะนี้ว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic induction) และเรียกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current) โดยที่ปลายทั้งสองของเส้นลวดตัวนำมีความต่างศักย์ ดังนั้นถ้าต่อเส้นลวดตัวนำนี้ให้ครบวงจร ก็จะมีกระแสไฟฟ้าในวงจร แสดงว่าปลายทั้งสองของเส้นลวดตัวนำทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced electromotive force) หรือ อีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ (induced emf) กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์สรุปได้ว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดเป็นส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดนั้นเมื่อเทียบกับเวลา กฎของเลนซ์มีใจความว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดจะทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำในทิศทางที่จำทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ขึ้นมาต้านการเปลี่ยนแปลง ของฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านขดลวดนั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์ ขณะหมุนจะมีฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวด ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศทางตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเดิม เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ ในกรณีมอเตอร์ติดขัดหรือหมุนช้ากว่าปกติ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าน้อยทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดมีค่ามาก อาจทำให้ขดลวดร้อนจนไหม้ได้ จึงจำเป็นต้องตัดสวิตช์เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ทุกครั้งที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับมีค่าน้อย



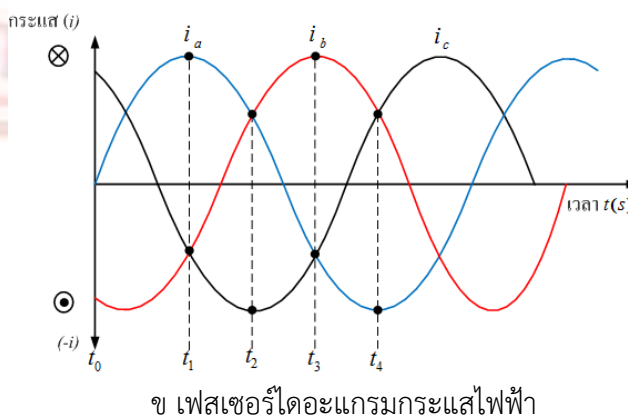
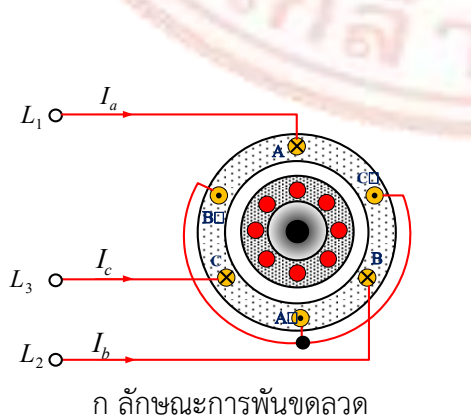
ภาพที่ 2-4 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

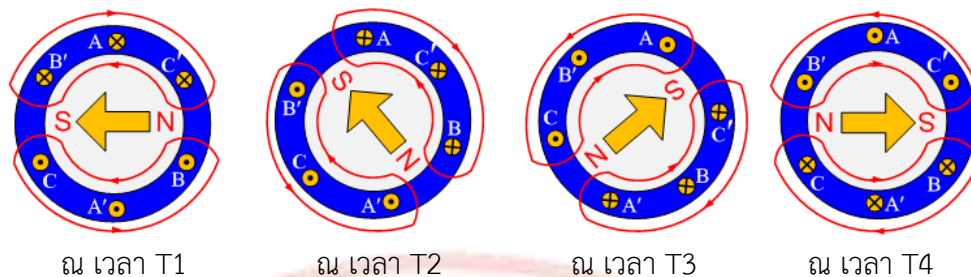
(S.A.J.I. (THAILAND) CO.)

2.7.3 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุน (ดุสิต, 2545)

ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสนามเหล็กที่เกิดขึ้นจะมีค่าคงที่หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง ขั้วแม่เหล็ก เพราะกระแสไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางเดียวกัน แต่ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในสเตเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ซึ่งถ้าพิจารณาตามช่วงเวลาที่จะเปลี่ยนแปลงจะพบว่าสนามแม่เหล็ก หรือขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในสเตเตอร์จะมีการเคลื่อนที่ไปรอบๆ หรือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นจึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นในสเตเตอร์

สนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เกิดจากการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับขดลวด 3 ชุด คือชุด A, ชุด B และชุด C ที่พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กโดยวางมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้าซึ่งกันและกัน มีการต่อใช้งานได้ทั้งแบบสตาร์และเดลตา ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ก และขดลวดทั้ง 3 ชุดจะมีคุณลักษณะทั้งขนาด, ความต้านทานและรีแอคแตนซ์ของขดลวดที่เหมือนกันทุกประการ ดังนั้นเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและไหลในขดลวดทั้ง 3 ชุด ที่วางมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้า เช่นเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ข





ค. การเกิดสนามแม่เหล็กหมุน ณ เวลา T1-T4

ภาพที่ 2-5 การเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ 3 เฟส
(การออกแบบพันมอเตอร์, 2554)

ผลจากการวางขดลวดทั้ง 3 ชุดห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้า 3 เฟสเข้าในขดลวดดังกล่าวมาแล้ว ณ คาบเวลาที่เปลี่ยนไปจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนดังภาพที่ 2-5 ซึ่งสนามแม่เหล็กหมุนจะมีความเร็วเท่ากับ synchronous speed สามารถอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนได้ดังนี้

สนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส แสดงให้เห็นได้จากการพิจารณาในภาพที่ 2-5 ข และ ค ที่มีความสัมพันธ์กันของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ia, ib และ ic กับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ตามการเปลี่ยนแปลงของเวลาจากเวลา T1 – T4

เมื่อพิจารณาที่เวลา T1 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ia มีค่าอยู่ในครึ่งบวกกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ต้น A และออกที่ปลาย A' ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ib และ ic มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย B', C' และออกที่ต้น B, C ดังนั้นเมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้วเส้นแรงแม่เหล็กรวมจะวิ่งจากด้านขวามือไปทางด้านซ้ายมือตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา T2 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ia และ ib มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุด จะเข้าที่ต้น A, B และออกที่ปลาย A', B' ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ic พบอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย C' และออกที่ต้น C เมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กรวมจะวิ่งจากด้านล่างเฉียงขึ้นด้านบนตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา T3 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ib มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด จะเข้าที่ต้น B และออกที่ปลาย B' ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ia และ ic มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุดจะเข้าที่ปลาย A', C' และออกที่ต้น A, C ดังนั้นเมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กรวมจะวิ่งจากด้านล่างเฉียงขึ้นด้านบนตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา T_4 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_b และ i_c มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุด จะเข้าที่ต้น B, C และออกที่ปลาย B', C' ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_a พบอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย A' และออกที่ต้น (A) เมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กรวมจะวิ่งจากด้านซ้ายมือไปด้านขวามือตามลูกศรนั่นเอง

2.7.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ไชยชาญ หินเกิด(2012) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆ สเตเตอร์เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรถัดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปใช้กับภาระที่ต้องการหมุนได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์อะซิงโครนัสและมอเตอร์ซิงโครนัส ซึ่งที่กล่าวในบทนี้จะเป็นมอเตอร์อะซิงโครนัส ที่เรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ไปจนถึงขนาดหลายร้อยแรงม้า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟสและชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนี้นั้นส่วนมากแล้วจะหมุนด้วยความเร็วคงที่แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ เช่น มอเตอร์สลีปรिंगหรือมอเตอร์ชนิดขดลวดพัน ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ โรเตอร์ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแต่จะได้อาจจากการเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงเรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1. มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก ซึ่งมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ 1 เฟส และชนิดที่เป็น 3 เฟส 2. มอเตอร์ชนิดขดลวดพันหรือชนิดวาวด์หรือมอเตอร์สลีปรึง ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส โดยทั่วไปมอเตอร์ทุกประเภทจะมีส่วนประกอบหลัก หรือส่วนประกอบเบื้องต้นคล้ายกันคือ สเตเตอร์หรือตัวที่อยู่กับที่และโรเตอร์หรือตัวหมุน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของรายละเอียดของส่วนประกอบปลีกย่อยดังนี้

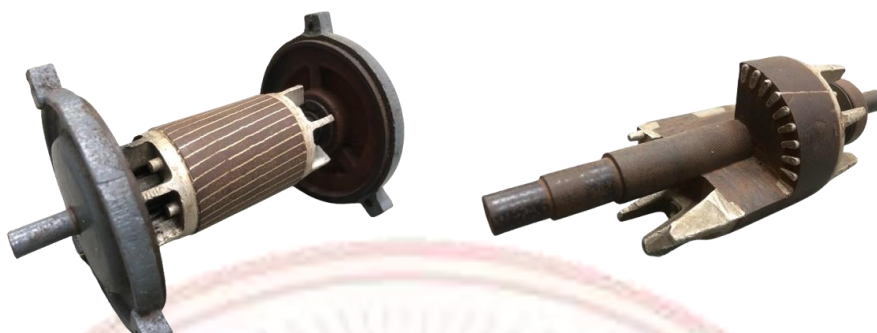
สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่(Stator) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งจะประกอบด้วยโครงของมอเตอร์แกนเหล็กสเตเตอร์ และขดลวด โดยโครงมอเตอร์(Frame or Yoke)จะทำด้วยเหล็กหล่อทรงกระบอก

กลวง ฐานส่วนล่างจะเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง ดังแสดงในภาพที่ 2-6 โดยที่โครงจะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กสเตเตอร์ให้แน่นอยู่กับที่ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์ จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีป เพื่อช่วยในการระบายความร้อน ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กๆ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากขึ้น แต่ถ้าใช้เหล็กหล่อก็จะให้มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก นอกจากนี้แล้ว โครงของมอเตอร์ยังอาจทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวมันเป็นแผ่นมันวับรูปทรงกระบอก แล้วเชื่อมติดกันให้มีความแข็งแรง เช่น มอเตอร์สปลิตเฟส เป็นต้น แกนเหล็กสเตเตอร์(Stator Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ มีลักษณะกลมเจาะตรงกลางและเจาะร่องภายในโดยรอบแผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่า ลามิเนต ซึ่งจะถูกเคลือบด้วยซิลิกอน เหล็กแต่ละแผ่นจะมีความหนาประมาณ 0.025 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3(A) หลังจากนั้นจึงนำไปอัดเข้าด้วยกันจนมีความหนาที่เหมาะสม เรียกว่าแกนเหล็กสเตเตอร์ ขดลวด (Stator Winding) จะมีลักษณะเป็นเส้นลวดทองแดงเคลือบฉนวนที่เรียกว่า อินาเมล พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์ตามรูปแบบต่างๆ ของการพันมอเตอร์



ภาพที่ 2-6 สเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนียว 3 เฟส

โรเตอร์แบบกรงกระรอก(Squirrel cage rotor) จะประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆ ที่เรียกว่า แผ่นเหล็กลามิเนต ซึ่งจะเป็นแผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นกลมๆ เจาะร่องผิวภายนอกเป็นร่องโดยรอบ ตรงกลางจะเจาะรูสำหรับสวมเพลลา และจะเจาะรูรอบๆ รูตรงกลางที่สวมเพลลาทั้งนี้เพื่อช่วยให้ในการระบายความร้อน และยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบาลง เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลลาแล้วจะได้เป็นแกนเหล็กโรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งตัวทองแดงหรือแท่งอะลูมิเนียมหล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางทั้งสองด้านด้วยวงแหวนตัวนำทั้งนี้ เพื่อให้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้าหรืออาจนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปในแบบพิมพ์แล้วฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไปในร่อง ก็จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในร่องจนเต็มและจะได้ขดลวดตัวนำแบบกรงกระรอกฝังอยู่ในแกนเหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 2-7 ขดลวดในโรเตอร์นั้นจะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่งซึ่งอาจใช้ทองแดง หรืออะลูมิเนียมประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะคล้ายกรงนกหรือกรงกระรอก



ภาพที่ 2-7 โรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โอภาส รักษาบุญ และชัยพล ธงชัยสุรศักดิ์กุล (2056, บทความย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ชุดประลอง และรูปแบบการให้การฝึกอบรม เรื่องการออกแบบตัวควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยการพัฒนากิจกรรมการให้การฝึกอบรมด้วยรูปแบบการฝึกอบรมแบบร่วมมือและแบบศูนย์การเรียนรู้ CLCT (Collaborative and Learning Center Training) ภายใต้หลักการ ADDIE (Analyze-Design-Develop-Implement-Evaluate) อาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์งานของพนักงาน จากงานวิจัยจากหลักสูตรเดิม จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และการวิเคราะห์ความต้องการการฝึกอบรมจากอาจารย์ที่สอนด้านการขับเคลื่อนไฟฟ้า ศึกษาการพัฒนาความรู้และทักษะ ด้วยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการจัดกิจกรรมการให้การฝึกอบรมโดยจัดเป็นศูนย์การเรียนรู้สามศูนย์และศูนย์สำรองหนึ่งศูนย์ และใช้ชุดประลองเป็นสื่อในการฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) ชุดประลองการออกแบบตัวควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ประกอบด้วย โปรแกรม LabVIEW DAQ วงจรขยาย ชุดอินเวอร์เตอร์ และมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด 3 เฟส ขนาด 0.375 kW 2) คู่มือการฝึกอบรม ประกอบด้วย เอกสารประกอบการฝึกอบรมจำนวน 3 หัวข้อเรื่อง คือ การออกแบบ ตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี การออกแบบตัวควบคุมแบบพีซี และการออกแบบตัวควบคุมแบบไฮบริด ใบแนะนำกิจกรรมการอบรม และคู่มือวิทยากร 3) แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละศูนย์การเรียนรู้ และแบบทดสอบภายหลังเสร็จสิ้นการอบรม 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เข้าฝึกอบรม และ 5) แบบบันทึกการปฏิบัติงานของผู้เข้าฝึกอบรม กลุ่มตัวอย่างในการทดลองคือ อาจารย์สายช่างอุตสาหกรรมปฏิบัติการสอนในด้านการขับเคลื่อนไฟฟ้า จำนวน 30 คน คน ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกอบรมมีประสิทธิภาพด้านความรู้ 82.75/82.17 ด้านทักษะ 86.98/85.60 ผู้เข้าฝึกอบรมมีการพัฒนาการเรียนรู้สูงขึ้นทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิธีการจัดกิจกรรมการให้การฝึกอบรมแบบร่วมมือและแบบศูนย์การเรียนรู้มีผลให้ผู้ฝึกอบรมมีพฤติกรรมกลุ่มและผลลัพธ์การปฏิบัติการทดลองอยู่

ในเกณฑ์ดีมาก และความพึงพอใจเมื่อได้รับการอบรมด้วยชุดประลองที่สร้างขึ้นควบคู่กับกิจกรรมการอบรมแบบร่วมมือและแบบศูนย์การเรียนรู้ในระดับมาก

