



งานวิจัยชั้นเรียน

การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

นายชัยยันต์ แห้วชิน
แผนกวิชาช่างไฟฟ้า

วิทยาลัยเทคนิคระยอง
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

2568

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ของ
นักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

นักวิจัย : นายชัยยันต์ แห้วชิน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบ และสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ได้จากการวิจัยนี้ คือ ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ, แผนการจัดการเรียนรู้, ใบงานการทดลอง, แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์, แบบประเมินทักษะปฏิบัติ และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ, ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ t-test , ชุดฝึกมีความถูกต้องแม่นยำทางเทคนิค และมีใบงานที่สอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับอย่างเหมาะสม ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนได้จริง, ชุดฝึกมีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 87.95/85.61 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะปฏิบัติพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า t-test เท่ากับ 28.61 , ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกจากความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึก พบว่าด้านที่ 4 ด้านเจตคติ และประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, S.D. = 0.51) ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา และลำดับการเรียนรู้ ถึงอยู่ในระดับมากแต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.65)

คำสำคัญ: ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า, มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส, วิธีการสอนแบบย้อนกลับ, ประสิทธิภาพชุดฝึก, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากคณะบุคลากร นักเรียน นักศึกษา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ ความคิด ให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจนการตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดี จนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคุณครู สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคระยองทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ ให้ความรู้ ความคิดที่มีประโยชน์ และอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคระยอง ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2568 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยและเก็บข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จนกระทั่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

นายชัยยันต์ แห้วชิน

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มา และความสำคัญของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
กรอบแนวคิดการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประภทวิชาอุตสาหกรรมฯ	7
ทฤษฎี และแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบย้อนกลับ	9
ทฤษฎีการเรียนรู้ทางด้านทักษะพิสัย	21
รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติ	25
ความหมายของชุดการสอนและชุดฝึกทักษะ	30
แนวคิดและกระบวนการสร้างชุดการสอน	31
การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน	34
การสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ	38
ใบงานการทดลอง	43
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	50
ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	50
เครื่องมือในการวิจัย	51
วิธีการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	51
การเก็บรวบรวมข้อมูล	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สถิติที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล	65
บทที่ 4 ผลการวิจัย	69
ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีฯ	69
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (E1 /E2)	74
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน	76
ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	78
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	81
สรุปผลการวิจัย	81
อภิปรายผลการวิจัย	84
ข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	87
บรรณานุกรมภาษาไทย	87
บรรณานุกรมภาษาอังกฤษ	88
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับฯ	90
ภาคผนวก ข ใบงานการทดลอง	115
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	147
ภาคผนวก ง ผู้เชี่ยวชาญและแบบสอบถาม	156
ภาคผนวก ฉ ผู้เชี่ยวชาญและแบบสอบถาม	166

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	รูปแบบการเรียนการสอนแบบ WHERETO 15
2.2	การทดลองตามลำดับขั้นตอน 3 ขั้น โดยคละระดับความสามารถของผู้เรียน 36
2.3	สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49
3.1	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) 56
4.1	จำนวนร้อยละข้อมูลสถานภาพส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (N=5) 69
4.2	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ 70
4.3	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิค และการควบคุมมอเตอร์ 71
4.4	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 3 แบบประเมินโครงสร้างและคุณลักษณะของ ชุดฝึก 72
4.5	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 4 แบบประเมินใบงาน การวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ 72
4.6	สรุปผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 74
4.7	ประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 76
4.8	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 76
4.9	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ 77
4.10	ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design) 78
4.11	ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน (Hardware & Media) 78
4.12	ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย (Practice & Safety) 78
4.13	ด้าน 4 เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits) 79
4.14	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจทั้ง 4 ด้าน 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง.1	ผลการประเมิน ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ	162
ง.2	ผลการประเมิน ด้านที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิคและการ ควบคุมมอเตอร์	162
ง.3	ผลการประเมิน ด้านที่ 3 แบบประเมินโครงสร้างและคุณลักษณะของชุดฝึก	163
ง.4	ผลการประเมิน ด้านที่ 4 แบบประเมินใบงาน การวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ	164
ฉ.1	ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design)	168
ฉ.2	ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน (Hardware & Media)	168
ฉ.3	ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย (Practice & Safety)	168
ฉ.4	ด้าน 4 เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits)	169

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการออกแบบการเรียนรู้การสอนของรูปแบบไทเลอร์ และแบบย้อนกลับ	9
2.2	แสดงการจัดลำดับเนื้อหาสาระที่ครูผู้ช่วยต้องจัด	11
2.3	แสดงแนวทางการประเมิน	12
2.4	แสดงวิธีประเมินให้สอดคล้องกับระดับของสิ่งที่จะประเมิน	13
2.5	หลัก 6 ต้อง กระบวนการออกแบบการสอนแบบย้อนกลับ	19
2.6	ระบบการสอน	37
3.1	การสร้างชุดสื่อการสอนชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	52
3.2	การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)	54
3.3	กรอบความคิดการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)	55
3.4	กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพของชุดฝึก	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของการวิจัย

การจัดการศึกษาในสายวิชาชีพถือเป็นฟันเฟืองสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ มีภารกิจหลักในการผลิตและพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะขั้นสูงที่จับต้องได้ ทั้งในระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ไปจนถึงนักเทคโนโลยีในระดับปริญญาตรีสายปฏิบัติการ ทั้งในรูปแบบหลักสูตรระยะยาวและการเพิ่มพูนทักษะระยะสั้น (Up-skilling/Re-skilling) โดยเป้าหมายสูงสุดคือการสร้างผู้สำเร็จการศึกษาที่มีคุณภาพ มีทักษะวิชาชีพที่ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานและสถานประกอบการยุคอุตสาหกรรม 4.0 การจัดการเรียนรู้จึงต้องมุ่งเน้นการปฏิบัติจริง (Practice-based Learning) ควบคู่ไปกับการยกระดับทักษะทางเทคโนโลยีและกระบวนการคิดวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมเข้าสู่ระบบการทำงานและสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

ในภาคการผลิต โรงงานอุตสาหกรรม ระบบสาธารณูปโภค รวมถึงเกษตรกรรมสมัยใหม่ ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ถือเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายที่สุด ส่งผลให้ทักษะความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบและการควบคุมวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กลายเป็นสมรรถนะพื้นฐานและเป็นเกณฑ์สำคัญที่สถานประกอบการใช้พิจารณารับสมัครเข้าทำงาน ดังนั้นการบ่มเพาะนักศึกษาสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังให้มีความชำนาญในด้านนี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มโอกาสการมีงานทำของผู้เรียน

จากการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า พบข้อจำกัดสำคัญ 2 ประการหลัก ข้อจำกัดด้านครุภัณฑ์ สถานศึกษายังขาดแคลนชุดฝึกปฏิบัติจำลองที่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในภาคอุตสาหกรรม ทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการฝึกฝนทักษะอย่างรอบด้าน ข้อจำกัดด้านกระบวนการเรียนรู้และความปลอดภัย ในการฝึกต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ของผู้เรียนนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องใช้เวลาในการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรอย่างละเอียดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุและความเสียหายต่ออุปกรณ์ เพราะระบบเหล่านี้มักทำงานกับกระแสไฟฟ้าที่สูง และแรงดันไฟฟ้าที่อันตราย การตรวจสอบเชิงลึกช่วยป้องกันความเสียหายร้ายแรงต่อเครื่องจักรและตัวผู้เรียนนั่นเอง ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดคอขวด ผู้เรียนทำหน้าที่เพียงผู้ทดลองตามใบงาน แต่ขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะการตรวจสอบ (Inspection) การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Troubleshooting) และกระบวนการคิดแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเอง ซึ่งเป็นทักษะทางวิศวกรรมที่ตลาดแรงงานยุคปัจจุบันต้องการ

เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) มาใช้เป็นกรอบในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นจากเป้าหมายหรือสมรรถนะที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นตัวตั้ง แล้วจึงพัฒนาแนวทางการวัดประเมินผลและกิจกรรมการเรียนรู้ ควบคู่ไปกับการพัฒนา ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ที่ไม่เพียงแต่เป็นเครื่องมือจำลองสถานการณ์จริง แต่ยังออกแบบให้ผู้เรียนเปลี่ยนบทบาทจาก ผู้ต่อวงจรตามคำสั่ง มาเป็น ผู้ตรวจสอบวงจรและวิเคราะห์ความปลอดภัยของระบบก่อนที่จะเริ่มทำงาน ร่วมด้วย ซึ่งจะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและความคิดเชิงระบบตามมาตรฐานความปลอดภัย ก่อนออกสู่สถานประกอบการจริง

ดังนั้น ด้วยเหตุผลและความจำเป็นข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เพื่อเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยยกระดับการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ช่วยให้นักศึกษามีทักษะวิชาชีพที่เข้มแข็ง ปฏิบัติงานได้จริงตามมาตรฐานสากล และพร้อมที่จะก้าวสู่ตลาดแรงงานในฐานะกำลังคนที่มีคุณภาพและเป็นที่ต้องการของสถานประกอบการอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

1.2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ที่สร้างขึ้นมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ย 3.51

1.3.2 ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้มีกรอบแนวความคิดที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการพัฒนาตัวแปรต้น การประเมินผล และตัวแปรตามโดยปัจจัยนำเข้าได้แก่ หลักสูตรรายวิชาการควบคุม

มอเตอร์ไฟฟ้า แนวคิดการพัฒนาชุดฝึก และแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบการเรียนรู้ย้อนกลับ (Backward Design) ซึ่งนำไปสู่กระบวนการออกแบบ และพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ชุดฝึกดังกล่าวถูกกำหนดเป็นตัวแปรต้น และนำไปประเมินประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E1/E2 รวมถึงประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะเชิงปฏิบัติ และความพึงพอใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นตัวแปรตามของการวิจัย

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของชุดการสอนการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1.5.1 ด้านเนื้อหา เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย ใช้เนื้อหาเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เป็นหัวข้อหนึ่งในรายวิชาวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีทั้งหมด 4 ใบงาน ดังนี้

1. ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสแบบ DOL (Direct On Line)
2. ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
3. ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ เดลต้า (Star-Delta Starter)
4. ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ (Sequential Start)

1.5.2 ด้านกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 1 กลุ่ม จำนวน 22 คน

1.5.3 ด้านเครื่องมือวิจัย แบบสอบถามความพึงพอใจ ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบไปด้วย 1. หนังสือเรียน ,2. ใบงานการทดลอง ,3. ใบมอบหมายงาน ,4. ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร ,5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย ,6. ชุดทดลอง ,7. แผนการจัดการเรียนรู้ ,8. แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน

1.5.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของชุดการสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ชุดฝึกที่ใช้ในการเรียนการสอน ในรายวิชาวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ที่มีประสิทธิภาพ

1.6.2 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และเพิ่มทักษะการเรียนรู้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดในหลักสูตรรายวิชาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.6.3 ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในการควบคุมมอเตอร์ยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ ได้เป็นอย่างดี

1.6.4 ผู้เรียนนำทักษะไปใช้ในช่วงเวลาฝึกอาชีพในสถานประกอบการ และนำไปใช้ประกอบอาชีพในอนาคตได้

1.6.5 เป็นต้นแบบในการพัฒนาสื่อการสอนด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในสถาบันอาชีวศึกษาอื่นๆ

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ หมายถึง ชุดสื่อการสอนประกอบรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ในหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบไปด้วย 4 ใบงานการทดลอง ได้แก่

1. ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสแบบ DOL (Direct On Line)
2. ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
3. ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ เดลต้า (Star-Delta Starter)
4. ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ (Sequential Start)

การสอนแบบย้อนกลับ (Backward design) หมายถึง กระบวนการวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจาก เป้าหมายหรือผลลัพธ์ ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เป็นอันดับแรก แล้วจึงค่อยย้อนกลับมาหาวิธีการวัดผล และกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดผลลัพธ์ที่พึงประสงค์
2. กำหนดหลักฐานการเรียนรู้ที่ยอมรับได้
3. วางแผนประสบการณ์การเรียนรู้ และการเรียนการสอน

ผู้เรียนหรือนักเรียน หมายถึง นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

ใบงานการทดลอง หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่กำหนดรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ตั้งแต่จุดประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผล ไปจนถึงการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือทำจริง เสริมสร้างทักษะกระบวนการปฏิบัติงาน และการแก้ปัญหา

ใบมอบหมายงาน หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่กำหนดรายละเอียดให้นักเรียนได้ผ่านกระบวนการคิด และใช้ทักษะสมอง เพื่อวางแผนวิเคราะห์วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ที่กำลังจะต้องไปต่อให้ถูกต้อง และปลอดภัย ไม่ใช่เพียงแค่ทำตามเพื่อน ประกอบไปด้วย 4 หัวข้อดังนี้

1. จุดประสงค์การมอบหมายงาน
2. การสรุปการทำงานของวงจร
3. บั๊กทีปัญหาที่พบ และการแก้ไขปัญหา
4. สรุปบทเรียน และข้อควรระวัง

ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร หมายถึง ใบงานที่กำหนดบทบาทให้ผู้เรียนจากเดิมที่เป็นผู้ทำ กลายเป็นผู้ตรวจ ซึ่งต้องใช้ความละเอียดรอบคอบสูงขึ้น โดยผู้เรียนจะทำหน้าที่ประเมินความถูกต้อง และความปลอดภัยของวงจรที่เพื่อนต่อเสร็จแล้ว ก่อนที่จะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าจริงเข้าสู่วงจรควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือวัดความรู้ ทักษะ และ สมรรถภาพทางสมองด้านความรู้ ของผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอน เพื่อประเมินว่าผู้เรียนมี ผลสัมฤทธิ์บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ครอบคลุมทั้งความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