นันทนัช วัฒนสุภิญญา (2017, บทคัดย่อ) การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก สำหรับใช้ในการสอนวิชาฟิสิกส์ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี บทความนี้ได้เสนอแนวคิดว่าการสอนวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานที่มีเนื้อหาวิชาเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ที่เน้นทฤษฎี จากการสังเกตพฤติกรรม ในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักศึกษาส่วนหนึ่งขาดความสนใจ ไม่กระตือรือร้นในการเรียน ฟังแบบไม่ตั้งใจ เพราะรายวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ผู้เรียนมักมองว่าน่าเบื่อ เนื้อหายาก เข้าใจยากและไม่น่าสนใจ เนื่องจากเน้นการเรียนเนื้อหาทฤษฎี การสอนเนื้อหาเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนอาจไม่สามารถจินตนาการภาพตามได้ ไม่สามารถเข้าใจในเรื่องที่ผู้สอนกำลังพยายามสื่อให้เข้าใจ เนื่องจากไม่เห็นภาพด้วยตา หรือไม่สามารถสัมผัสได้ เพราะฉะนั้นเพื่อความเข้าใจในเนื้อหา ผู้สอนจึงได้ออกแบบนวัตกรรมเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนขึ้นมา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น เพราะต้องลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง (Boonyang, et al., 2016, pp. 223-237) และสามารถเข้าใจในเนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น เพื่อแก้ปัญหาดังที่กล่าวมา ควรให้สถาบันทางการศึกษามีชุดทดลองที่เกี่ยวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และทดลองปฏิบัติการ และราคาไม่แพง ที่สถาบันทางการศึกษาต่างๆ สามารถผลิตขึ้นได้เองจากวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่าย เพราะผู้เรียนจะได้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริงหรือทำได้จริงจากสิ่งที่เรียน ทำให้เกิดความสนุกในการเรียน เมื่อได้ลงมือปฏิบัติจริง เข้าใจในสิ่งที่เรียน ประสบความสำเร็จในการเรียน ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21 ผลจากงานวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองมีประสิทธิภาพที่ 95 /85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพชุดทดลอง โดยมีคุณภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 3.77/4.00$) ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปในการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่อง แรงจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มี กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และกฎของแอมแปร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักการและสอดคล้องกับทฤษฎี 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักศึกษามีระดับความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลอง เรื่อง กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.21/5.00$)

(ฤทัย และ สุขแก้ว, 2566) การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยมีสมมติฐานของการวิจัย คือ ชุดการสอน เรื่อง การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ด้านความรู้ 80/80

ด้านทักษะ 75/75 วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน ซึ่งประกอบด้วย คู่มือครู คู่มือ นักศึกษา ชุดทดลอง ที่ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส จากนั้นเป็น การประเมินคุณภาพของชุดการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา อุปกรณ์กลไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558 สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย จำนวน 29 คน โดยเลือกแบบเจาะจงตามสภาพจริง ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพ ของชุดการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดการสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก การหาประสิทธิภาพของชุดการ สอน เรื่องการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ชุดการสอนมีประสิทธิภาพด้านความรู้ 83.62/80.20 และมีประสิทธิภาพด้านทักษะ 93.33/93.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยภาพรวมชุด การสอนที่สร้างขึ้นเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้พัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(ดร.เผด็จ และ ญัฐพล, 2556)การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กและการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ เหนี่ยวนำ อันเป็นผลจากแท่งโรเตอร์เฉียงด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์แบบ 3 มิติ งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองผลสนามแม่เหล็กและการสั่นสะเทือนทางกลของมอเตอร์ เหนี่ยวนำสามเฟส เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบถึงการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อพิจารณา ร่องโรเตอร์เฉียงออกเป็น 3 แบบได้แก่ ร่องโรเตอร์แบบร่องตรง ร่องโรเตอร์แบบเฉียงครึ่งร่อง และร่อง โรเตอร์แบบเฉียงเต็มร่อง การจำลองผล ได้ใช้วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ แบบ 3 มิติ ที่มีการเปลี่ยนแปลงตาม เวลาประกอบกับการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์จากหนังสือ และบทความทางวิชาการจำนวนมากที่มีการ ดำเนินงานกับมอเตอร์ขนาดพิกัดใกล้เคียงกันกับงานวิจัยนี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ ที่สมบูรณ์และเพียงพอต่อการจำลองผล เพื่อศึกษาถึงแรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นแรงภายนอกมากระทำ กับมอเตอร์ให้เกิดการสั่นสะเทือน โดยคำนวณผลการสั่นสะเทือนจากการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ การประดิษฐ์ไฟไนท์อีลิเมนต์ขึ้น เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ใช้โปรแกรม MATLAB โดยรับค่าอินพุต จากโปรแกรมการสร้างกริดสำเร็จรูปชื่อ Solid Work พร้อมแสดงผลด้วยภาพกราฟฟิคต่าง ๆ ที่ แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางไฟฟ้าและทางกลของมอเตอร์ เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ผล

(ฤทธิ์รงค์ และ สุวิมล, 2553)การศึกษาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสโดย การควบคุมความถี่ของอินเวอร์เตอร์ จากงานวิจัยได้กล่าวว่า ปัจจุบันมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ถูกนำมา ประยุกต์ใช้งานในหลากหลายประเภทโดยเฉพาะ อย่างยิ่งในระบบขับเคลื่อนต่างๆ ในโรงงาน อุตสาหกรรม เพราะข้อดีของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เช่น ราคาถูกและสะดวกต่อการบำรุงรักษา อย่างไรก็ตาม การควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำมักเป็นปัญหาเสมอ ในปัจจุบันสามารถแก้ปัญหาได้ โดยการประยุกต์ใช้งานด้วยอินเวอร์เตอร์ อีกทั้ง ยังสามารถทำให้การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำมี ประสิทธิภาพสูงและสามารถประหยัดพลังงาน โครงการนี้จึงได้นำเสนอผลกระทบของการนำ

อินเวอร์เตอร์มาควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความถี่, ฮาร์โมนิกส์ และกระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำขณะทำการได้ถูกศึกษา

บุญทัน ศรีบุญเรือง(2548, บทคัดย่อ) การทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์ กล่าวว่า มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามประเภทของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ก็สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งในปัจจุบันกล่าวได้ว่ากว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของเครื่องต้นกำลังในอุตสาหกรรมใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำทั้งสิ้น การทำโครงการวิศวกรรมครั้งนี้ได้นำมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสมาทำการทดสอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของมอเตอร์หลังจากใช้งานไปแล้ว 500 ชั่วโมง โดยคาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลทั่วไป ซึ่งการทดสอบเริ่มจากการนำมอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า และขนาด 1 แรงม้าจำนวนอย่างละหนึ่งตัวมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบมีเครื่องวัดค่ากระแสไฟฟ้า เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า ฐานที่ใช้ประกอบมอเตอร์เข้ากับชุดทดลอง ชุดทดลองสร้างแรงบิดให้กับมอเตอร์โดยกำหนดป้อนภาระให้กับเครื่องทดสอบมอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า กำหนดป้อนภาระเท่ากับ 2.1 Nm และเครื่องทดสอบมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า กำหนดป้อนภาระเท่ากับ 6.5 Nm. ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะให้เครื่องทดสอบทำงานครั้งละ 10 ชั่วโมง จะได้วันละ 1 ครั้ง และจะทำการทดสอบจนกระทั่งครบ 500 ชั่วโมง ซึ่งจะเก็บผลทุก ๆ 10 ชั่วโมง และนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ ผลของค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทำการทดสอบครั้งนี้คือมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า สามารถวัดค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นได้เท่ากับ 0.655 หรือ 65.5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทดสอบไปแล้ว 500 ชั่วโมง สามารถวัดค่าประสิทธิภาพได้เท่ากับ 0.656 หรือ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของ มอเตอร์ ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าสามารถวัดค่าประสิทธิภาพเริ่มต้น ได้เท่ากับ 0.997 หรือ 99.7 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำการทดสอบไปแล้ว 500 ชั่วโมง สามารถวัดค่า ประสิทธิภาพได้เท่ากับ 0.968 หรือ 96.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพของมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง ค่อนข้างเห็นได้ชัดกว่ามอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1. เพื่อสร้างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส 2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลรายวิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อกำหนดหน่วยการเรียนรู้ เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและสร้างชุดสาธิตขึ้น โดยรายละเอียดของการวิจัยมีดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลสำหรับชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

3.1.2 จัดทำชุดสาธิต (ใบปฏิบัติงาน, แบบทดสอบ)

3.1.3 ทดลองใช้งานชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส (ทดลองใช้ชุดสาธิต (Try Out) และนำชุดสาธิตไปใช้งานจริง (Implement))

3.1.4 วิเคราะห์และประเมินผลการวิจัย

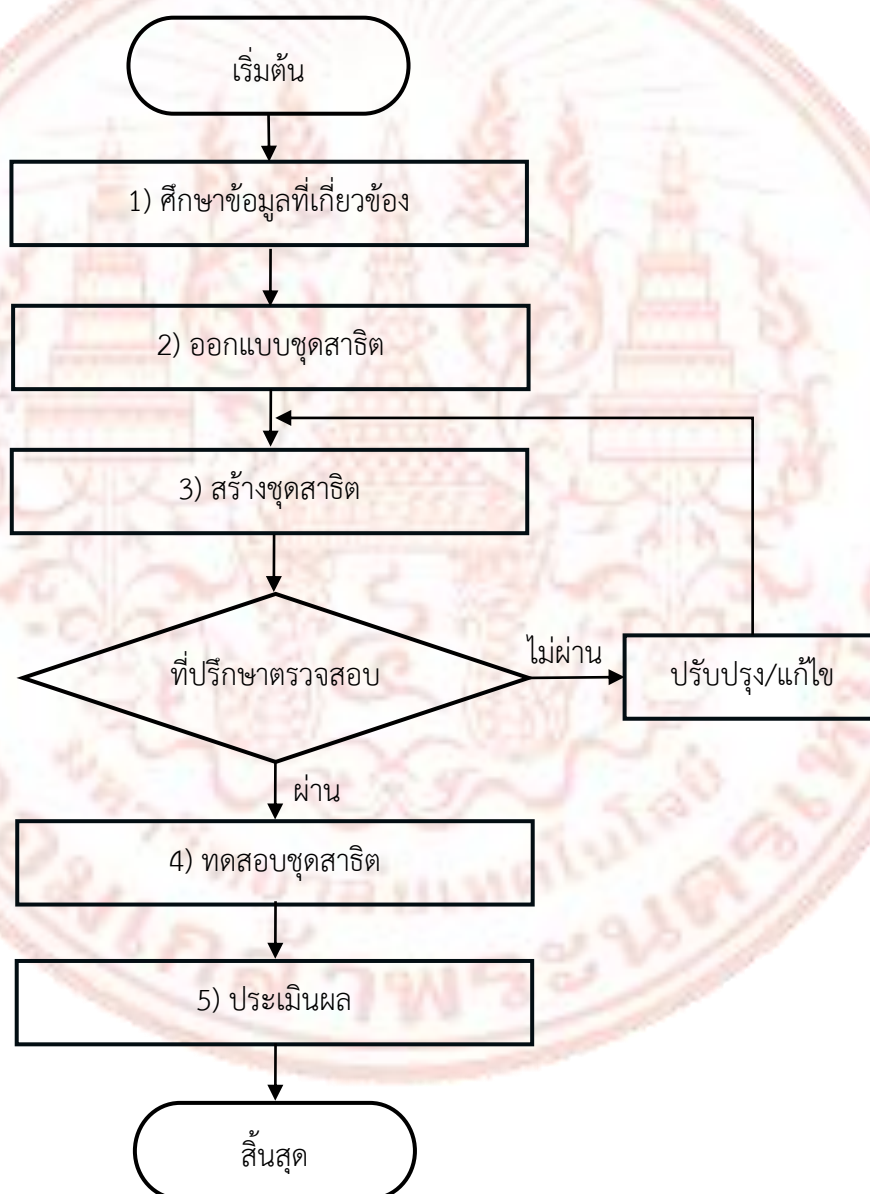
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 การสรุปผล

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลสำหรับชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ในการดำเนินการจัดสร้างชุดสาธิตขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มีความรู้และเข้าใจในเนื้อหาวิชาเพิ่มมากขึ้น โดยขั้นตอนการศึกษาสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลสำหรับชุดสาธิต

3.1.1.1 ดำเนินการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบใช้ชุดสาธิต หรือการสอนแบบชุดการสอน โดยเริ่มต้นจากการเลือกรายวิชาที่มีความจำเป็นต้องมีสื่อของจริง ประกอบการสอน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 เนื่องจากเป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับทฤษฎี กฎ สูตรต่างๆ อีกทั้งยัง มีการฝึกปฏิบัติทดสอบประสิทธิภาพมอเตอร์ การพันขดลวดมอเตอร์ จากนั้นเลือกหน่วยการเรียนรู้ใน รายวิชาดังกล่าวที่มีความสำคัญของเนื้อหาและหน่วยการเรียนรู้ที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้งาน ภาควิชาปฏิบัติ แล้วดำเนินการศึกษารายละเอียดการจัดทำใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบ ใบความรู้

3.1.1.2 การวิเคราะห์เนื้อหา/หน่วยการสอน ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดเนื้อหาของ หน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดขึ้นจากเอกสาร ตำรา สื่อสารสนเทศ จากนั้นใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม ที่ จำแนกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ 1. ด้านพุทธิพิสัย 2. ด้านทักษะพิสัย และ 3. ด้าน จิตพิสัย ซึ่งในแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ความสำคัญของหัวข้อการเรียนดังนี้ ด้านพุทธิพิสัย ประกอบด้วย 1. ความรู้, ความจำ 2. ความเข้าใจ 3. การนำไปใช้ 4. การวิเคราะห์ 5. การสังเคราะห์ 6. การประเมินค่า ด้านทักษะพิสัยกำหนดให้มีความจำเป็น และไม่มีมีความจำเป็น และด้านจิตพิสัย กำหนดให้มีความจำเป็น และไม่มีมีความจำเป็น ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์หน่วยการสอนโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

หน่วย การ เรียนที่	ชื่อหน่วย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์							
		พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย
		1	2	3	4	5	6		
1	พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	✓	✓	✓	x	x	x	x	x
2	มอเตอร์สปลิตเฟส	✓	✓	✓	x	x	x	x	x
3	มอเตอร์คาปาซิเตอร์	✓	✓	✓	x	x	x	x	x
4	มอเตอร์เซ็ดเด็ดโพล	✓	✓	✓	x	x	x	✓	✓
5	มอเตอร์รีฟลซัน	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
6	มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	มอเตอร์ซิงโครนัส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส หลายความเร็ว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	การพันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	การพันขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	การตรวจสอบและบำรุงรักษามอเตอร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์

พุทธิพิสัย	ทักษะพิสัย	จิตพิสัย
1 = ความรู้, ความจำ	✓ = จำเป็น	✓ = จำเป็น
2 = ความเข้าใจ	x = ไม่จำเป็น	x = ไม่จำเป็น
3 = การนำไปใช้		
4 = การวิเคราะห์		
5 = การสังเคราะห์		
6 = การประเมินค่า		