ชุดทดลอง หมายถึง เป็นชุดสื่อการสอนจำลอง ตู้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ใช้สำหรับการ ปฏิบัติต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ประกอบรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ในหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ที่ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ต่างๆ เช่น แมกเนติดคอนแทคเตอร์ ,โอเวอร์โวลต์รีเลย์ ,สวิตช์ปุ่มกด ,รีเลย์ตั้งเวลา ,เฟสโพรเทคชั่น ฯลฯ

แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน หมายถึง แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลัง เรียน (Post-test) คือเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ที่ใช้ชุดข้อสอบเดียวกัน เพื่อวัดความรู้ ความสามารถของผู้เรียน ก่อนเริ่ม และ หลังจบ บทเรียน ใช้เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการ ความก้าวหน้าทางด้านความรู้ ,ด้านทักษะ และวัดประสิทธิผลของการจัดการเรียนการสอน

ประสิทธิภาพของชุดสื่อการสอน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกการ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ผ่านเกณฑ์ 80/80 ตามเกณฑ์ที่กำหนด

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ในชุดฝึกคิดเป็นร้อยละจาก คะแนนการปฏิบัติกิจกรรม และใบงานของผู้เรียนระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ในชุดฝึกคิดเป็นร้อยละจาก คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียน

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติที่ดีของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการ เรียนการสอนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ซึ่งใช้การวัด จากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจหลังจากทำกิจกรรมการเรียนรู้

การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ (Identify desired results) หมายถึง ข้อความที่เป็น การระบุชื่อ ผลลัพธ์ หลักฐาน ชิ้นงาน ผลผลิตที่ยอมรับได้ และผู้สอนต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ภายหลังการสอนโดยสามารถระบุได้ชัดเจน ทั้งด้านความรู้ (Content/knowledge) ด้านทักษะ และ การปฏิบัติ (Performance, process, practice) และเจตคติ (Attitude)

ความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) หมายถึง ความรู้ที่สำคัญที่หลงเหลือติดตัวผู้เรียนอย่างถาวรตลอดไป ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจลึกซึ้ง (Insight)

ทักษะคร่อมวิชา (Trans-disciplinary skills standards) หมายถึง ทักษะที่ผู้เรียนใช้ในการเรียนรู้ตลอดหน่วยการเรียนรู้ เป็นทักษะที่สามารถใช้ได้หลายวิชาหรือเป็นการยืมทักษะของวิชาอื่นมาใช้ เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการเขียน กระบวนการกลุ่ม เป็นต้น

คำถามสำคัญ (Essential Questions) หมายถึง ข้อคำถามสรุปความเข้าใจรวบยอดของผู้เรียนในสิ่งที่ผู้เรียนโดยมุ่งใช้คำถามสิ่งที่เป็นแก่นความรู้สำคัญที่ต้องการให้เกิดความรู้ที่คงทนแก่ผู้เรียน

สิ่งสำคัญที่ต้องรู้และต้องทำ (Important to know and do) หมายถึง การกำหนดทักษะที่ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกฝนที่ชำนาญ โดยมีคำสำคัญที่แสดงถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติได้ เช่น รู้ รู้จำ รู้จัก รู้เข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ สรุป เชื่อมโยง เปรียบเทียบ ประเมิน ตีความ วิจัย ความคิดรวบยอด บอกใช้ ฝึกปฏิบัติ สามารถแสดงออก สังเกต สำรวจ ทดลอง สาธิต บำรุงรักษา มีส่วนช่วย ประยุกต์ อภิปราย อธิบาย บันทึก เป็นต้น

มาตรฐานด้านความรู้ (Content standards) หมายถึง เนื้อหาสาระการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้

มาตรฐานด้านการปฏิบัติ (Performance standards) หมายถึง ข้อกำหนดที่แสดงถึงระดับคุณภาพที่ได้รับการยอมรับ

มาตรฐานด้านลักษณะนิสัย (Disposition standards) หมายถึง ข้อกำหนดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงแนวโน้มของลักษณะนิสัยในทางที่ดีต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือที่เรารู้จักดีว่าเป็นการกำหนดเจตคติ (Attitude) ของผู้เรียนต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้

การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ที่ยอมรับได้ (Determine Acceptable Evidence of Learning) หมายถึง ร่องรอย หลักฐาน ชิ้นงาน ผลงานที่เกิดจากการสอนอย่างมุ่งมั่นของผู้เรียน ที่แสดงออกถึงความรู้ความสามารถอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มีการรวบรวมทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดสื่อการสอน และวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะกล่าวถึงประเด็นที่สำคัญในการออกแบบ และพัฒนาระบบดังต่อไปนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009

2.2 ทฤษฎี และแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบย้อนกลับ

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ทางด้านทักษะพิสัย

2.4 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติ

2.5 ความหมายของชุดการสอนและชุดฝึกทักษะ

2.6 แนวคิดและกระบวนการสร้างชุดการสอน

2.7 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

2.8 การสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ

2.9 ใบงานการทดลอง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009

เนื้อหาส่วนนี้มาจากโครงสร้างหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ร่วมกับมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อพัฒนาสมรรถนะเฉพาะด้านในระดับฝีมือ สามารถจัดการเรียนการสอนได้ด้วยรูปแบบและวิธีการที่หลากหลาย และสามารถเชื่อมโยงผลลัพธ์การเรียนรู้ จากวิธีการเรียนรู้ต่างๆ ได้ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ ศักยภาพ สมรรถนะในการทำงาน และการประกอบอาชีพ ตามมาตรฐาน และระดับคุณวุฒิของประเภทวิชา กลุ่มอาชีพ และสาขาวิชา

อ้างอิงมาตรฐาน

1. มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1

2. มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างเทคนิคไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

เลือกขนาดของสาย อุปกรณ์ป้องกัน คอนแทกเตอร์ ต่อย่างจรควบคุม การเริ่มต้น และ ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส ด้วย ความละเอียดรอบคอบปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

จุดประสงค์รายวิชาเพื่อให้

1. รู้ และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานต่างๆ
2. มีทักษะเกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม และการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า
3. มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็น ระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์ และมีความรับผิดชอบ
4. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของการทำงานของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และต่อวงจร ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ โครงสร้าง และหลักการทำงานของการทำงานของการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า
2. เลือกขนาดของสาย อุปกรณ์ป้องกัน คอนแทกเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
3. ต่อย่างจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส
4. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของการทำงานของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และต่อ วงจรควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

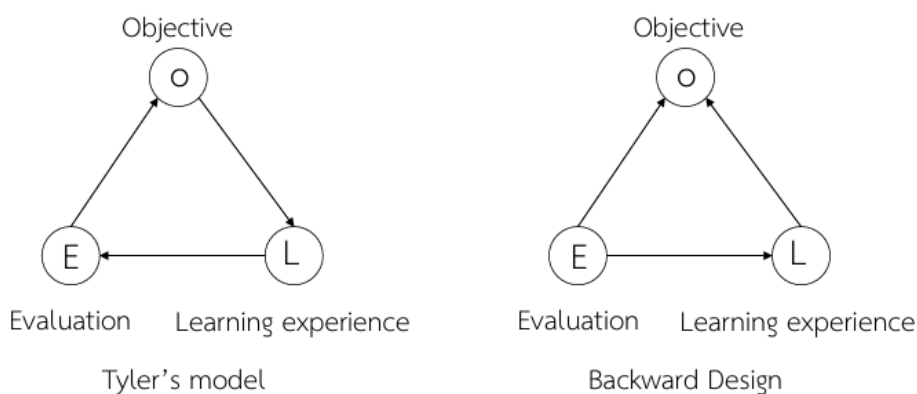
ศึกษา และปฏิบัติเกี่ยวกับงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC DIN ANSI การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEC, DIN และ ANSI การเลือก ขนาด ของสาย อุปกรณ์ป้องกัน คอนแทกเตอร์ หลักการเริ่มต้น และควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส งานเขียนแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ตามมาตรฐาน IEC, DIN, ANSI งานต่อวงจรเริ่มต้น และงานต่อวงจรควบคุมการเริ่มต้น การกลับทาง หมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง งานต่อวงจรควบคุมการเริ่มต้น การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส การต่อวงจรควบคุมสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Direct Start งานต่อวงจรควบคุมกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging Plugging และ After Stop งานการต่อวงจรควบคุมสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Star - Delta แบบเรียงลำดับ

การนำมอเตอร์ไฟฟ้าไปใช้งานนั้นมีหลายประเภท แต่ส่วนมากจะนำไปใช้ในการขับเคลื่อน ชิ้นงานต่างๆ ให้เคลื่อนไหว เช่น นำไปขับเฟืองเพื่อให้ลูกกลิ้งหมุน ทั้งนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่สามารถใช้ ร่วมกับมอเตอร์อีกมากมาย เช่น Inverter เพื่อควบคุม และปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์, เกียร์

ทดสอบ เพื่อลดความเร็วการหมุนของมอเตอร์ และเพิ่มแรงบิดให้ตรงตามความต้องการของชิ้นงาน เป็นต้น

2.2 ทฤษฎี และแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบย้อนกลับ

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐานผ่าน "กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนแบบย้อนกลับ" (Backward Design) ซึ่งพัฒนาโดย วิกกินส์ และแมคไทฮี (Wiggins & McTighe) โครงสร้างของการออกแบบการเรียนรู้ในลักษณะนี้ มีลำดับขั้นตอนที่สำคัญ 3 ประการ ดังนี้ การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ปลายทาง เริ่มต้นจากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลาง เพื่อกำหนดเป็นผลการเรียนรู้ที่คาดหวังอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางการวัดและประเมินผล ดำเนินการระบุหลักฐานการเรียนรู้ ภาระงาน หรือชิ้นงานที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดว่าผู้เรียนได้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้จริง การวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นสุดท้ายจึงเป็นการออกแบบกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้ไปถึงเป้าหมายดังกล่าว จากการศึกษากระบวนการข้างต้น จะเห็นได้ว่าแนวคิดแบบย้อนกลับนี้มีจุดร่วมที่สำคัญกับโมเดลการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler's Model) ในแง่ของการยึดวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเป็นแกนหลัก ทว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งมีลักษณะที่สวนทางหรือย้อนศรกับการออกแบบดั้งเดิมของไทเลอร์ ดังโครงสร้างเปรียบเทียบที่ปรากฏในรูปที่ 2.1 ต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนของรูปแบบไทเลอร์ และแบบย้อนกลับ
(ที่มา: พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2552, หน้า 3-4)

2.2.1 ความหมาย และแนวคิดของการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิดและนิยามของการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ นักวิชาการหลายท่านได้ให้ทัศนะไว้ในทิศทางเดียวกัน ดังนี้

วิลลาร์ด สุนทรโรจน์ (2551, หน้า 11) ชี้ว่ากระบวนการนี้เริ่มต้นจากการกำหนดเป้าหมายตามมาตรฐานการเรียนรู้ จากนั้นจึงระบุหลักฐานการเรียนรู้หรือกิจกรรมประเมินผล แล้วจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกื้อหนุนต่อการประเมินดังกล่าว

ไตรรงค์ เจนการ (2550, หน้า 1) อธิบายว่าแนวคิดนี้เป็นการวางแผนจากปลายทาง (ผลผลิตที่ต้องการ) โดยนำมาตรฐานการเรียนรู้มาแปลงเป็นหลักฐานแห่งการเรียนรู้ (Performances) แล้วจึงจัดเตรียมเครื่องมือและการเรียนการสอนที่จำเป็นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานนั้นได้

ถวัลย์ มาศจรัส (2550, หน้า 22) สรุปว่า เป็นวัฏจักรการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นรูปธรรม โดยให้ความสำคัญกับการกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้และเครื่องมือประเมินผลที่สอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตรให้ชัดเจนก่อนการออกแบบการเรียนรู้

เทวราช มังคะละ (2552) ระบุว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผลลัพธ์หรือเป้าหมายเป็นตัวตั้ง แล้วขับเคลื่อนผ่านการกำหนดหลักฐานชิ้นงานเพื่อพิสูจน์ศักยภาพของผู้เรียน ก่อนจะปิดท้ายด้วยการออกแบบกิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น

กัลญารัตน์ เทพบุตร (2561, หน้า 37) กล่าวว่า เป็นกระบวนการที่เริ่มจากเป้าหมายตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อพัฒนาสมรรถนะผู้เรียน จากนั้นจึงระบุหลักฐานการเรียนรู้และวางแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจุดเด่นคือสามารถย้อนกลับมาประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา

สรุปเชิงสังเคราะห์ การออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ คือ วัฏจักรการศึกษาที่ขับเคลื่อนจากปลายทาง โดยยึดมาตรฐานและเป้าหมายการเรียนรู้เป็นแกนหลัก จากนั้นทำการกำหนดหลักฐานและวิธีการประเมินผลลัพธ์ให้ชัดเจน ก่อนที่จะดำเนินการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุสมรรถนะตามที่คาดหวัง

2.2.2 การออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

วิกกินส์ และแมคไทฮ์ (Wiggins & McTighe) ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก โดยในขั้นตอนที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ (Identify Desired Results) หมายถึง การสร้างจุดหมายและเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน โดยระบุล่วงหน้าถึงผลลัพธ์ หลักฐาน หรือชิ้นงานในระดับที่ยอมรับได้ การกำหนดเป้าหมายในขั้นนี้ต้องครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 3 ด้านของผู้เรียน ได้แก่