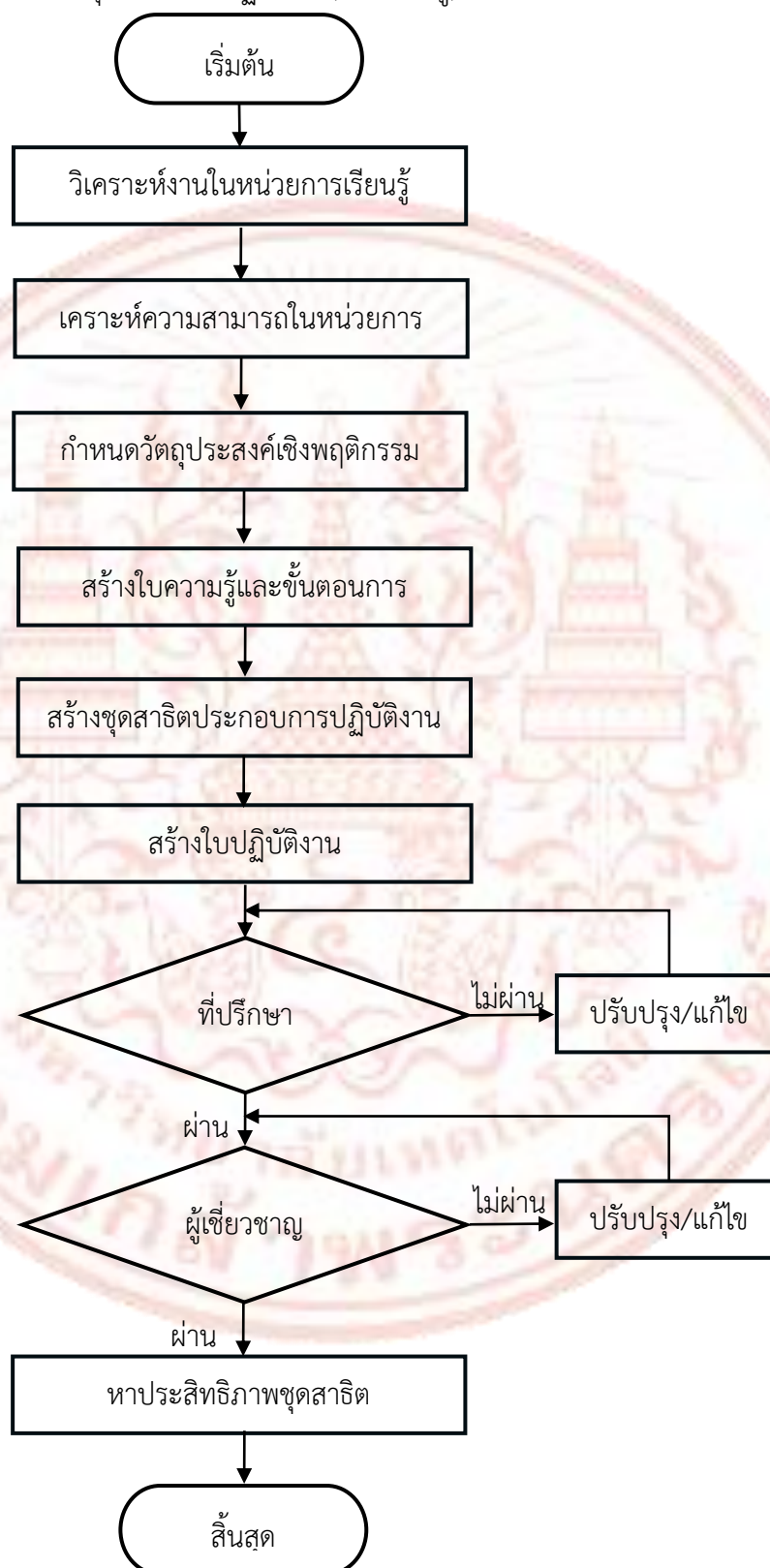
จากการวิเคราะห์เนื้อหาทั้งหมด 12 หน่วยการเรียนรู้ วิจัยเลือกมา 2 หน่วย ได้แก่หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องพื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้นี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่จะช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจและทักษะที่ต้องใช้ร่วมกับรายวิชาอื่น และหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้นี้เป็นเนื้อหาสาระของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย และเป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

3.1.1.3 ศึกษาการออกแบบชุดสาธิต เพื่อให้ได้ชุดสาธิตที่ตรงตามการวิเคราะห์ความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้ที่เลือก มีประสิทธิภาพ มีองค์ประกอบของชุดสาธิต เช่น ใบปฏิบัติงาน อุปกรณ์แสดงผล เครื่องมือวัด แบบทดสอบ

3.1.1.4 แนวทางการสุมและวิธีที่ผู้วิจัยเลือก ซึ่งประกอบด้วยความหมายของคำที่เกี่ยวข้อง ประเภทของการสุมกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาชุดสาธิต ได้แก่ นันทนัช วัฒนสุภิญโญ (2017) การพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก สำหรับใช้ในการสอนวิชาฟิสิกส์ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี, ฤทัย ประทุมทอง และอรุณ สุขแก้ว (2023, บทคัดย่อ) การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส, โอภาส รักษาบุญ และชัยพล ธงชัยสุริยศักดิ์กุล (2056) เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ชุดทดลอง และรูปแบบการให้การฝึกอบรม เรื่องการออกแบบตัวควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

3.1.2 การจัดทำชุดสาธิต (ใบปฏิบัติงาน, ใบความรู้, แบบทดสอบ)



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการจัดทำชุดสาธิต

3.1.2.1 จากที่ได้ทำการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาในส่วนภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติของการสร้างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ออกมาได้ 3 ใบปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ใบปฏิบัติงานที่ 2 เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส

3.1.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้มีความเหมาะสมกับทักษะการปฏิบัติงาน และสอดคล้องกับแบบทดสอบ

3.1.2.3 ผู้วิจัยได้นำร่างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ก่อนจะนำชุดสาธิตที่จัดสร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งมีแบบการประเมินดังนี้

1) แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบผู้เชี่ยวชาญจะประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ โดยมีความระดับการพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบฝึกหัดตรงตามวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบฝึกหัดตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบฝึกหัดตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เกณฑ์การหาค่า IOC

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5–1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2) แบบประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิต ทำการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมชุดสาธิต โดยถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกทักษะเป็นชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ทั้งหมด 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ด้านที่ 2 ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ด้านที่ 3 ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

โดยผู้วิจัยได้ประเมินความเหมาะสมของชุดสัทธิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้
- 1 หมายถึง เหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

การให้ความหมายของค่าที่วัดได้ กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายซึ่งการให้ความหมายของค่าเฉลี่ยเป็นช่วงคะแนนและเป็นรายชื่อ ดังนี้

- ระดับ 5 คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.50–5.00 หมายถึง มากที่สุด
- ระดับ 4 คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.50–4.49 หมายถึง มาก
- ระดับ 3 คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.50–3.49 หมายถึง ปานกลาง
- ระดับ 2 คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.50–2.49 หมายถึง พอใช้
- ระดับ 1 คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.49 หมายถึง ควรปรับปรุง

3.1.3 การทดลองใช้ชุดสัทธิ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อได้ชุดสัทธิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ผู้วิจัยได้นำชุดสัทธิไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้ชุดสัทธิ โดยมีขั้นตอนการทดลองใช้ดังภาพที่ 3-2

3.1.3.1 การจัดเตรียมความพร้อมของชุดสัทธิและใบความรู้ โดยก่อนเริ่มกระบวนการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ทำการจัดเตรียมเอกสารที่ประกอบด้วยเนื้อหาและใบปฏิบัติงาน โดยมีสื่อประกอบการสอนที่มีความเหมาะสมเพื่อช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.1.3.2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้งานกับชุดสัทธิ ผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่กำหนดไว้ คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จำนวน 20 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้งานชุดสัทธิ

3.1.3.3 เริ่มทดลองใช้ชุดสัทธิกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้นำชุดสัทธิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาค่าความยาก (Difficulty Index) และอำนาจจำแนก (Discrimination Index) ของแบบทดสอบซึ่งคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ หาค่าความยาก (Difficulty Index) และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) ของแบบทดสอบและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ใช้เกณฑ์ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ,2540) การหาค่าความยาก (Difficulty Index) ของแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ เขียนสมการได้ ดังสมการที่ 3-7 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index) ของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเขียนสมการได้ ดังสมการที่ 3-8 การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2) การหาประสิทธิภาพของชุดสาธิต เป็นชุดฝึกการทำงานขางสนามแม่เหล็ก หมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ในการใช้กับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร E_1/E_2 โดยใช้เกณฑ์ 80/80 ตามสูตรที่ 3-3 และ 3-4

3.1.3.4 สรุปผลที่ได้จากการใช้ชุดสาธิตและแบบทดสอบ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้จริงในขั้นตอนต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

3.2.1 การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของผู้เชี่ยวชาญและความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดฝึกทักษะฯ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (3-1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ คือ ผลรวมคะแนนทั้งหมด
 N คือ จำนวนข้อมูล

3.2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3-2)$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x คือ จำนวนข้อมูล
 $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 N คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

3.2.3 การหาประสิทธิภาพของชุดสาธิต ในการใช้ฝึกกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร E1/E2 (ชัย ยงค์, 2556)

$$E1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N}\right)}{A} \times 100 \quad (3-3)$$

$$E2 = \frac{\left(\frac{\sum y}{N}\right)}{B} \times 100 \quad (3-4)$$

- เมื่อ E1 คือ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ
 E2 คือ ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum x$ คือ คะแนนรวมจากการทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมระหว่างเรียน
 $\sum y$ คือ ผลคะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน
 A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน
 B คือ คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียน
 N คือ จำนวนผู้เรียน

3.2.4 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item objective Congruence: IOC) ระหว่าง วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และข้อสอบหาได้จากสูตรต่อไปนี้ (ล้วน และอังคณา, 2543)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-5)$$

- เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง
 $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2.5 การหาประสิทธิภาพชุดสาธิตด้านปฏิบัติตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 หาได้จากสูตร

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3-6)$$

- เมื่อ P คือ ค่าร้อยละ
 f คือ ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
 N คือ จำนวนความถี่ทั้งหมด

3.3 การสรุปผล

การวิเคราะห์ผลการดำเนินการวิจัย โดยใช้ข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ทั้ง 5 ท่าน (รายละเอียดดังภาคผนวก ค) และข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้ชุดสาธิต การทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้น

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การสรุปจากการดำเนินการวิจัย เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนแล้ว และให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดสาธิตเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำเอาข้อเสนอแนะและผลการประเมินค่าทางสถิติมาประเมินค่า จากนั้นนำผลที่ได้และข้อเสนอแนะต่างๆ มาปรับปรุงและพัฒนาชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส สําหรบนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส และหาประสิทธิภาพของชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดสาคิตโดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

4.3 การเปรียบเทียบผลผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบก่อนและหลังทดลองของนักเรียนที่ใช้ชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส

4.1 ผลการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จากการการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส สําหรบนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้าวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ได้จัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอน และพัฒนาชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส

ชุดสาคิตการทํางานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนํ้า 3 เฟส ที่พัฒนาขึ้นนี้ ตัวมอเตอร์ได้ทำการเจาะฝาครอบด้านหน้าออกบางส่วนเพื่อแสดงให้เห็นส่วนประกอบภายใน ถูกติดตั้งอยู่กับโครงอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่มีแผงอะคริลิกใสแสดงการเชื่อมต่อวงจรขดลวด และเพื่อให้มองเห็นโครงสร้างภายในตัวมอเตอร์ได้อย่างชัดเจน รายละเอียดของชุดสาคิตแสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ชุดสาริตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

1. มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟส ตัดฝัครอบด้านหน้าออกเป็น 3 ส่วน จุดประสงค์เพื่อให้ผู้ทดลองได้เห็นโครงสร้างภายใน และสะดวกเมื่อทำการทดลองตามใบปฏิบัติงาน ส่วนฝัครอบด้านท้าย ติดตั้งเข้ากับแท่งสแตนเลสเพื่อให้การถอด - ประกอบฝัครอบท้ายให้สะดวกต่อการทดลองและไม่สูญหาย

2. แผงควบคุมและจอแสดงผล ติดตั้งมิเตอร์แสดงผลระดับแรงดัน(V), กระแสไฟฟ้า(A) และความถี่ (Hz) ของแต่ละเฟสเพื่อให้ผู้ทดลองบันทึกผลการทดลองลงในปฏิบัติงาน

3. ขั้วต่อสายไฟ ติดตั้งจุดต่อแรงดันไฟฟ้าชนิด 3 เฟส คือ L1, L2 และ L3 สำหรับเชื่อมต่อ กับชุดอินเวอร์เตอร์

4. ป้ายแสดงรายละเอียดมอเตอร์ (Nameplate) ทำการยิงเลเซอร์ที่แผงอะคริลิก ด้านหน้าเพื่อให้ผู้ทดลองได้ศึกษาและต่อวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

4.1.2 เอกสารประกอบการเรียนการสอน ประกอบด้วย

- 1) ใบความรู้ เรื่องหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กหมุน
- 2) ใบความรู้ เรื่องความเร็ว ความถี่โรเตอร์ กำลังและกระแสไฟฟ้าของโรเตอร์
- 3) ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- 4) ใบปฏิบัติงานที่ 2 เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า
- 5) ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 6) แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน จำนวน 30 ข้อ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- 7) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน



ภาพที่ 4-2 ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดสาธิตโดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

การหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยใช้แบบสอบถามประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางผลการประเมินความเหมาะสมเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ด้าน ที่	รายการประเมิน	ระดับความ เหมาะสม					$\bar{x}$	S.D.	ความ เหมาะสม
		5	4	3	2	1			
1. ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
1.1	ความครบถ้วนของเนื้อหา	4	1				4.8	0.45	มากที่สุด
1.2	ความถูกต้องทางวิชาการ	4	1				4.8	0.45	มากที่สุด
1.3	ความสอดคล้องกับหลักสูตรฯ	3	2				4.6	0.55	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.73	0.12	มากที่สุด
2. ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
2.1	ชุดสาธิตมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5					5.0	0.00	มากที่สุด
2.2	ชุดสาธิตฯ สอดคล้องกับใบปฏิบัติงาน	5					5.0	0.00	มากที่สุด
2.3	การส่งเสริมให้เกิดทักษะการเรียนรู้	4	1				4.8	0.45	มากที่สุด
2.4	ความปลอดภัยเมื่อปฏิบัติงาน	1	4				4.2	0.45	มาก
2.5	มีความสะดวกและคล่องตัวเมื่อใช้ประกอบการสาธิต	3	2				4.6	0.55	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.72	0.33	มากที่สุด

ตารางที่ 4-1 ตารางผลการประเมินความเหมาะสมเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงาน
ของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส (ต่อ)

ด้าน ที่	รายการประเมิน	ระดับความ เหมาะสม					$\bar{x}$	S.D.	ความ เหมาะสม
		5	4	3	2	1			
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
3.1	ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4		1			4.6	0.89	มากที่สุด
3.2	ใบปฏิบัติงานมีความถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	2	3				4.4	0.55	มาก
3.3	มีลำดับขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน	4	1				4.8	0.45	มากที่สุด
3.4	การบันทึกข้อมูลผลการทดลองมีความเหมาะสม	3	2				4.6	0.55	มากที่สุด
3.5	การวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความเหมาะสม	4	1				4.8	0.45	มากที่สุด
3.6	แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (IOC) ที่เหมาะสม	3	2				4.6	0.55	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.63	0.17	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถสรุปผลการประเมินในแต่ละด้านได้ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ย อยู่ที่ 4.73 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด 2) ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ย อยู่ที่ 4.72 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด 3) ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ย อยู่ที่ 4.63 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด

4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบก่อนและหลังทดลองของนักเรียนที่ใช้ชุดสาคิการ ทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

การหาความแตกต่างของการทดสอบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นจึงได้ทำการทดลองโดยใช้ชุดสาคิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสจำนวน 3 ใบปฏิบัติงาน เมื่อทำการปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แล้วนำผลของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้งสองครั้ง มาวิเคราะห์ผลหาค่าความแตกต่างของคะแนน ซึ่งผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาคิการ
ทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ในกรเรียนการสอน

คนที่	กลุ่มตัวอย่าง		คนที่	กลุ่มตัวอย่าง	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน			คะแนนเต็ม 30 คะแนน	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน		คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	17	28	11	19	27
2	18	26	12	17	18
3	17	27	13	18	26
4	18	26	14	20	20
5	20	29	15	16	25
6	16	30	16	17	28
7	22	30	17	21	30
8	23	27	18	15	27
9	20	20	19	20	30
10	16	29	20	18	29
รวม				368	532
เฉลี่ย				18.4	26.6