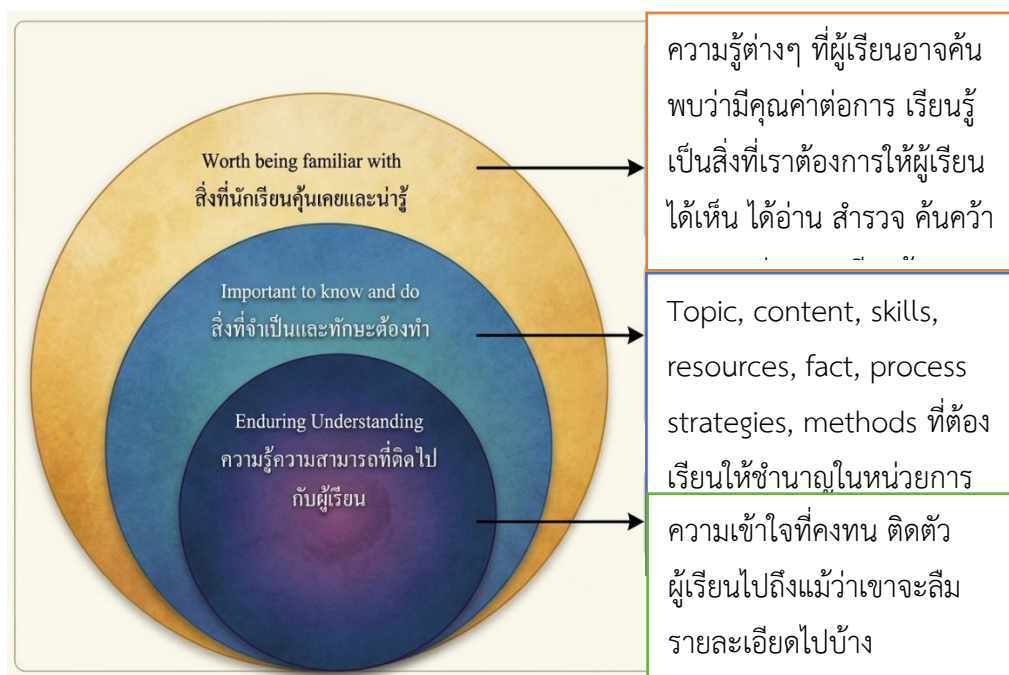
ด้านความรู้ (Knowledge / Content) เนื้อหาสาระและสิ่งที่ผู้เรียนต้องทราบ

ด้านทักษะ (Process / Performance) สิ่ง que ผู้เรียนควรปฏิบัติได้และระดับความสามารถ

ด้านเจตคติ (Attitude / Attribute) คุณลักษณะและทัศนคติที่ดีต่อสิ่งที่เรียน

ในการดำเนินงานขั้นนี้ ครูผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางอย่างละเอียด เพื่อจำแนกและจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหา (Prioritizing

Framework) ซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญที่วิกกินส์และแมคไทฮ์เสนอไว้ เพื่อช่วยให้การเตรียมการออกแบบหน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดลำดับเนื้อหาสาระที่ครูผู้ช่วยต้องจัด

(ที่มา: ดร.เดชกุล มัทวานกุล, 2559, หน้า 3)

กรอบแนวคิดในการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาสาระเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามโมเดลของ วิกกินส์ และแมคไทฮ์ (Wiggins & McTighe) สามารถจำแนกออกเป็น 3 ระดับผ่านมิติของวงกลมซ้อน (Three Concentric Circles) ดังนี้

วงกลมชั้นนอกสุด (ความรู้ที่ควรผ่านตา) เป็นส่วนของเนื้อหาหรือสาระความรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคย โดยอาศัยการอ่าน ศึกษา ค้นคว้า และแสวงหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองตลอดการเรียนรู้รายหน่วย เพื่อสร้างฐานความเข้าใจที่กว้างขึ้น

วงกลมชั้นกลาง (ความรู้และทักษะที่จำเป็น) เป็นขอบเขตของข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ และทักษะสำคัญที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้และปฏิบัติได้ในระหว่างการเรียนรู้ เพื่อขับเคลื่อนให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะตามที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้

วงกลมชั้นในสุด (ความเข้าใจที่คงทน) เป็นแกนหลักที่ซ่อนอยู่ภายในสุด ซึ่งหมายถึงความคิดรวบยอดหลัก (Big Ideas) และหลักการสำคัญของหน่วยการเรียนรู้ที่เอื้อให้เกิด "ความเข้าใจที่คงทน" (Enduring Understanding) ติดตัวผู้เรียนไปอย่างยั่งยืน

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดหลักฐานการเรียนรู้ที่ยอมรับได้ (Determine Acceptable Evidence)

ในขั้นตอนนี้ โจทย์สำคัญของผู้จัดการเรียนรู้คือการแสวงหาเครื่องยืนยันว่าผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจตามมาตรฐานหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังอย่างแท้จริง ผ่านพฤติกรรม การแสดงออกที่เป็นรูปธรรม โดยมีแนวปฏิบัติที่สำคัญดังนี้

1. มิติและวิธีการประเมินผล ครูผู้สอนต้องปรับบทบาทเป็นผู้ประเมินที่ขับเคลื่อนการตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ ผ่านวิธีการที่หลากหลายทั้งรูปแบบที่เป็นทางการ (Formal) และไม่เป็นทางการ (Informal) โดยสะสมร่องรอยตลอดทั้งหน่วยการเรียนรู้ แทนการใช้วิธีการประเมินแบบสรุปรวม (Summative) เพียงครั้งเดียวเพื่อตัดสินผลลัพธ์

2. ขอบเขตความสอดคล้องในการประเมิน การออกแบบเครื่องมือวัดผลต้องคำนึงถึงความสอดคล้องใน 2 มิติหลัก ได้แก่

ทักษะเฉพาะวิชา (Subject-Specific Skills) การประเมินความรู้ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ และค่านิยมที่ตรงตามจุดประสงค์ของรายวิชานั้นๆ

ทักษะคร่อมวิชา (Trans-Disciplinary Skills) การพิจารณาพร้อมกับสมรรถนะร่วมที่สามารถนำไปปรับใช้ได้หลายสาขาวิชา เช่น กระบวนการทำงานกลุ่ม การคิดวิเคราะห์ และทักษะการเขียนรายงานเชิงวิชาการ

3. องค์ประกอบในการกำหนดหลักฐานการเรียนรู้
การบูรณาการระบบประเมินผลในขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ

การระบุหลักฐาน (Evidence) การกำหนดชิ้นงาน ภาระงาน ร่องรอย หรือสิ่งที่เป็นผลผลิตจากการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ชัดเจน

การกำหนดวิธีการ (Assessment Methods) การเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือประเมินที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถเข้าถึงร่องรอยและผลผลิตการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การสร้างเกณฑ์ประเมิน (Rubrics) การพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อวัดคุณภาพชิ้นงานอย่างเป็นระบบ