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\sum x$	$\bar{X}$	S.D.	df	t	sig
คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน	20	368	18.4	2.16	19	9.12	0.00
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	20	532	26.6	3.5			

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4-3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดสาคิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 18.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ก่อนเรียน 2.16 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 26.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) หลังเรียน 3.5 ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าชุดสาคิมีผลต่อการพัฒนาความรู้และทักษะของนักเรียน ค่าระดับนัยสำคัญ ทางสถิติต่ำกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า มีความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า t-test ที่ได้ 9.12 แสดงว่าคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนก่อนเรียน

บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่ได้สร้างขึ้นและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ ผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.1 สรุปการวิจัย

5.1.1 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดสร้างชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัสวิชา 20104-2008 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

2) เอกสารประกอบชุดสาคิต จำนวน 3 ชุด

2.1) ใบความรู้เรื่องหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กหมุน

2.2) ใบความรู้เรื่องความเร็ว ความถี่โรเตอร์ กำลังและกระแสไฟฟ้าของโรเตอร์

2.3) ใบงานการทดลองสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ใบงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ใบงานที่ 2 เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า

ใบงานที่ 3 เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3

เฟส

2.4) แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียนพร้อมเฉลย

ลำดับขั้นตอนในการใช้ชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส กับการเรียนการสอนเป็นไปตามขั้นตอนต่อไปนี้ ก่อนเริ่มกระบวนการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) จำนวน 10 ข้อ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเริ่ม

กระบวนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตพร้อมพร้อมแจกใบความรู้ และใบปฏิบัติงาน โดยให้นักเรียนจับกลุ่ม 6-7 คน เพื่อการศึกษาและทดลองตามขั้นตอนใบปฏิบัติงาน เมื่อขั้นตอนการปฏิบัติงานสิ้นสุดแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน และทำตามขั้นตอนดังกล่าวจนครบทั้ง 3 ใบงาน

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความเหมาะสม จากข้อมูลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และจากผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญดังต่อไปนี้

1) ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ ของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ผู้วิจัยได้ทำการเชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ทำการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.73 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด 2) ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.72 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด 3) ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ยที่ 4.63 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด

2) ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส จากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะที่ใช้เกณฑ์ $E1/E2 = 80/80$ พบว่า E1 มีค่าร้อยละ 85 หมายถึงนักเรียนร้อยละ 85 ได้คะแนนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และค่า E2 มีค่าร้อยละ 88.67 หมายถึง นักเรียนทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งค่าทั้งสอง($E1/E2$) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าชุดฝึกทักษะมีประสิทธิภาพสูง

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียนของนักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนกับชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ ผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 18.4 และผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 26.6 ค่าความแตกต่างทางสถิติ ($T\text{-Test} = 9.12, \text{sig.} = 0.000$) สามารถสรุปได้ว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.00

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินการสร้างชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส และเก็บรวบรวมข้อมูลผลการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสสามารถอภิปรายได้ดังนี้

จากผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถสรุปได้ว่า ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.12 ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.72 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.33 ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ได้คะแนนเฉลี่ย อยู่ที่ 4.63 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.17

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ของนักเรียนที่ผ่านการสอนด้วยชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ระดับค่าผลคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบก่อนเรียนอยู่ที่ 18.4 และระดับค่าผลคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบหลังเรียนอยู่ที่ 26.6 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน จำนวน 30 ข้อ ด้วยวิธีการ T-Test พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.00 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าสูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($T\text{-Test} = 9.12, \text{sig.} = 0.00$) แสดงให้เห็นว่าชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสสามารถช่วยส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ทั้งทางด้านเนื้อหาและทางด้านปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยนำชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มาใช้จัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพบว่านักเรียนให้ความสำคัญและมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น จึงมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้ใช้ประกอบการสอนในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส พบว่า

5.3.1 ด้านชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

5.3.1.1 ควรเพิ่มอุปกรณ์แสดงผลด้านกำลังไฟฟ้า (Watt Meter) ให้กับชุดสาธิต เพื่อให้ นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องของกำลังไฟฟ้าที่คำนวณลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

5.3.1.2 ปรับแต่งชุดถอดประกอบฝาครอบท้ายมอเตอร์ให้มีความสะดวกระหว่าง การปฏิบัติงาน

5.3.1.3 เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหล เนื่องจากชุดสาธิตเป็นโลหะที่เป็นสื่อนำทางไฟฟ้า

5.3.2 ด้านเอกสารประกอบชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

5.3.2.1 เพิ่มเติมเนื้อหาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีสนามแม่เหล็กลงในใบความรู้

5.3.2.2 ออกแบบใบปฏิบัติงานให้มีความครอบคลุมทั้งรายวิชา

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2545). *คู่มือพัฒนาสื่อการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ศูนย์กลางดพรว.

การออกแบบพินมอเตอร. (6 ตุลาคม 2554). www.blogger.com. เรียกใช้เมื่อ 2567 จาก
[www.blogger.com: https://xn-m.blogspot.com/2011/10/blog-post.html](https://xn-m.blogspot.com/2011/10/blog-post.html)

แหมมณี ทิศนา. (2545). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ควรวาเวช บุญเกื้อ. (2550). *นวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: SR Printing.

จันทมาศ อาจวงค์. (14 สิงหาคม 2563). เรียกใช้เมื่อ 12 มกราคม 2567 จาก facebook:
[https://www.facebook.com/photo.php?fbid=3217667305021092&id=406167566171094
&set=a.409698355818015](https://www.facebook.com/photo.php?fbid=3217667305021092&id=406167566171094&set=a.409698355818015)

จามรมา (ทองอุไร) อุทุมพร. (2545). *เทคนิคการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรการศึกษานัน*
พื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: ฟินนี้.

เจน Duangduan Tiyaboot. (12 กรกฎาคม 2549). เรียกใช้เมื่อ 4 มกราคม 2567 จาก GotoKnow:
<https://www.gotoknow.org/posts/38185>

ชัยยงค์ พรหมวงศ์และคณะ. (2526). *เทคโนโลยีและการสื่อสารศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ตรีศาสตร์ ปรียา. (2530). *การสร้างชุดการสอนวิชาภาษาไทย(ท402)เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย*
และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ.
ปริญญาานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการ, 44.

ประทุมทอง ฤทัย, และ อรุณ สุขแก้ว. (2566). *การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มต้น*
มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส. กรุงเทพฯ.

เผ่าละออ ดร.เผด็จ, และ ประดับเพชร ญัฐพล. (2556). การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กและการสัมผัสของมอเตอร์เหนี่ยวนำ อันเป็นผลจากแท่งโรเตอร์เฉื่อยด้วยวิธีไฟในทอสิเมนต์แบบ 3 มิติ. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนาร.

พรหมจันทร์ สุราษฎร์. (2530). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พรหมวงศ์ ชัยยงค์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากร, 7-26.

และอรพรรณ ยูพิน พิพิธกุล. (2531). สื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วงษ์ใหญ่ วิชัย. (2525). พัฒนาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 3 โอเดียนสโตร์.

วิบูลย์ศรี เขียวดี. (2556). การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีโสภา ฤทธิ์รงค์, และ เวฬุ สุวิมล. (2553). ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยการควบคุมความเร็วของอินเวอร์เตอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศุขปรีดี ลัดดา. (2522). เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร: รงพิมพ์พิเศษ.

สังเงิน วิฑิตพงศ์. (1 กุมภาพันธ์ 2563). เรียกใช้เมื่อ 9 ธันวาคม 2567 จาก GotoKnow:
<https://www.gotoknow.org/posts/674925>

สุรพัฒน์บุรี ฉลองชัย. (2528). การเลือกและการใช้สื่อการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา.

สุรยราช ดุสิต. (2545). ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

แสงเดช กุศยา. (2545). ชุดการสอนคู่มือครูพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: แม็คเอดดูเคชั่น.

(9 กันยายน 2567). เรียกใช้เมื่อ 14 มกราคม 2567 จาก วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี:

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%8E%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%82%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%8>

7%E0%B9%80%E0%B8%9F%E0%B8%A5%E0%B8%A1%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%87

LTD. S.A.J.I. (THAILAND) CO. (ม.ป.ป.). *S.A.J.I. (THAILAND) CO.,LTD.* เข้าถึงได้จาก S.A.J.I.

(THAILAND) CO.,LTD.: [https://sa-](https://sa-thai.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%9F/)

[thai.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%9F/](https://sa-thai.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B9%81%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%9F/)

This is Mendeley biography



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
- เอกสารขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสถิติที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ขุนไชย

คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่ง : ประธานหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติ

สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข

คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยนครพนม

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาศิรา สนธิธรรม

คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่ง : ประธานหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร สิทธิวงศ์

คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

5. นายสุรศักดิ์ สวัสดิ์รักษ์กุล

คุณวุฒิ : ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการกองบริการการจำหน่าย

สถานที่ทำงาน : การไฟฟ้านครหลวง เขตบางขุนเทียน

เอกสารขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

ที่ อว 7104.2/270



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ขุนไชย

อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม

ด้วย นายรุ่งโรจน์ อินจัน รหัสประจำตัว 66-020258-5607-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสาคิตการทำงาน
สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวิ ทยะมิม เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อ
ประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ภคินี น้อยยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/271



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข
อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

ด้วย นายรุ่งโรจน์ อินจัน รหัสประจำตัว 66-020258-5607-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสาคิตการทำงาน
สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิ ทยะมิน เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบกรจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อ
ประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณี น้อยย้ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/272



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพระยาเพชรบุรี 1 บางซื่อ กทม. 10800

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาศิรา สนธิธรรม

อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ด้วย นายรุ่งโรจน์ อินจัน รหัสประจำตัว 66-020258-5607-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสาคิตการทำงาน
สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี หะยะมิน เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อ
ประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยย้ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/273



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร สัทธวงค์

อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ด้วย นายรุ่งโรจน์ อินจัน รหัสประจำตัว 66-020258-5607-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสาคิตการทำงาน
สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภักวี ทยะมัน เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อ
ประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ภกณี น้อยยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภกณี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ที่ อว 7104.2/274



ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายสุรศักดิ์ สวัสดิ์รักษกุล

ผู้อำนวยการกองบริการจำหน่ายการไฟฟ้านครหลวงเขตบางขุนเทียน

ด้วย นายรุ่งโรจน์ อินจัน รหัสประจำตัว 66-020258-5607-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดสาคิตการทำงาน
สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิ ทยะมิน เป็นอาจารย์
ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อประเมินชุดสาคิตที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อ
ประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ภาวิ ทยะมิน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิ น้อยยิ่ง)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302

โทรสาร 02 587 8255

ภาคผนวก ข

- หลักสูตรรายวิชา
- แบบประเมินหน่วยการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้
- แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน
- แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดสาคิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาคิต
- ผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดสาคิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

หลักสูตรรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567
สาขาวิชาช่างไฟฟ้า

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ พลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า

สภาพรายวิชา หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ

รหัสวิชา 20104-2008 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

จำนวนหน่วยกิต (ท-ป-น) 1-6-3 เวลาศึกษา 126 คาบเรียน

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ถอดและประกอบชิ้นส่วน พันขดลวดและต่อวงจร วัดและทดสอบ ตรวจสอบและบำรุงรักษา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส ด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย มีความซื่อสัตย์ และมีความรับผิดชอบ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับชนิด โครงสร้าง ส่วนประกอบ หลักการทำงานและคุณลักษณะของ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส
2. มีทักษะเกี่ยวกับการตรวจสอบมอเตอร์ ถอดประกอบ พันขดลวด ต่อวงจร ทดสอบและ บำรุงรักษา
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. มีความสามารถในการประยุกต์ใช้หลักการทำงานและคุณลักษณะ ถอดและประกอบชิ้นส่วน การพันขดลวดและต่อวงจร และบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟสชนิดต่างๆ
2. ถอดและประกอบชิ้นส่วน การพันขดลวดและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส
3. วัดและทดสอบคุณลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส
4. ใช้งานและบำรุงรักษาการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส
5. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงาน ถอด ประกอบชิ้นส่วน การพันขดลวด ต่อวงจร และบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับชนิด โครงสร้าง และส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟสและมอเตอร์ไฟฟ้าหลายความเร็ว หลักการทำงาน การกลับทิศทางการหมุน คุณลักษณะการนำไปใช้งานและบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส งานถอดประกอบมัดขดลวด มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส งานทำฟอร์มคอยล์ พันขดลวด มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส งานลงขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส งานต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟสงานทดสอบวงจรมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส



แบบประเมินหน่วยการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ ก-1 หัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

หน่วยการเรียนที่	ชื่อหน่วย	สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมง
รวม			

แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้

การประเมินความสำคัญและรายละเอียดเนื้อหาการเรียนรู้ในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 12 หน่วยการเรียนรู้ โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม(Benjamin S. Bloom, 1913-1999) โดยแบ่งระดับพฤติกรรมการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. พุทธิพิสัย 2. ทักษะพิสัย 3. จิตพิสัย ดังตารางที่ ก-2

ตารางที่ ก-2 การประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

บทเรียน ที่	ชื่อหน่วย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์							
		พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย
		1	2	3	4	5	6		

หมายเหตุ : ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์

พุทธิพิสัย

1 = ความรู้, ความจำ

2 = ความเข้าใจ

3 = การนำไปใช้

4 = การวิเคราะห์

5 = การสังเคราะห์

6 = การประเมินค่า

ทักษะพิสัย

/ = จำเป็น

X = ไม่จำเป็น

จิตพิสัย

/ = จำเป็น

X = ไม่จำเป็น

แบบประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา

การประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหาเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ว่าผู้เรียนควรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับใดเมื่อผ่านการเรียนการสอน

ตารางที่ ก-3 ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับ พฤติกรรม ที่พึงประสงค์	จำนวน แบบทดสอบ

หมายเหตุ : ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์

พุทธิพิสัย

1 = ความรู้, ความจำ

2 = ความเข้าใจ

3 = การนำไปใช้

4 = การวิเคราะห์

5 = การสังเคราะห์

ทักษะพิสัย

1 = เลียนแบบ

2 = ทำตามคำสั่ง

3 = ทำเพื่อความถูกต้อง

4 = ทำอย่างสร้างสรรค์ต่อเนื่อง

5 = ทำได้เหมือนธรรมชาติ

จิตพิสัย

1 = การรับ

2 = การตอบสนอง

3 = การให้คำนิยม

4 = การจัดรวบรวม

5 = การพัฒนาลักษณะนิสัย

6 = การประเมินค่า

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ที่มีต่อแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง มั่นใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
 0 หมายถึง ไม่มั่นใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
 -1 หมายถึง มั่นใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส					
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	1. องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าประกอบด้วยอะไรบ้าง ก. สนามแม่เหล็ก ข. ขดลวดตัวนำ ค. การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหรือตัวนำ ง. ถูกทุกข้อ				
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	2. กฎมือขวาของตัวนำกล่าวไว้อย่างไร ก. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ข. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ค. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (ต่อ)					
	ง. ถูกทุกข้อ				
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	3. กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งมีวัตถุประสงค์อย่างไร ก. เพื่อหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ข. เพื่อหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ ค. เพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำหรือการหมุนของมอเตอร์ ง. เพื่อหาดำแหน่งขั้วแม่เหล็ก				
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	4. Rotating magnetic field หมายถึงอะไร ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน				
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	5. Synchronous speed หมายถึงอะไร ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน				
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	6. องค์ประกอบที่ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีกี่ชนิด ก. 1 ชนิด ข. 2 ชนิด ค. 3 ชนิด ง. 4 ชนิด				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (ต่อ)					
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	7. องค์ประกอบที่ทำให้ลูกบอลเหล็กเคลื่อนที่ได้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อใด ก. กระแสไฟฟ้า และความถี่ ข. แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ง. กระแสไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็ก				
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	8. สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กหมุนคือข้อใด ก. $N_s = \frac{120f}{p}$ ข. $N_s = \frac{120p}{f}$ ค. $N_s = \frac{100f}{p}$ ง. $N_s = \frac{100p}{f}$				
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้	9. ในมอเตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วยขดลวดที่วางห่างกันกี่องศาทางไฟฟ้า ก. 90 องศาทางไฟฟ้า ข. 120 องศาทางไฟฟ้า ค. 150 องศาทางไฟฟ้า ง. 240 องศาทางไฟฟ้า				
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้	10. ถ้ามอเตอร์ 8 ขั้วแม่เหล็ก ใช้กับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะเป็นอย่างไร ก. 600 รอบต่อนาที ข. 750 รอบต่อนาที ค. 900 รอบต่อนาที ง. 1,200 รอบต่อนาที				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า					
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	1. แม่เหล็กชนิดใดสามารถควบคุมขั้วแม่เหล็ก ได้ ก. แม่เหล็กไม่ถาวร ข. แม่เหล็กไฟฟ้า ค. แม่เหล็กถาวร ง. ไม่มีข้อถูก				
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	2. การหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่ เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำโดยใช้กฎมือขวาของ ตัวนำ นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของอะไร ก. ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก ข. ทิศของขั้วแม่เหล็ก ค. ทิศของแรงดันไฟฟ้า ง. ทิศของกระแสไฟฟ้า				
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	3. มอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็น พลังงานชนิดใด ก. พลังงานศักย์ ข. พลังงานกล ค. พลังงานจลน์ ง. พลังงานแม่เหล็ก				
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	4. สนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์เกิดขึ้นจาก อะไร ก. กระแสไฟฟ้า 3 เฟส ข. เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ค. กระแสไฟฟ้า 2 เฟส ง. การเหนี่ยวนำ				
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	5. องค์ประกอบที่ทำให้เข็มทิศเคลื่อนที่ได้ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อใด ก. กระแสไฟฟ้า และความถี่ ข. แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ง. กระแสไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็ก				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)					
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	6. เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดของมอเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเป็นอย่างไร ก. มอเตอร์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น ข. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กที่ลดน้อยลง ค. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กคงเดิม ง. ผิดทุกข้อ				
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	7. เมื่อต้องการเพิ่มอัตราความเร็วการหมุน ของเข็มทิศสามารถทำได้โดยวิธีการใด ก. เพิ่มแรงดันไฟฟ้า ข. เพิ่มความถี่ระบบไฟฟ้า ค. เพิ่มกระแสไฟฟ้า ง. เพิ่มกำลังไฟฟ้า				
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	8. แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีผลต่อความเร็ว มอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อ ความเร็วมอเตอร์				
3. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างความถี่ กับการหมุน ของเข็มทิศได้	9. หากความถี่ของระบบไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจะ ส่งผลต่อความเร็วมอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อ ความเร็วมอเตอร์				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)					
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการหมุนของเข็มทิศได้	10. มอเตอร์จะมีพฤติกรรมอย่างไรเมื่อความถี่ระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกินกว่าพิกัดที่กำหนด ก. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะส่งผลเสียหากความถี่มากเกินไป ข. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะไม่เกินพิกัดที่กำหนดตามเนมเพลท ค. ความเร็วการหมุนคงที่แม้ว่าความถี่จะเปลี่ยนแปลง ง. ความเร็วการหมุนลดลงเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้น				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส					
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	1. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มีลักษณะ อย่างไร ก. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมี ขดลวดพันที่สเตเตอร์จำนวน 3 ชุด พันห่าง กันเป็นมุม 120 องศาทางไฟฟ้า ข. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีส ลิปริงที่โรเตอร์จำนวน 3 ตัว ค. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมี ขดลวดพันที่โรเตอร์จำนวน 3 ชุด ง. มอเตอร์ 3 เฟส แบบพันขดลวดจะมีโร เตอร์เป็นแบบกรงกระรอก				
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	2. หากต้องการเปลี่ยนแปลงความเร็ว สนามแม่เหล็กหมุนวิธีการใดเหมาะสมที่สุด ก. ใช้รีโอสตัสปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเข้า สู่มอเตอร์ ข. เปลี่ยนแปลงขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ค. เปลี่ยนแปลงความถี่ของระบบไฟฟ้า ง. ใช้มัลติทรอปของมอเตอร์				
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	3. ข้อใดไม่ใช่หลักการทำงานของมอเตอร์ ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ก. อาศัยหลักการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้า ข. อาศัยหลักการดูดและผลักกันของ สนามแม่เหล็ก ค. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำของ สนามแม่เหล็ก ง. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าที่ โรเตอร์				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส (ต่อ)					
2. อธิบายการ เริ่มต้น มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	4. การต่อวงจรเพื่อนำไปใช้งานของมอเตอร์ 3 เฟสมีกี่วิธีอะไรบ้าง ก. แบบสตาร์และเดลตา ข. แบบอนุกรมสตาร์และแบบอนุกรมเดลตา ค. แบบขนานสตาร์และแบบขนานเดลตา ง. แบบผสมสตาร์และแบบผสมเดลตา				
2. อธิบายการ เริ่มต้น มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	5. มอเตอร์ 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ 2.8 แอมแปร์ ต้องการต่อกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ควรต่อวงจรปลายสายอย่างไร ก. แบบอนุกรม ข. แบบผสม ค. แบบสตาร์ ง. แบบเดลตา				
2. อธิบายการ เริ่มต้น มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	6. เมื่อความถี่ในระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง จะส่งผลอย่างไรกับความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน ก. ไม่มีผลต่อความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน ข. มีผลต่อความเร็วสลิปไม่ใช่สนามแม่เหล็กหมุน ค. แปรผกผันตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่ ง. แปรผันตรงตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่				
3. คำนวณค่า ต่างๆ ที่ สัมพันธ์กับ ความเร็วรอบ ได้ถูกต้อง	7. ข้อใดคือสูตรที่ใช้คำนวณหาความเร็วโรเตอร์ ก. $N_r = (s-1)N_s$ ข. $N_r = (1-s)N_s$ ค. $N_r = 120f/p$ ง. $N_r = (N_s-S)N_s$				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส (ต่อ)					
3. คำนวณค่าต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับความเร็รรอบได้ถูกต้อง	จากคำถามด้านล่างที่กำหนดให้ จงตอบ คำถามข้อที่ 8 - 10 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส 380/660 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ 6 ขั้วแม่เหล็ก เมื่อต่ออยู่กับเครื่องจักรตัวหนึ่ง ปรากฏว่าวัดความเร็รรอบที่ปลายเพลลาได้ 975 รอบต่อนาที จงหา 8. ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนมีค่าเป็นเท่าใด ก. 14.4 รอบต่อนาที ข. 750 รอบต่อนาที ค. 1,000 รอบต่อนาที ง. 1,200 รอบต่อนาที				
3. คำนวณค่าต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับความเร็รรอบได้ถูกต้อง	9. เปอร์เซนต์ความเร็วสลลิปมีค่าเป็นเท่าใด ก. 25 %				

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ
(.....)



แบบประเมินความเหมาะสมของชุดสาคิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุน ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

แบบประเมินนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของชุดสาคิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ของนายรุ่งโรจน์ อินจัน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมระบบไฟฟ้ากำลังและระบบควบคุม สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเนื้อหาและความถูกต้องทางวิชาการ ด้านสมรรถนะของชุดสาคิต และด้านสมรรถนะของใบปฏิบัติงาน กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน หากมีข้อแนะนำแก้ไขกรุณาเติมข้อความลงในข้อเสนอแนะอื่นๆ
2. การแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินเกี่ยวกับชุดสาคิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ซึ่งประกอบด้วยส่วนของคำถามและมาตราส่วนประมาณค่า โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยแบ่งค่าระดับความเหมาะสมออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้
 - 5 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
 - 3 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
 - 2 หมายถึง เหมาะสมในระดับพอใช้
 - 1 หมายถึง เหมาะสมในระดับควรปรับปรุง

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อ
ชุดสื่อกาการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ตอนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับผู้ประเมิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในวงเล็บหน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง

1. เพศ () ชาย () หญิง
2. อายุ () 20-30 ปี () 30-40 ปี
() 40-50 ปี () มากกว่า 50 ปี
3. คุณวุฒิ () ปริณญาตรีหรือเทียบเท่า () ปริณญาโท
() ปริณญาเอก () อื่น ๆ.....
4. ประสบการณ์การทำงาน () ต่ำกว่า 5 ปี () 5-10 ปี
() มากกว่า 10 ปี

ตอนที่ 2 รายการประเมินความเหมาะสม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ระดับความเหมาะสม

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. ด้านเนื้อหาชุดสัทธิการดำเนินงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส					
1.1 ความครบถ้วนของเนื้อหา					
1.2 ความถูกต้องทางวิชาการ					
1.3 ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน					
2. ด้านสมรรถนะของชุดสัทธิการดำเนินงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส					
2.1 ชุดสัทธิฯ มีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา					
2.2 ชุดสัทธิฯ มีสอดคล้องกับใบปฏิบัติงาน					
2.3 การส่งเสริมให้เกิดทักษะการเรียนรู้					
2.4 ความปลอดภัยเมื่อปฏิบัติงาน					
2.5 มีความสะดวกและคล่องตัวเมื่อใช้ประกอบการสัทธิ					

รายการประเมิน (ต่อ)	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส					
3.1 ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
3.2 ใบปฏิบัติงานมีความถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน					
3.3 มีลำดับขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน					
3.4 การบันทึกข้อมูลผลการทดลองมีความเหมาะสม					
3.5 การวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความเหมาะสม					
3.6 แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (IOC) ที่เหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิต

การประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้นำชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แล้วทำการประเมินเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาซึ่งชุดสาธิตที่มีประสิทธิภาพ โดยผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตมีทั้งหมด 3 ด้าน ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังตารางที่ ข-4

ตารางที่ ข-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
1.1 ความครบถ้วนของเนื้อหา			
1.2 ความถูกต้องทางวิชาการ			
1.3 ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน			
ค่าเฉลี่ย			
2. ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
2.1 ชุดสาธิตฯ มีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา			
2.2 ชุดสาธิตฯ มีสอดคล้องกับใบปฏิบัติงาน			
2.3 การส่งเสริมให้เกิดทักษะการเรียนรู้			
2.4 ความปลอดภัยเมื่อปฏิบัติงาน			
2.5 มีความสะดวกและคล่องตัวเมื่อใช้ประกอบการสาธิต			
ค่าเฉลี่ย			
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
3.1 ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้			
3.2 ใบปฏิบัติงานมีความถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน			
3.3 มีลำดับขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน			
3.4 การบันทึกข้อมูลผลการทดลองมีความเหมาะสม			
3.5 การวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความเหมาะสม			
3.6 แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (IOC) ที่เหมาะสม			

รายการประเมิน (ต่อ)	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	<i>S.D.</i>	แปลผล
ค่าเฉลี่ย			
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด			

ตารางที่ ข-5 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและค่าร้อยละของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนการสอนด้วยชุดสาธิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

คนที่	ผลคะแนนก่อนเรียน	ร้อยละของคะแนนก่อนเรียน	ผลคะแนนหลังเรียน	ร้อยละของคะแนนหลังเรียน
1	17	56.67	28	93.33
2	18	60.00	26	86.67
3	17	56.67	27	90.00
4	18	60.00	26	86.67
5	20	66.67	29	96.67
6	16	53.33	30	100.00
7	22	73.33	30	100.00
8	23	76.67	27	90.00
9	20	66.67	20	66.67
10	16	53.33	29	96.67
11	19	63.33	27	90.00
12	17	56.67	18	60.00
13	18	60.00	26	86.67
14	20	66.67	20	66.67
15	16	53.33	25	83.33
16	17	56.67	28	93.33
17	21	70.00	30	100.00
18	15	50.00	27	90.00
19	20	66.67	30	100.00
20	18	60.00	29	96.67

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\sum x$	$\bar{X}$	S.D.	df	t	sig
คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน	20	368	18.4	2.16	19	9.12	.000
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	20	532	26.6	3.50			

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 posttest	26.6000	20	3.50038	.78271
Pretest	18.4000	20	2.16187	.48341

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	posttest - Pretest	8.200	4.0210	.89912	6.31812	10.08188	9.120	19	.000

ภาคผนวก ค

- ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินหัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567
- ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม
- ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา
- ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
- ตารางที่ ค-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสาคิตการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
- ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบ
- ตารางที่ ค-7 ผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน
- ตารางที่ ค-8 แสดงผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาคิต
- ตารางที่ ค-9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ ค-1 ผลการประเมินหัวข้อการสอนรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 20104-2008
สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วย	สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมง
1	พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	1-2	14
2	มอเตอร์สปลิตเฟส	3	7
3	มอเตอร์คาปาซิเตอร์	4	7
4	มอเตอร์เซ็ดเด็ดโพล	5	7
5	มอเตอร์รีฟลันซ์	6	7
6	มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	7-8	14
7	มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	9-10	14
8	มอเตอร์ซิงโครนัส	11-12	14
9	มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส หลายความเร็ว	13	7
10	การพันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว	14-15	14
11	การพันขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	16	7
12	การตรวจสอบและบำรุงรักษามอเตอร์	17	7
	สอบปลายภาค	18	7
รวม			126

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความสำคัญโดยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม

บทเรียนที่	ชื่อหน่วย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์							
		พุทธิพิสัย						ทักษะ	จิต
		1	2	3	4	5	6	พิสัย	พิสัย
1	พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	/	/	/	x	x	x	x	x
2	มอเตอร์สปลิตเฟส	/	/	/	x	x	x	x	x
3	มอเตอร์คาปาซิเตอร์	/	/	/	x	x	x	x	x
4	มอเตอร์เซ็ดเด็ดโพล	/	/	/	x	x	x	/	/
5	มอเตอร์รีฟลันซ์	/	/	/	/	/	x	/	/
6	มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	/	/	/	/	/	/	/	/
7	มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส	/	/	/	/	/	/	/	/

บทเรียน ที่	ชื่อหน่วย(ต่อ)	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์							
		พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย
		1	2	3	4	5	6		
8	มอเตอร์ซิงโครนัส	/	/	/	/	/	/	/	/
9	มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส หลาย ความเร็ว	/	/	/	/	/	/	/	/
10	การพันมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟส เดียว	/	/	/	/	/	/	/	/
11	การพันขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	/	/	/	/	/	/	/	/
12	การตรวจสอบและบำรุงรักษามอเตอร์	/	/	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ ค-3 ผลการประเมินความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับ พฤติกรรม ที่พึงประสงค์	จำนวน แบบทดสอบ
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	พุทธิพิสัย(2)	3
2. อธิบายการเกิดสนาม แม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	พุทธิพิสัย(2)	5
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้	ทักษะพิสัย(3)	2
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		
1. อธิบายหลักการหมุนของเข็มทิศได้	พุทธิพิสัย(2)	4
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการหมุนของ เข็มทิศได้	พุทธิพิสัย(2)	4
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการหมุนของเข็ม ทิศได้	พุทธิพิสัย(3)	2
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส		
1. อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้	พุทธิพิสัย(2)	3
2. อธิบายการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้	พุทธิพิสัย(2)	3
3. คำนวณค่าต่างๆ ที่สัมพันธ์กับความเร็วรอบได้ถูกต้อง	ทักษะพิสัย(3)	4