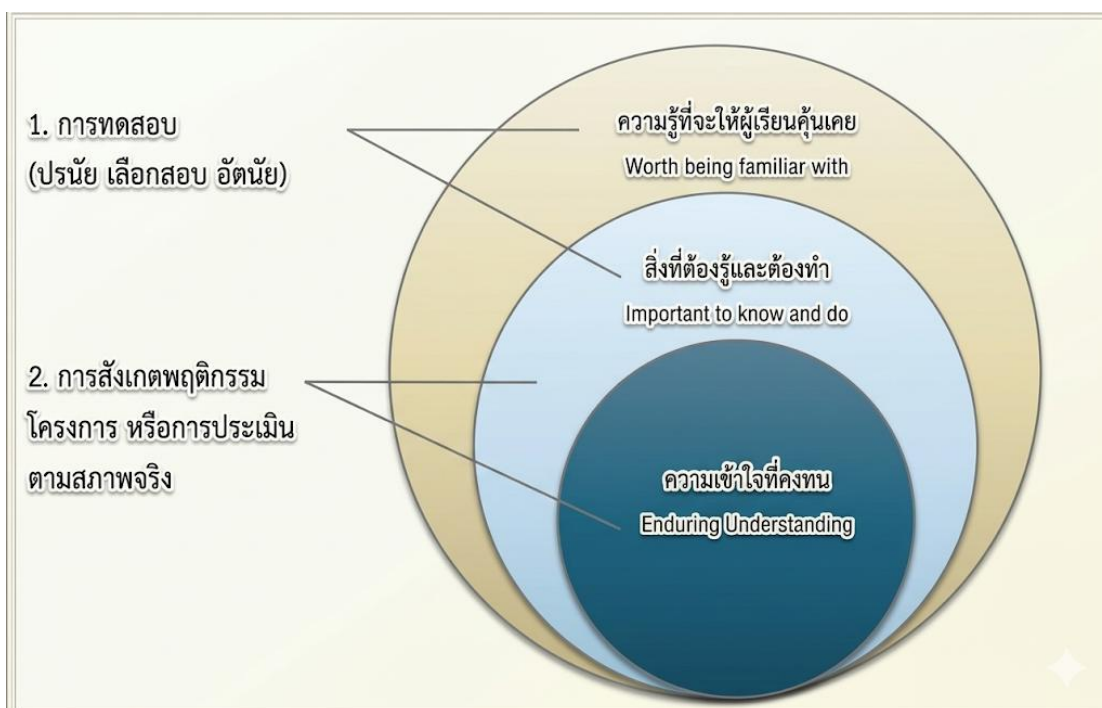
ดังนั้น ในการกำหนดหลักฐานเพื่อพิสูจน์ว่าผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย ผู้สอนจำเป็นต้องตัดสินใจเลือกรูปแบบ วิธีการ และเครื่องมือประเมินที่สามารถสะท้อนความรู้ ทักษะ และความเข้าใจที่แท้จริงของผู้เรียนได้อย่างรอบด้าน ดังแนวทางการประเมินที่ปรากฏในรูปที่ 2.3

การตรวจสอบ ความเข้าใจอย่าง ไม่เป็นทางการ	การสังเกตหรือ การพูดคุย	การทดสอบ	การใช้คำถามหรือ ประเด็นปัญหา	การปฏิบัติ โครงการ
Information check for understanding	Observation/ Dialogue	Quiz/ Test	Academic/ Prompt	Performance Task/ Project

รูปที่ 2.3 แสดงแนวทางการประเมิน

(ที่มา: ดร.เดชกุล มัทวานุกุล, 2559, หน้า 4)

นอกจากนี้ Grant Wiggins และ Jay Mctighe ยังได้นำเสนอการเลือกใช้วิธีประเมินให้สอดคล้องกับระดับของสิ่งที่ประเมินตามกรอบความคิดดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงวิธีประเมินให้สอดคล้องกับระดับของสิ่งที่ประเมิน
(ที่มา: ดร.เดชกุล มัทวานกุล, 2559, หน้า 5)

แนวทางการวัดและประเมินผลความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) การประเมินผลสัมฤทธิ์ด้านความเข้าใจที่คงทนของผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เช่นเดียวกับการวัดความรู้และทักษะย่อยในหน่วยการเรียนรู้ที่สามารถบูรณาการการประเมินตามสภาพจริงร่วมกับการทดสอบได้ ทั้งนี้ รูปแบบการทดสอบที่เหมาะสมควรเน้นปรีชาญาณและการคิดขั้นสูง เช่น การทดสอบแบบอัตนัยหรือการเขียนตอบ เพื่อตรวจสอบความลึกซึ้งขององค์ความรู้ได้อย่างแท้จริง

นอกจากนี้ วิกกินส์ และแมคไทฮ์ (Wiggins & McTighe) ได้นำเสนอกรอบการประเมินผ่าน "มิติแห่งความเข้าใจ 6 ประการ" (Six Facets of Understanding) เพื่อเป็นเกณฑ์ให้ผู้สอนใช้ตรวจสอบระดับความเข้าใจเชิงลึกจากการนำเสนอ การสาธิต หรือการแสดงออกของผู้เรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การอธิบาย (Explanation) ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดข้อมูล ข้อเท็จจริง และปรากฏการณ์ต่างๆ อย่างมีหลักการ ตลอดจนสามารถอ้างอิงเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือเพื่อเชื่อมโยงเข้ากับประเด็นปัญหาได้

2. การตีความ (Interpretation) ผู้เรียนสามารถแปลความหมายและถอดรหัสเรื่องราวต่างๆ โดยประยุกต์ใช้แนวคิด ทฤษฎี บริบททางประวัติศาสตร์ หรือมุมมองเฉพาะตนในการสะท้อนความคิดได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. การประยุกต์ใช้ (Application) ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปปรับใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างสรรค์ และเหมาะสมกับบริบท

4. การมีมุมมองที่หลากหลาย (Perspective) ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิพากษ์ มองเห็นภาพรวมในมุมกว้าง ตลอดจนสามารถจำแนกและตัดสินใจเลือกรับข้อมูลข่าวสารโดยมีทฤษฎีและข้อเท็จจริงรองรับ

5. การหยั่งเห็นและเข้าอกเข้าใจ (Empathy) ผู้เรียนสามารถรับรู้และตระหนักถึงคุณค่าในสิ่งต่างๆ ที่บุคคลอื่นอาจมองข้าม รวมถึงมีความพยายามในการพิสูจน์สมมติฐานเพื่อค้นหาความจริง

6. การรู้จักตนเอง (Self-Knowledge) ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ในตนเอง (Metacognition) เข้าใจข้อจำกัดและศักยภาพทางสติปัญญา วิถีชีวิต ตลอดจนอัตลักษณ์ของตนเองอย่างถ่องแท้

การทำความเข้าใจมิติตั้งแต่ด้านที่ 1 ถึงด้านที่ 6 นี้ จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถออกแบบการวัดผลที่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลและลีลาการเรียนรู้ (Learning Styles) ที่หลากหลายของผู้เรียนทุกคนได้อย่างเท่าเทียม

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอน (Design Learning Experiences and Instruction)

หลังจากที่ครูผู้สอนได้กำหนดผลลัพธ์ปลายทาง (ขั้นตอนที่ 1) และแนวทางการประเมินผล (ขั้นตอนที่ 2) เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้และออกแบบกิจกรรมเพื่อขับเคลื่อนให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะตามเป้าหมาย โดยมีแนวปฏิบัติในการระบุกิจกรรมดังนี้

1. การเชื่อมโยงหลักฐานการเรียนรู้ กำหนดพฤติกรรมการแสดงออกและภาระงานของผู้เรียนให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินในขั้นตอนที่ 2 เพื่อยืนยันความรู้ ทักษะกระบวนการ และมาตรฐานที่ต้องการ