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงาน
ของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

ด้าน ที่	รายการประเมิน	ระดับความ เหมาะสม					$\bar{x}$	S.D.	ความ เหมาะสม
		5	4	3	2	1			
1. ด้านเนื้อหาชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
1.1	ความครบถ้วนของเนื้อหา	4					5.00	0.00	มากที่สุด
1.2	ความถูกต้องทางวิชาการ	4					5.00	0.00	มากที่สุด
1.3	ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียน การสอน	3	1				4.75	0.5	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.92	0.29	มากที่สุด
2. ด้านสมรรถนะของชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
2.1	ชุดสาธิตฯ มีความสอดคล้องกับ เนื้อหารายวิชา	4					5.00	0.00	มากที่สุด
2.2	ชุดสาธิตฯ มีสอดคล้องกับใบ ปฏิบัติงาน	4					5.00	0.00	มากที่สุด
2.3	การส่งเสริมให้เกิดทักษะการเรียนรู้	3	1				4.75	0.5	มากที่สุด
2.4	ความปลอดภัยเมื่อปฏิบัติงาน	1	3				4.25	0.5	มาก
2.5	มีความสะดวกและคล่องตัวเมื่อใช้ ประกอบการสาธิต	2	2				4.50	0.57	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.7	0.29	มากที่สุด
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
3.1	ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ การเรียนรู้	3		1			4.50	1.00	มากที่สุด
3.2	ใบปฏิบัติงานมีความถูกต้อง สื่อ ความหมายชัดเจน	1	3				4.25	0.5	มาก
3.3	มีลำดับขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน	3	1				4.75	0.5	มากที่สุด
3.4	การบันทึกข้อมูลผลการทดลองมี ความเหมาะสม	2	2				4.50	0.57	มากที่สุด

ด้าน ที่	รายการประเมิน(ต่อ)	ระดับความ เหมาะสม					$\bar{x}$	S.D.	ความ เหมาะสม
		5	4	3	2	1			
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส									
3.5	การวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความเหมาะสม	3	1				4.75	0.5	มากที่สุด
3.6	แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (IOC) ที่เหมาะสม	2	2				4.50	0.57	มากที่สุด
		คะแนนเฉลี่ย					4.54	0.2	มากที่สุด

ตารางที่ ค-5 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดสัทธิการทำงานของสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านเนื้อหาชุดสัทธิการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
1.1 ความครบถ้วนของเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ความถูกต้องทางวิชาการ	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ความสอดคล้องกับหลักสูตรการเรียนการสอน	4.75	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.92	0.29	มากที่สุด
2. ด้านสมรรถนะของชุดสัทธิการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
2.1 ชุดสัทธิฯ มีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ชุดสัทธิฯ มีสอดคล้องกับใบปฏิบัติงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 การส่งเสริมให้เกิดทักษะการเรียนรู้	4.75	0.50	มาก
2.4 ความปลอดภัยเมื่อปฏิบัติงาน	4.25	0.50	มากที่สุด
2.5 มีความสะดวกและคล่องตัวเมื่อใช้ประกอบการสัทธิ	4.50	0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70	0.29	มากที่สุด
3. ด้านสมรรถนะใบงานชุดสัทธิการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส			
3.1 ใบปฏิบัติงานครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.50	1.00	มากที่สุด
3.2 ใบปฏิบัติงานมีความถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	4.25	0.50	มาก
3.3 มีลำดับขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจน	4.75	0.50	มากที่สุด
3.4 การบันทึกข้อมูลผลการทดลองมีความเหมาะสม	4.50	0.57	มากที่สุด
3.5 การวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนมีความเหมาะสม	4.75	0.50	มากที่สุด
3.6 แบบทดสอบมีระดับความยากง่าย (IOC) ที่เหมาะสม	4.50	0.57	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.54	0.20	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.68	0.298	มากที่สุด

ตารางที่ ค-6 ผลการประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบ

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส					
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	1. องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าประกอบด้วยอะไรบ้าง ก. สนามแม่เหล็ก ข. ขดลวดตัวนำ ค. การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหรือตัวนำ ง. ถูกทุกข้อ	5			
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	2. กฎมือขวาของตัวนำกล่าวไว้อย่างไร ก. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ข. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ค. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหลกำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน ง. ถูกทุกข้อ	5			

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส					
1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้	3. กฎมือขวาของเฟลมมิ่งมีวัตถุประสงค์อย่างไร ก. เพื่อหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ข. เพื่อหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ ค. เพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำหรือการหมุนของมอเตอร์ ง. เพื่อหาตำแหน่งขั้วแม่เหล็ก	5			
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	4. Rotating magnetic field หมายถึงอะไร ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน	5			
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	5. Synchronous speed หมายถึงอะไร ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน	5			
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	6. องค์ประกอบที่ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีกี่ชนิด ก. 1 ชนิด ข. 2 ชนิด ค. 3 ชนิด ง. 4 ชนิด	3	2		

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส					
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	7. องค์ประกอบที่ทำให้ลูกบอลเหล็กเคลื่อนที่ได้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อใด ก. กระแสไฟฟ้า และความถี่ ข. แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ง. กระแสไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็ก	4	1		
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้	8. สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กหมุนคือข้อใด ก. $NS = \frac{120f}{p}$ ข. $NS = \frac{120p}{f}$ ค. $NS = \frac{100f}{p}$ ง. $NS = \frac{100p}{f}$	4	1		
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้	9. ในมอเตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วยขดลวดที่วางห่างกันกี่องศาทางไฟฟ้า ก. 90 องศาทางไฟฟ้า ข. 120 องศาทางไฟฟ้า ค. 150 องศาทางไฟฟ้า ง. 240 องศาทางไฟฟ้า	4	1		
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้	10. ถ้ามอเตอร์ 8 ขั้วแม่เหล็ก ใช้กับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนจะเป็นอย่างไร ก. 600 รอบต่อนาที ข. 750 รอบต่อนาที ค. 900 รอบต่อนาที ง. 1,200 รอบต่อนาที	4	1		

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า					
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	1. แม่เหล็กชนิดใดสามารถควบคุมขั้วแม่เหล็กได้ ก. แม่เหล็กไม่ถาวร ข. แม่เหล็กไฟฟ้า ค. แม่เหล็กถาวร ง. ไม่มีข้อถูก	4	1		
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	2. การหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำโดยใช้กฎมือขวาของตัวนำ นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของอะไร ก. ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก ข. ทิศของขั้วแม่เหล็ก ค. ทิศของแรงดันไฟฟ้า ง. ทิศของกระแสไฟฟ้า	5			
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	3. มอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานชนิดใด ก. พลังงานศักย์ ข. พลังงานกล ค. พลังงานจลน์ ง. พลังงานแม่เหล็ก	4	1		
1. อธิบาย หลักการหมุน ของเข็มทิศได้	4. สนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์เกิดขึ้นจากอะไร ก. กระแสไฟฟ้า 3 เฟส ข. เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ค. กระแสไฟฟ้า 2 เฟส ง. การเหนี่ยวนำ	5			
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	5. องค์ประกอบที่ทำให้เข็มทิศเคลื่อนที่ได้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อใด ก. กระแสไฟฟ้า และความถี่ ข. แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ง. กระแสไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็ก	5			

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า					
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	6. เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดของมอเตอร์ เส้นแรงแม่เหล็กจะเป็นอย่างไร ก. มอเตอร์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น ข. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กที่ลดน้อยลง ค. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กคงเดิม ง. ผิดทุกข้อ	5			
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	7. เมื่อต้องการเพิ่มอัตราความเร็วการหมุน ของเข็มทิศสามารถทำได้โดยวิธีการใด ก. เพิ่มแรงดันไฟฟ้า ข. เพิ่มความถี่ระบบไฟฟ้า ค. เพิ่มกระแสไฟฟ้า ง. เพิ่มกำลังไฟฟ้า	3	2		
2. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กับการหมุน ของเข็มทิศได้	8. แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีผลต่อความเร็ว มอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อ ความเร็วมอเตอร์	5			
3. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างความถี่ กับการหมุน ของเข็มทิศได้	9. หากความถี่ของระบบไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจะ ส่งผลต่อความเร็วมอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อ ความเร็วมอเตอร์	5			

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อความถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 2 ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า					
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการหมุนของเข็มทิศได้	10. มอเตอร์จะมีพฤติกรรมอย่างไรเมื่อความถี่ระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกินกว่าพิกัดที่กำหนด ก. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะส่งผลเสียหากความถี่มากเกินไป ข. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะไม่เกินพิกัดที่กำหนดตามเนมเพลท ค. ความเร็วการหมุนคงที่แม้ว่าความถี่จะเปลี่ยนแปลง ง. ความเร็วการหมุนลดลงเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้น	5			

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส					
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	1. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มีลักษณะ อย่างไร ก. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมี ขดลวดพันที่สเตเตอร์จำนวน 3 ชุด พันห่างกัน เป็นมุม 120 องศาทางไฟฟ้า ข. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีส ลิปริงที่โรเตอร์จำนวน 3 ตัว ค. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมี ขดลวดพันที่โรเตอร์จำนวน 3 ชุด ง. มอเตอร์ 3 เฟส แบบพันขดลวดจะมีโร เตอร์เป็นแบบกรงกระรอก	5			
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	2. หากต้องการเปลี่ยนแปลงความเร็ว สนามแม่เหล็กหมุนวิธีการใดเหมาะสมที่สุด ก. ใช้รีโอสตัสปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเข้า สู่มอเตอร์ ข. เปลี่ยนแปลงขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ ค. เปลี่ยนแปลงความถี่ของระบบไฟฟ้า ง. ใช้มัลติทรอปของมอเตอร์	5			
1. อธิบาย หลักการ ทำงานของ มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	3. ข้อใดไม่ใช่หลักการทำงานของมอเตอร์ ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ก. อาศัยหลักการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้า ข. อาศัยหลักการดูดและผลักกันของ สนามแม่เหล็ก ค. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำของ สนามแม่เหล็ก ง. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าที่ โรเตอร์	5			

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			
		+1	0	-1	ความคิดเห็น
ใบปฏิบัติงานที่ 3 การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส					
2. อธิบายการ เริ่มเดิน มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	4. การต่อวงจรเพื่อนำไปใช้งานของมอเตอร์ 3 เฟสมีกี่วิธีอะไรบ้าง ก. แบบสตาร์และเดลตา ข. แบบอนุกรมสตาร์และแบบอนุกรมเดล ตา ค. แบบขนานสตาร์และแบบขนานเดลตา ง. แบบผสมสตาร์และแบบผสมเดลตา	5			
2. อธิบายการ เริ่มเดิน มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	5. มอเตอร์ 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ 2.8 แอมแปร์ ต้องการต่อกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส ควรต่อวงจรปลายสายอย่างไร ก. แบบอนุกรม ข. แบบผสม ค. แบบสตาร์ ง. แบบเดลตา	5			
2. อธิบายการ เริ่มเดิน มอเตอร์ไฟฟ้า เหนี่ยวนำได้	6. เมื่อความถี่ในระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง จะ ส่งผลอย่างไรกับความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน ก. ไม่มีผลต่อความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน ข. มีผลต่อความเร็วสลิปไม่ใช่ สนามแม่เหล็กหมุน ค. แปรผกผันตามการเปลี่ยนแปลงของ ความถี่ ง. แปรผันตรงตามการเปลี่ยนแปลงของ ความถี่	5			
3. คำนวณค่า ต่างๆ ที่ สัมพันธ์กับ ความเร็วรอบ ได้ถูกต้อง	7. ข้อใดคือสูตรที่ใช้คำนวณหาความเร็วโร เตอร์ ก. $N_r = (s-1)N_s$ ข. $N_r = (1-s)N_s$ ค. $N_r = 120f/p$ ง. $N_r = (N_s-S)N_s$	4	1		

ตารางที่ ค-7 ผลคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 ใบปฏิบัติงาน

คนที่	กลุ่มตัวอย่าง		คนที่	กลุ่มตัวอย่าง	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน			คะแนนเต็ม 30 คะแนน	
	คะแนนหลังเรียน	ร้อยละ		คะแนนหลังเรียน	ร้อยละ
1	28	93.33	11	27	90.00
2	26	86.67	12	18	60.00
3	27	90.00	13	26	86.67
4	26	86.67	14	20	66.67
5	29	96.67	15	25	83.33
6	30	100.00	16	28	93.33
7	30	100.00	17	30	100.00
8	27	90.00	18	27	90.00
9	20	66.67	19	30	100.00
10	29	96.67	20	29	96.67
รวม				532	1,773.33
เฉลี่ย				26.6	88.67

ตารางที่ ค-8 ผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาธิต

คนที่	กลุ่มตัวอย่าง		คนที่	กลุ่มตัวอย่าง	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน			คะแนนเต็ม 30 คะแนน	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน		คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	17	28	11	19	27
2	18	26	12	17	18
3	17	27	13	18	26
4	18	26	14	20	20
5	20	29	15	16	25
6	16	30	16	17	28
7	22	30	17	21	30
8	23	27	18	15	27

ตารางที่ ค-8 ผลคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดสาริต (ต่อ)

คนที่	กลุ่มตัวอย่าง		คนที่	กลุ่มตัวอย่าง	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน			คะแนนเต็ม 30 คะแนน	
	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน		คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
9	20	20	19	20	30
10	16	29	20	18	29
รวม				368	532
เฉลี่ย				18.4	26.6

ตารางที่ ค-9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\sum x$	$\bar{X}$	S.D.	df	t	sig
คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน	20	368	18.4	2.16	19	9.12	0.00
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	20	532	26.6	3.50			

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

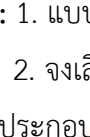
Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	posttest	26.6000	20	3.50038	.78271
	Pretest	18.4000	20	2.16187	.48341

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the				
					Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	posttest - Pretest	8.200	4.0210	.89912	6.31812	10.08188	9.120	19	.000

ภาคผนวก ง

- ใบปฏิบัติงานที่ 1 เรื่องสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- ใบปฏิบัติงานที่ 2 เรื่องทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า
- ใบปฏิบัติงานที่ 3 เรื่องการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส



ใบปฏิบัติงานที่ 1 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน			
วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008			
เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส			
คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ			
2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว			
1. องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าประกอบด้วยอะไรบ้าง			
ก. สนามแม่เหล็ก		ข. ขดลวดตัวนำ	
ค. การเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหรือตัวนำ		ง. ถูกทุกข้อ	
2. กฎมือขวาของตัวนำกล่าวไว้อย่างไร			
ก. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหล กำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน			
ข. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหล กำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า			
ค. เมื่อกำนิ้วทั้งสี่รอบตัวนำที่มีกระแสไหล กำหนดให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของสนามแม่เหล็ก นิ้วทั้งสี่จะแสดงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน			
ง. ถูกทุกข้อ			
3. กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งมีวัตถุประสงค์อย่างไร			
ก. เพื่อหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ			
ข. เพื่อหาทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในมอเตอร์			
ค. เพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำหรือการหมุนของมอเตอร์			
ง. เพื่อหาตำแหน่งขั้วแม่เหล็ก			
4. Rotating magnetic field หมายถึงอะไร			
ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่		ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก	
ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก		ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน	
5. Synchronous speed หมายถึงอะไร			
ก. สนามแม่เหล็กหมุนหรือสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่			
ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก			
ค. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก			
ง. ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน			

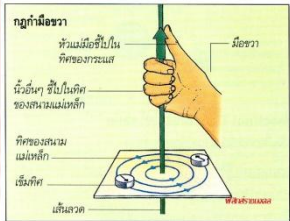
	ใบความรู้ที่ 1	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	

บทนำ :

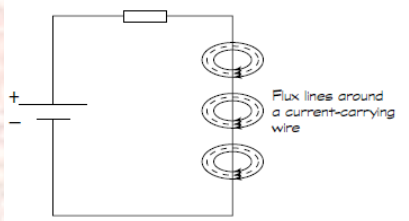


ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด พบว่ากระแสไฟฟ้าที่วิ่งไหลผ่านเส้นลวดหรือสายไฟ จะผลิตสนามแม่เหล็กอ่อนๆ รอบสายไฟ ที่ซึ่งเป็นเหตุผลให้ว่าทำไมเข็มทิศถึงเคลื่อนไหวเวลาอยู่ใกล้สายไฟ ซึ่งเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

ภาพที่ 1 ฮันส์ คริสเตียน เออร์สเตด ทิศทางของสนามแม่เหล็กจะหมุนรอบสายไฟโดยใช้กฎขลุ่ยมือขวา ดังภาพที่ 2 โดยนิ้วโป้งจะเป็นทิศทางที่กระแสไหลผ่าน ส่วนอีกสี่นิ้วที่เหลือจะเป็นทิศทางการหมุนวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยที่ความแรงของแม่เหล็กจะค่อยๆ ลดลงเมื่อห่างจากเส้นลวดดังภาพที่ 3

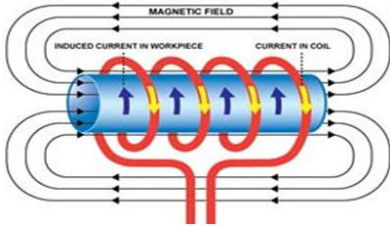


ภาพที่ 2 กฎมือขวาของลวดตัวนำ



ภาพที่ 3 กระแสไฟฟ้าผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction Coil) หรือตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) จะเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และรูปร่างของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งจะแตกต่างจากตัวเก็บประจุ ซึ่งตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์สำคัญตัวหนึ่ง ที่ใช้ในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้หลายอย่างในปัจจุบัน เช่น วิทยุ หรือโทรทัศน์ ซึ่งสามารถดูความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เส้นแรงแม่เหล็กรอบขดลวด

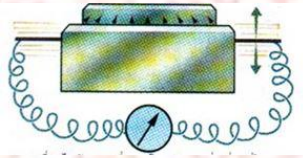
	ใบความรู้ที่ 1	
วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		



Michael Faraday
(1791-1867)

ไมเคิล ฟาราเดย์ พบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
สนามแม่เหล็กจะมีผลให้เกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของตัวนำ
ในสนาม แม่เหล็กก็จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในตัวนำนั้น
เรียกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งจะเกิดขึ้นเสมอในตัวนำที่
วางอยู่ในสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 5 ไมเคิล ฟาราเดย์

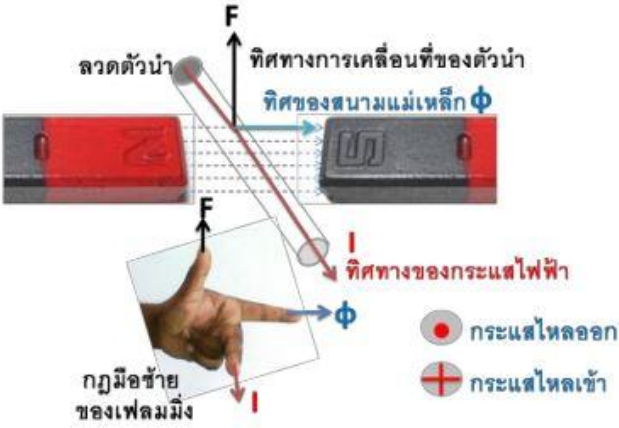


ภาพที่ 6 การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ กล่าวว่าขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำเป็น
สัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก

กฎของเลนซ์ กล่าวว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นเพื่อขัดขวางสาเหตุที่ทำให้เกิด
การเปลี่ยนแปลงเช่น ในมอเตอร์ไฟฟ้าจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นเสมือนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
สร้าง
แรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อขัดขวางแรงเคลื่อนไฟฟ้า (e.m.f) ที่ต่อไว้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์นั้น

กฎมือขวาของเฟรมมิ่ง หรือกฎไดนาโม กล่าวว่าทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้จาก
ทิศของสนามแม่เหล็ก และทิศการเคลื่อนที่โดยใช้มือขวา



ภาพที่ 7 กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

	ใบปฏิบัติงานที่ 1		
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
	เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		

วัตถุประสงค์ : หลังจากผ่านการทดลองนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายการเคลื่อนที่ของลูกบอลเหล็กได้
2. อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าได้
3. ปฏิบัติการต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. ชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนฯ	1 ชุด
2. ลูกบอลเหล็ก	1 ลูก
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบปรับค่าได้	1 เครื่อง
4. มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
5. สายต่อวงจร	

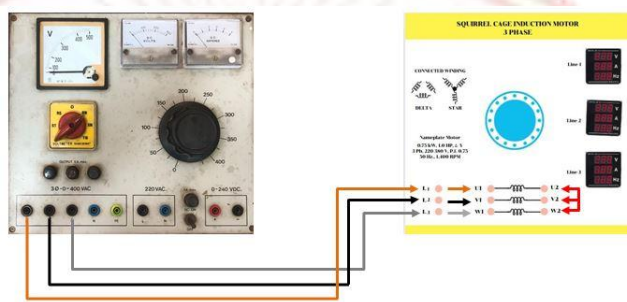
ข้อควรปฏิบัติในการทดลอง :

1. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรทุกส่วนด้วยความระมัดระวัง
2. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรทุกครั้งเมื่อต่อวงจรเสร็จสิ้น
3. ห้ามมิให้ เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส โดยเด็ดขาดหากต้องการทดลองให้ประสานครูผู้สอน
4. ห้ามมิให้ หยอกล้อ หรือกระทำการอื่นใดที่จะส่งผลต่อความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น
5. ห้ามมิให้ กระแสเกินกว่าพิกัดที่ Nameplate Motor

	ใบปฏิบัติงานที่ 1	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	

ขั้นตอนการทดลอง :

1. ต่อดังตามภาพด้านล่าง



2. นำลูกบอลเหล็กวางไว้ตรงกลางสเตเตอร์ของชุดสาธิตฯ



3. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟ 3 เฟส แบบปรับค่าได้ ตามตารางการทดลอง
4. เปิดแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดสาธิตฯ
5. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของลูกบอลเหล็ก
6. บันทึกผลการทดลอง

ตารางผลการทดลองที่ 1

แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ลักษณะการหมุนของลูกบอลเหล็ก
10			
20			
30			
40			
50			
60			

	ใบปฏิบัติงานที่ 1		
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
	เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		

ตารางผลการทดลอง (ต่อ)

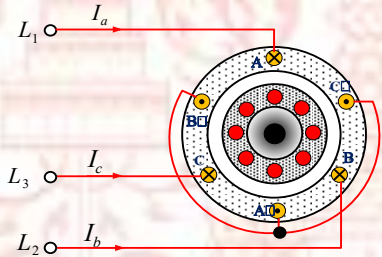
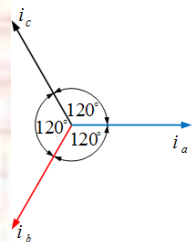
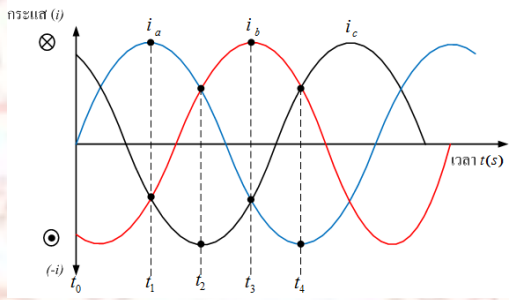
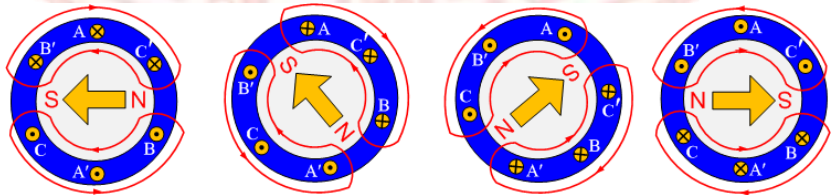
แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ลักษณะการหมุนของลูกบอลเหล็ก
70			
80			
90			
100			

คำถามท้ายการทดลอง :

1. ที่ระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่ากี่โวลต์ จึงมีผลทำให้ลูกบอลเหล็กหมุนรอบสเตเตอร์
2. เพราะสาเหตุใด ที่ทำให้ลูกบอลเหล็กหมุนรอบสเตเตอร์
3. หากทำการสลับปลายสายไฟของแหล่งจ่าย 3 เฟส เพียงคู่ใดคู่หนึ่ง (L1 – L2, L2 – L3, L1 – L3) จะมีผลอย่างไรกับลูกบอลเหล็ก
4. จงอภิปรายผลการทดลอง

ใบปฏิบัติงานที่ 2 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน	
วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	
คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ 2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว 1. แม่เหล็กซนิตใดสามารถควบคุมขั้วแม่เหล็กได้ ก. แม่เหล็กไม่ถาวร ข. แม่เหล็กไฟฟ้า ค. แม่เหล็กถาวร ง. ไม่มีข้อถูก 2. การหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำโดยใช้กฎมือขวาของตัวนำ นิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของอะไร ก. ทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก ข. ทิศของขั้วแม่เหล็ก ค. ทิศของแรงดันไฟฟ้า ง. ทิศของกระแสไฟฟ้า 3. มอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานชนิดใด ก. พลังงานศักย์ ข. พลังงานกล ค. พลังงานจลน์ ง. พลังงานแม่เหล็ก 4. สนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ เกิดขึ้นจากอะไร ก. กระแสไฟฟ้า 3 เฟส ข. เส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ค. กระแสไฟฟ้า 2 เฟส ง. การเหนี่ยวนำ 5. องค์ประกอบที่ทำให้เข็มทิศเคลื่อนที่ได้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือข้อใด ก. กระแสไฟฟ้า และความถี่ ข. แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ง. กระแสไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็ก 6. เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเต็มพิคิตของมอเตอร์เส้นแรงแม่เหล็กจะเป็นอย่างไร ก. มอเตอร์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น ข. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กที่ลดน้อยลง ค. มอเตอร์มีเส้นแรงแม่เหล็กคงเดิม ง. ผิดทุกข้อ 7. เมื่อต้องการเพิ่มอัตราความเร็วการหมุนของเข็มทิศสามารถทำได้โดยวิธีการใด ก. เพิ่มแรงดันไฟฟ้า ข. เพิ่มความถี่ระบบไฟฟ้า ค. เพิ่มกระแสไฟฟ้า ง. เพิ่มกำลังไฟฟ้า	

	ใบปฏิบัติงานที่ 2 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008 เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	
8. แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีผลต่อความเร็วมอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อความเร็วมอเตอร์ 9. หากความถี่ของระบบไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลต่อความเร็วมอเตอร์หรือไม่ ก. มีผลต่อความถี่ที่โรเตอร์ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ง. มีผลต่อกระแสไฟฟ้าแต่ไม่มีผลต่อความเร็วมอเตอร์ 10. มอเตอร์จะมีพฤติกรรมอย่างไรเมื่อความถี่ระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกินกว่าพิกัดที่กำหนด ก. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะส่งผลเสียหากความถี่มากเกินไป ข. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะไม่เกินพิกัดที่กำหนดตามเนมเพลท ค. ความเร็วการหมุนคงที่แม้ว่าความถี่จะเปลี่ยนแปลง ง. ความเร็วการหมุนลดลงเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้น เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน ข้อที่ 1 ตอบ ข. แม่เหล็กไฟฟ้า ข้อที่ 2 ตอบ ง. ทิศของกระแสไฟฟ้า ข้อที่ 3 ตอบ ข. พลังงานกล ข้อที่ 4 ตอบ ง. การเหนี่ยวนำ ข้อที่ 5 ตอบ ค. ความถี่ และขั้วแม่เหล็ก ข้อที่ 6 ตอบ ก. มอเตอร์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น ข้อที่ 7 ตอบ ข. เพิ่มความถี่ระบบไฟฟ้า ข้อที่ 8 ตอบ ค. ไม่มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ข้อที่ 9 ตอบ ข. มีผลต่อความเร็วรอบมอเตอร์ ข้อที่ 10 ตอบ ก. หมุนเร็วขึ้นตามสัดส่วนแต่จะส่งผลเสียหากความถี่มากเกินไป		

	ใบความรู้ที่ 2 วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008 เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	
บทนำ : สนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เกิดจากการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (L_1, L_2, L_3) ให้กับขดลวด 3 ชุด คือ ชุด A, ชุด B และชุด C ที่พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กโดยวางมุมห่างกัน 120° องศาไฟฟ้า ซึ่งกันและกันมีการต่อใช้งานได้ทั้งแบบสตาร์และเดลตา ดังแสดงในรูปที่ 1.5 ก. และขดลวดทั้ง 3 ชุดจะมีคุณลักษณะทั้งขนาด, ความต้านทาน และรีแอคแตนซ์ ของขดลวดที่เหมือนกันทุกประการ ดังนั้นเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า i_a, i_b และ i_c ไหลในขดลวดทั้ง 3 ชุด วางมุมห่างกัน 120° องศาไฟฟ้า เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 5 ข. และ ค.  ก. ขดลวดชุด A, B และ C ต่อแบบสตาร์  ข. เวกเตอร์กระแสไฟฟ้า  ค. เฟสเซอร์ไดอะแกรมกระแสไฟฟ้า  ที่เวลา t_1 ที่เวลา t_2 ที่เวลา t_3 ที่เวลา t_4 ง. การเกิดสนามแม่เหล็กหมุนจากเวลา $t_1 - t_4$ ภาพที่ 1 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส		

	ใบความรู้ที่ 2		
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
	เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า		

สนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส แสดงให้เห็นได้จากการพิจารณาในรูปที่ 1.5 ค. และ ง. ที่มีความสัมพันธ์กันของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า i_a , i_b และ i_c กับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์ตามการเปลี่ยนแปลงของเวลาจากเวลา $t_1 - t_4$ ในการพิจารณารูปคลื่นกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์ ใช้หลักการเดียวกันกับมอเตอร์ 2 เฟส คือ ถ้าพบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าอยู่ในครึ่งบวกแสดงว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่ต้นและออกทางปลายของขดลวด

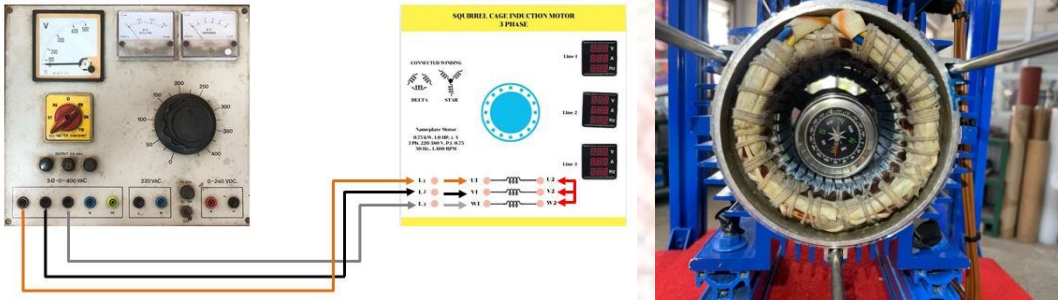
เมื่อพิจารณาที่เวลา t_1 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_a มีค่าอยู่ในครึ่งบวกกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ต้น (A) และออกที่ปลาย (A') ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_b และ i_c มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย (B', C') และออกที่ต้น (B, C) ดังนั้นเมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งจากด้านขวามือไปทางด้านซ้ายมือตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา t_2 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_a และ i_b มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุด จะเข้าที่ต้น (A, B) และออกที่ปลาย (A', B') ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_c พบอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย (C') และออกที่ต้น (C) เมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งจากด้านล่างเฉียงขึ้นด้านบนตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา t_3 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_b มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวด จะเข้าที่ต้น (B) และออกที่ปลาย (B') ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_a และ i_c มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุดจะเข้าที่ปลาย (A', C') และออกที่ต้น (A, C) ดังนั้นเมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งจากด้านล่างเฉียงขึ้นด้านบนตามลูกศร