2. การออกแบบกิจกรรมหลัก วางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้าง ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง และหลักการสำคัญตามที่หลักสูตรกำหนด

3. การกำหนดสาระและกลยุทธ์การโค้ช คัดเลือกเนื้อหาสาระที่ใช้เป็นสื่อกลาง พร้อมทั้งกำหนดแนวทางการชี้แนะ (Coaching) และเลือกสรรวิธีการจัดกิจกรรมที่ทรงประสิทธิภาพที่สุดในการพัฒนาผู้เรียน

4. การจัดเตรียมทรัพยากรการเรียนรู้ คัดสรรสื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสมและเอื้อต่อการบรรลุตัวชี้วัดของหน่วยการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะก่อนการนำไปใช้ ครูผู้สอนควรดำเนินการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนครู (Peer Review) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมเชิงโครงสร้างและความเป็นไปได้ในการปฏิบัติจริง (Feasibility) เพื่อสร้างความมั่นใจว่ากิจกรรมทั้งหมดจะสามารถนำพาผู้เรียนไปสู่การเกิดความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) ได้สำเร็จก่อนนำไปลงมือปฏิบัติการสอนจริง

2.2.3 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทางการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) ด้วยกระบวนการออกแบบย้อนกลับ (Backward Design) ครูผู้สอนจะเริ่มต้นจากการปักหมุดเป้าหมายการเรียนรู้ปลายทางที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงทำการกำหนดร่องรอยหรือหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จผ่านเครื่องมือประเมินที่หลากหลาย ก่อนจะดำเนินการออกแบบลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยหล่อหลอมให้ผู้เรียนเกิดความรู้เชิงเนื้อหา ทักษะกระบวนการ ตลอดจนเกิดความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เพื่อขับเคลื่อนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้บรรลุผลดังกล่าว ครูผู้สอนสามารถเลือกใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมได้อย่างหลากหลาย ซึ่งแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและนิยมนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายคือ รูปแบบโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้แบบ WHERETO ซึ่งมีรายละเอียดความสอดคล้องกับองค์ประกอบของ Backward Design ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการเรียนการสอนแบบ WHERETO

W	= Where to go and what to learn	จุดประสงค์การเรียนรู้
H	= Hook and Hold	ดึงความสนใจ และคงความสนใจของผู้เรียนไว้
E	= Equip, Experience and Explore	กระตุ้น ส่งเสริม และสนับสนุนให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ต่อผู้เรียน
R	= Rethink and Revise	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ และทบทวนความเข้าใจ และตรวจทานชิ้นงานของตนเอง
E	= Evaluate (self assessment)	ให้นักเรียนได้ประเมิน และประยุกต์ใช้ผลงานของตนเอง
T	= (Be) tailored	จัดการเรียนรู้ให้ตอบสนองต่อความต้องการ ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน

O	= (Be) organized	การบริหารจัดการชั้นเรียนอย่างเหมาะสม สอดคล้องและสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหมายและให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม
---	------------------	--

จากตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงโครงสร้างรูปแบบการเรียนการสอนแบบ WHERETO จะพบว่าในแต่ละองค์ประกอบมีความเชื่อมโยงและสนับสนุนขั้นตอนของการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ W (Where and What) การแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และทิศทางที่ชัดเจนแก่ผู้เรียน H (Hook and Hold) การเลือกใช้วิธีการดึงดูดความสนใจและคงความจดจ่อของผู้เรียนไว้ตลอดการเรียนรู้ E (Equip, Experience, and Explore) การกระตุ้นและสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติและสำรวจความรู้

เมื่อผู้สอนสามารถกำหนดและบูรณาการองค์ประกอบขั้นต้นเหล่านี้ (W, H, E) ได้อย่างครบถ้วนแล้ว จะถือเป็นการเริ่มต้นและขับเคลื่อนเข้าสู่ ขั้นตอนที่ 1 ของการออกแบบย้อนกลับ นั่นคือ การระบุเป้าหมายการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ (Identify Desired Results) ได้อย่างสมบูรณ์

W	= Where to go and what to learn	จุดประสงค์การเรียนรู้
H	= Hook and Hold	ดึงดูดความสนใจ และคงความสนใจของผู้เรียนไว้
E	= Equip, Experience and Explore	กระตุ้น ส่งเสริม และสนับสนุนให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ต่อผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 1 ระบุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องการ (Identified Desired Results)

R	= Rethink and Revise	เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ และทบทวนความ เข้าใจ และตรวจทานชิ้นงานของตนเอง
E	= Evaluate (self assessment)	ให้นักเรียนได้ประเมิน และประยุกต์ใช้ผลงานของตนเอง

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดการประเมินผล และหลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ (Assessment and Acceptable Evidence)

T	= (Be) tailored	จัดการเรียนรู้ให้ตอบสนองต่อความต้องการ ความสนใจ และความสามารถของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน
O	= (Be) organized	การบริหารจัดการชั้นเรียนอย่างเหมาะสม สอดคล้องและสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหมายและให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 3 ตอนการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Developing the Learning Unit)

การวางแผนเพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในระดับหน่วยการเรียนรู้ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมายปลายทาง (Identify Desired Results)

ประกอบด้วยมิตีย่อย 3 ด้าน

1) สิ่งที่คุณเรียนต้องรู้และปฏิบัติได้ การระบุฐานความรู้เชิงข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด และทักษะกระบวนการที่จำเป็น

2) ความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) การแกะรอยความคิดรวบยอดหลักที่มีคุณค่าต่อผู้เรียนในการนำไปประยุกต์ใช้ในอกห้องเรียนหรือเชื่อมโยงข้ามศาสตร์

3) คำถามสำคัญ (Essential Questions) การตั้งคำถามเชิงยุทธศาสตร์เพื่อนำทางผู้เรียนเข้าสู่แก่นสาระ และใช้เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมของครูผู้สอน

ขั้นที่ 2 การกำหนดหลักฐานและร่องรอยการเรียนรู้ (Determine Acceptable Evidence)

เป็นการรวบรวมเครื่องยืนยันความสำเร็จของผู้เรียนผ่านวิธีการประเมินที่หลากหลาย เช่น การตรวจสอบความรู้อย่างไม่เป็นทางการ การสังเกตและปฏิสัมพันธ์ การทดสอบความรู้เชิงลึก การมอบหมายโจทย์ปัญหาหรือโครงงาน ตลอดจนการประเมินตนเองและแฟ้มสะสมงาน

ขั้นที่ 3 การวางแผนประสบการณ์การเรียนรู้ (Plan Learning Experiences)

การออกแบบและกำหนดชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities) อย่างเป็นระบบเพื่อผลักดันให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายตามที่ระบุไว้

ขั้นที่ 4 การนำหน่วยการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ (Implementation) การนำแผนไปใช้ในการเรียนการสอนจริง พร้อมทำบันทึกหลังการสอน (Evaluation Journal) เพื่อติดตามพฤติกรรมมีส่วนร่วม ความก้าวหน้า และปัญหาอุปสรรคของผู้เรียนในระหว่างทำกิจกรรม