เมื่อพิจารณาที่เวลา t_4 พบรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_b และ i_c มีค่าเท่ากันอยู่ในครึ่งบวก กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดทั้ง 2 ชุด จะเข้าที่ต้น (B, C) และออกที่ปลาย (B', C') ส่วนรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า i_a พบอยู่ในครึ่งลบ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดจะเข้าที่ปลาย (A') และออกที่ต้น (A) เมื่อรวมเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำแล้ว เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งจากด้านซ้ายมือไปด้านขวามือตามลูกศร

	ใบปฏิบัติงานที่ 2 วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008 เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	
วัตถุประสงค์ : หลังจากผ่านการทดลองนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้ 1. อธิบายหลักการหมุนของเข็มทิศได้ 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการหมุนของเข็มทิศได้ 3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการหมุนของเข็มทิศได้ เครื่องมือและอุปกรณ์ : 1. ชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนฯ 1 ชุด 2. ชุดอินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง 3. เข็มทิศ 1 เครื่อง 4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบปรับค่าได้ 1 เครื่อง 5. มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง ข้อควรปฏิบัติในการทดลอง : 1. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรทุกส่วนด้วยความระมัดระวัง 2. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรทุกครั้งเมื่อต่อวงจรเสร็จสิ้น 3. ห้ามมิให้ เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส โดยเด็ดขาดหากต้องการทดลองวงจรให้ประสานครูผู้สอน 4. ห้ามมิให้ หยอกล้อ หรือกระทำการอื่นใดที่จะส่งผลต่อความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น 5. ห้ามมิให้ กระแสเกินกว่าพิกัดที่ Nameplate Motor		

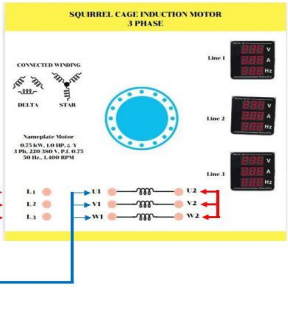
	ใบปฏิบัติงานที่ 2																																														
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008																																														
	เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า																																														
ขั้นตอนการทดลองที่ 2.1 1. ต่อดังตามภาพด้านล่าง 2. นำเข็มทิศวางไว้ตรงกลางสเตเตอร์ของชุดสาธิตฯ  3. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟ 3 เฟส แบบปรับค่าได้ ตามตารางการทดลอง 4. เปิดแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดสาธิตฯ 5. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของเข็มทิศ 6. บันทึกผลการทดลอง																																															
ตารางผลการทดลองที่ 2.1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>แรงดันไฟฟ้า (Volt)</th><th>กระแสไฟฟ้า (Amp.)</th><th>กำลังไฟฟ้า (Watt)</th><th>ลักษณะการหมุนของเข็มทิศ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>100</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ลักษณะการหมุนของเข็มทิศ	10				20				30				40				50				60				70				80				90				100			
แรงดันไฟฟ้า (Volt)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ลักษณะการหมุนของเข็มทิศ																																												
10																																															
20																																															
30																																															
40																																															
50																																															
60																																															
70																																															
80																																															
90																																															
100																																															

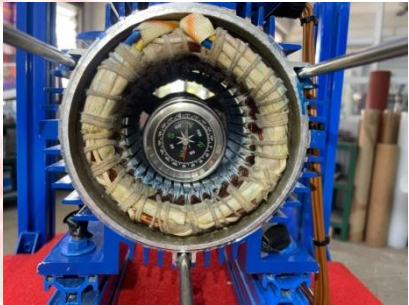
	ใบปฏิบัติงานที่ 2	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	

ขั้นตอนการทดลองที่ 2.2

1. ต้องจรงตามภาพด้านล่าง







2. นำเข็มทิศวางไว้ตรงกลางสเตเตอร์ของชุดสาธิตฯ
3. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เข้าสู่ชุดทดลอง
4. ปรับความถี่ของระบบไฟฟ้า ตามตารางการทดลอง
5. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของเข็มทิศ
6. บันทึกผลการทดลอง

ตารางผลการทดลองที่ 2.2

ความถี่ (Hz.)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	ลักษณะการหมุนของเข็มทิศ
10			
20			
30			
40			
50			
60			

	ใบปฏิบัติงานที่ 2	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง ทิศทางการหมุนของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ไฟฟ้า	
คำถามท้ายการทดลอง : 1. เมื่อปรับแรงดันไฟฟ้าตามตารางการทดลองที่ 2.1 พฤติกรรมของเข็มทิศมีลักษณะอย่างไร 2. เมื่อปรับความถี่ตามตารางการทดลองที่ 2.2 พฤติกรรมของเข็มทิศมีลักษณะอย่างไร 3. จากผลการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 องค์ประกอบใดของระบบไฟฟ้าที่ส่งผลต่อการหมุนของเข็มทิศ เพราะสาเหตุใด อธิบาย 4. จงอธิบายผลการทดลอง 		

	ใบปฏิบัติงานที่ 3 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส	

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส มีลักษณะอย่างไร

ก. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีขดลวดพันที่สเตเตอร์จำนวน 3 ชุด พันห่างกันเป็นมุม 120 องศาทางไฟฟ้า

ข. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีสลีปริงที่โรเตอร์จำนวน 3 ตัว

ค. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีขดลวดพันที่โรเตอร์จำนวน 3 ชุด

ง. มอเตอร์ 3 เฟส แบบพันขดลวดจะมีโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก

2. หากต้องการเปลี่ยนแปลงความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนวิธีการใดเหมาะสมที่สุด

ก. ใช้รีโอสตัสปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์

ข. เปลี่ยนแปลงขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์

ค. เปลี่ยนแปลงความถี่ของระบบไฟฟ้า

ง. ใช้หม้อแปลงลดแรงดันของมอเตอร์

3. ข้อใดไม่ใช่หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

ก. อาศัยหลักการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้า

ข. อาศัยหลักการดูดและผลักกันของสนามแม่เหล็ก

ค. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก

ง. อาศัยหลักการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าที่โรเตอร์

4. การต่อวงจรเพื่อนำไปใช้งานของมอเตอร์ 3 เฟสมีกี่วิธีอะไรบ้าง

ก. แบบสตาร์และเดลตา

ข. แบบอนุกรมสตาร์และแบบอนุกรมเดลตา

ค. แบบขนานสตาร์และแบบขนานเดลตา

ง. แบบผสมสตาร์และแบบผสมเดลตา

	ใบปฏิบัติงานที่ 3 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส	

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน :

ข้อที่ 1 ตอบ ก. มอเตอร์ 3 เฟส แบบกรงกระรอกจะมีขดลวดพันที่สเตเตอร์จำนวน 3 ชุด พันห่างกันเป็นมุม 120 องศาทางไฟฟ้า

ข้อที่ 2 ตอบ ค. เปลี่ยนแปลงความถี่ของระบบไฟฟ้า

ข้อที่ 3 ตอบ ข. อาศัยหลักการดูดและผลักกันของสนามแม่เหล็ก

ข้อที่ 4 ตอบ ก. แบบสตาร์และเดลตา

ข้อที่ 5 ตอบ ค. แบบสตาร์

ข้อที่ 6 ตอบ ง. แปรผันตรงตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่

ข้อที่ 7 ตอบ ข. $N_r = (1-s)N_s$

ข้อที่ 8 ตอบ ค. 1,000 รอบต่อนาที

ข้อที่ 9 ตอบ ข. 2.5 %

ข้อที่ 10 ตอบ ก. 1.25 เฮิรตซ์

	ใบความรู้ที่ 3		
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
	เรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส		

บทนำ :

ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed; N_s)

จากการเกิดสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 2 เฟส และ 3 เฟส ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนจะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์และขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดของมอเตอร์ โดยจะแปรผันโดยตรงกับความถี่ (f) และแปรผกผันกับจำนวนขั้วแม่เหล็ก (P) ของมอเตอร์นั้น ซึ่งความเร็วสนามแม่เหล็กหมุนที่เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (N_s) ดังสมการ

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

เมื่อ N_s คือ ความเร็วซิงโครนัส (รอบต่อนาที, rpm)

f คือ ความถี่ของแหล่งจ่าย (เฮิรตซ์, Hz)

P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (ขั้ว)

ความเร็วของโรเตอร์และสลลิป

ความเร็วของโรเตอร์ (Rotor Speed ; N_r) ของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับสามารถวัดได้ที่ปลายเพลลาของมอเตอร์ด้วยเครื่องวัดความเร็วรอบ (Tacho Meter) มีหน่วยวัดเป็นรอบต่อนาที (rpm) ซึ่งความเร็วของโรเตอร์จะมีค่าต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัสเสมอและผลต่างของความเร็วทั้งสองเรียกว่าความเร็วสลลิป (Slip Speed) ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ความเร็วสลลิป} = N_s - N_r \quad (\text{rpm})$$

แต่ค่าของสลลิปจะอยู่ในรูปของร้อยละเมื่อเทียบกับความเร็วซิงโครนัส

ดังนั้น $S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$ หรือ $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$

เมื่อ S = สลลิป

N_s = ความเร็วซิงโครนัส (rpm)

N_r = ความเร็วโรเตอร์ (rpm)

	ใบความรู้ที่ 3	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส	

จากสมการข้างต้นจะได้

$$N_r = (1 - S)N_s$$

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและความถี่ของโรเตอร์

ถ้าความเร็วของโรเตอร์มีค่าเท่ากับความเร็วซิงโครนัสจะไม่เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น กล่าวคือไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ไม่มีกระแสไหลในตัวนำของโรเตอร์และจะไม่เกิดความถี่ขึ้นที่ตัวโรเตอร์ซึ่งในสภาวะนี้ค่าสลิปจะมีค่าเท่ากับ 0 และถ้าโรเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่ความถี่ของโรเตอร์จะมีค่าเท่ากับความเร็วของแหล่งจ่ายไฟฟ้า แต่ถ้าหากตัวโรเตอร์เริ่มเดินออกตัวความถี่ของโรเตอร์จะขึ้นอยู่กับความเร็วสลิป เมื่อกำหนดให้ f_r คือความถี่ของตัวโรเตอร์ที่ค่าสลิปใดๆ จะได้สมการ

$$N_s - N_r = \frac{120f_r}{P}$$

เมื่อ $N_s = \frac{120f}{P}$

จะได้

$$\frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{120f_r}{P} \times \frac{P}{120f}$$

เมื่อ $S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$

ดังนั้น $S = \frac{f_r}{f}$

ความถี่โรเตอร์ $f_r = Sf$ (Hz)

ขณะที่โรเตอร์หยุดอยู่กับที่และเริ่มเดินออกตัว ค่าสลิปจะลดลงต่ำกว่า 1 ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในโรเตอร์ (E_2) จึงลดลงตามสัดส่วนของสลิปที่ลดลง

$$E_2 = SE_1$$

เมื่อ E_1 = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สเตเตอร์ขณะโรเตอร์หยุดนิ่ง
 E_2 = แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของโรเตอร์ขณะเดินปกติ
 S = สลิป

	ใบปฏิบัติงานที่ 3		
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008		
	เรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 3 เฟส		

วัตถุประสงค์ : หลังจากผ่านการทดลองนี้แล้ว ผู้เรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
2. อธิบายการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
3. คำนวณค่าต่างๆ ที่สัมพันธ์กับความเร็รรอบได้ถูกต้อง

อุปกรณ์การทดลอง :

1. ชุดสาธิตการทำงานสนามแม่เหล็กหมุนๆ	1 ชุด
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	1 เครื่อง
3. ชุดอินเวอร์เตอร์	1 เครื่อง
4. เทคโคมิเตอร์	1 เครื่อง
5. มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง

ข้อควรปฏิบัติในการทดลอง :

1. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรทุกส่วนด้วยความระมัดระวัง
2. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรทุกครั้งเมื่อต่อวงจรเสร็จสิ้น
3. ห้ามมิให้ เปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส โดยเด็ดขาดหากต้องการทดลองให้ประสานครูผู้สอน
4. ห้ามมิให้ หยอกล้อ หรือกระทำการอื่นใดที่จะส่งผลต่อความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น
5. ห้ามมิให้ กระแสเกินกว่าพิกัดที่ Nameplate Motor

ขั้นตอนการทดลอง :

1. เลื่อนโรเตอร์เข้าด้านในสเตเตอร์ของชุดสาธิตฯ พร้อมทั้งคล้องสายรัดด้านข้างเพื่อยึดฝาครอบให้แน่น
2. ต่อสายไฟจากแหล่งไฟฟ้าเข้าอินเวอร์เตอร์ที่ช่อง L1, L2, L3 และต่อสายออกจากอินเวอร์เตอร์ที่ช่อง U, V, W เข้าสู่ขั้ว U1, V1, W1 ของมอเตอร์ ตามภาพด้านล่าง
3. ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ทั้งนี้ต้องมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ 380 โวลต์ 3 เฟส
4. เปิดเบรกเกอร์เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอินเวอร์เตอร์

ใบปฏิบัติงานที่ 3

วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008

เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5. กดปุ่ม ON ที่อินเวอร์เตอร์ พร้อมทั้งปรับความถี่ระบบไฟฟ้าตามตารางการทดลอง

6. สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของโรเตอร์ ความเร็วรอบ กระแสไฟฟ้า พร้อมทั้งคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า

7. บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

ภาพการต่อวงจร :

88888

PRG

▲

▼

SET

STOP

PLG

STOP

WARNING

L1 L2 L3 U V W

SQUIRREL-CAGE INDUCTION MOTOR
3 PHASE

CONNECTED WINDING

DELTA

STAR

Line 1

Line 2

Line 3

U1 U2

V1 V2

W1 W2

ภาพที่ 1 ต่อสายไฟจากอินเวอร์เตอร์เข้าสู่ชุดสายรีดิวซ์

ตารางผลการทดลองที่ 1

ความถี่ (Hz.)	10	20	30	40	50	60	70
แรงดันไฟฟ้า (Volt)							
กระแสไฟฟ้า (Amp.)							
ความเร็วโรเตอร์ (RPM)							
ความเร็วซิงโครนัส (RPM)							
% Slip							
กำลังไฟฟ้า (Watt)							

	ใบปฏิบัติงานที่ 1 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน	
	วิชา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 20104-2008	
	เรื่อง สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	
กราฟแสดงผลการทดลอง 8. จงอธิบายผลการทดลอง		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายรุ่งโรจน์ อินจัน
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดสาธิตการทำงานของ สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส สำหรับนักเรียน ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิค สมุทรสงคราม
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า (SMTE)
ประวัติ	: เกิดวันที่ 11 กรกฎาคม 2531 : สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) สาขาวิชา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนอาชีวะดอนบอสโก บ้านโป่ง : สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนดอนบอสโก กรุงเทพฯ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ : 094-785-5651