ขั้นที่ 5 การสะท้อนคิดและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Review and Refine) การนำข้อมูลจากบันทึกหลังการสอนมาประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรม เพื่อนำไปปรับปรุงและวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป

แกนหลัก จุดเด่น และข้อควรคำนึงในการจัดการเรียนรู้แบบ Backward Design

1. องค์ประกอบสำคัญ 3 ประการในการวางแผน

ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนต้องกำหนดกลไกหลัก 3 ส่วนให้สอดคล้องกัน ได้แก่ ความคิดหลัก (Big Ideas) ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานหลักสูตร, ความเข้าใจที่

คงทน (Enduring Understanding) ที่สามารถถ่ายโยงไปสู่ชีวิตจริงได้, และ คำถามสำคัญ (Essential Questions) ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเข้ากับแนวคิดหลัก

2. จุดเด่นของแนวคิด

- 1) ขับเคลื่อนการออกแบบการเรียนรู้โดยยึดเป้าหมายและแนวทางการวัดผลเป็นตัวนำ (Assessment-Driven Design)
- 2) ส่งเสริมการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อลดความซ้ำซ้อนและภาระงานของครูผู้สอน
- 3) เปิดโอกาสให้สามารถนำบริบทและสาระการเรียนรู้ท้องถิ่นเข้ามาผสมผสานได้อย่างกลมกลืน

3. ข้อควรคำนึงในการประยุกต์ใช้

การวางแผนร่วมกัน คณะครูควรประสานงานร่วมกันเพื่อออกแบบหน่วยบูรณาการ ป้องกันไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อนในระบบประเมินผล และออกแบบชิ้นงานที่สามารถวัดผลได้ครอบคลุมหลายกลุ่มสาระ

การบริหารจัดการในบริบทฝึกวิชาชีพ สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่ต้องเข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานประกอบการ การออกแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการจำเป็นต้องใช้การประสานงานและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากครูฝึกหรือผู้ควบคุมงานในสถานประกอบการมักมีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านหรือมีหน้าที่ความรับผิดชอบที่แยกส่วนกันตามสายงาน การกำหนดชิ้นงานบูรณาการจึงต้องยืดหยุ่นและสอดคล้องกับบริบทการทำงานจริง

การควบคุมกรอบเวลา การจัดกิจกรรมในหัวข้อหรือสมรรถนะเดียวกัน ควรดำเนินการในกรอบเวลาที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงและเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลัก "6 ต้อง" ของกระบวนการออกแบบย้อนกลับ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพียวร์ ยินดีสุข (2552, หน้า 28-29) ได้เสนอหลักการสำคัญสำหรับการสร้างหน่วยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบย้อนกลับไว้ 6 ประการ (ดังปรากฏในรูปที่ 2.5) ดังนี้

1. ต้องบูรณาการมาตรฐานการเรียนรู้ เริ่มต้นจากการสร้างหน่วยการเรียนรู้บูรณาการ (Integrated Unit of Learning) ทั้งในลักษณะภายในกลุ่มสาระเดียวกันหรือระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้
2. ต้องเน้นผลลัพธ์เชิงสมรรถนะและคุณลักษณะ มุ่งพัฒนาความเข้าใจที่คงทน ทักษะการคิดขั้นสูง (ทักษะคร่อมวิชา) และคุณลักษณะการเป็นผู้ใฝ่รู้และนักคิดวิเคราะห์
3. ต้องเน้นการประเมินตามสภาพจริง มุ่งวัดผลผ่านการปฏิบัติ กิจกรรมการทดลอง ภาระงาน และชิ้นงานเชิงประจักษ์

4. ต้องยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้รูปแบบและนวัตกรรมการสอนที่หลากหลาย เป็นกลยุทธ์หลักในการขับเคลื่อนประสบการณ์เรียนรู้

5. ต้องส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนสร้างความหมายและ คำอธิบายผ่านการลงมือทำกิจกรรม ซึ่งจะช่วยสร้างมนต์เสน่ห์ในความจำระยะยาว พัฒนาทักษะการ คิดเฉพาะทาง และเสริมสร้างเจตคติรวมถึงคุณธรรมจริยธรรมระหว่างการทำงานกลุ่ม

6. ต้องขยายและถ่ายโยงความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมขยายความรู้ (Elaboration) และประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) เพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นร่องรอยหลักฐาน แห่งการเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

หลัก 6 ต้องของการสร้างหน่วยการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบย้อนกลับ ปรากฏดังรูปที่ 2.5 นี้



รูปที่ 2.5 หลัก 6 ต้อง กระบวนการออกแบบการสอนแบบย้อนกลับ
(ที่มา: พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ 2552 หน้า 12)

ลักษณะเด่นและเงื่อนไขสำคัญของการออกแบบการเรียนรู้การสอนแบบย้อนกลับ

จากการศึกษากระบวนการออกแบบการเรียนรู้การสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) สามารถสรุปประเด็นที่เป็นลักษณะเด่น แนวทางปฏิบัติ และเงื่อนไขสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์หลักสูตรเชิงลึก ก่อนเริ่มดำเนินการออกแบบ ผู้สอนจำเป็นต้อง ศึกษาหลักสูตรแกนกลาง คู่มือครู และเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้อย่างถี่ถ้วนเพื่อสร้างความ เข้าใจที่ถูกต้อง

2. ความชัดเจนของเป้าหมายปลายทาง ระบบนี้มุ่งเน้นการปึกหมุดและกำหนด เป้าหมายการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและแม่นยำตั้งแต่เริ่มต้น

3. การวางระบบวัดผลที่ครอบคลุม มีการวางแผนและกำหนดแนวทางการประเมินผลลัพธ์ล่วงหน้าอย่างเป็นระบบและครอบคลุมทุกมิติการเรียนรู้

4. กลไกคำถามสำคัญนำทาง การกำหนดคำถามสำคัญ (Essential Questions) ในทุกช่วงของกระบวนการ จะช่วยสร้างความเข้าใจและอำนวยความสะดวกให้ผู้สอนสามารถขับเคลื่อนการออกแบบการเรียนรู้ได้ง่ายยิ่งขึ้น

5. การวางกรอบแนวคิดก่อนเขียนแผน โครงสร้างเชิงมนทัศน์ของหน่วยการเรียนรู้ต้องได้รับการออกแบบให้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ ก่อนที่จะเริ่มลงรายละเอียดในแผนการจัดการเรียนรู้จริง

6. การตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล กระบวนการนี้เอื้อต่อการออกแบบกิจกรรมที่สามารถยืดหยุ่นและตอบสนองต่อความต้องการ ความสนใจ รวมถึงความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. การสร้างความรู้ที่ยั่งยืน เป็นแนวทางที่กระตุ้นให้ครูผู้สอนเกิดการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อส่งต่อแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำพาผู้เรียนไปสู่จุดหมายของหลักสูตร และสร้างองค์ความรู้ที่ฝังแน่นติดตัวผู้เรียนไปอย่างยั่งยืน

2.2.4 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Instructional Plan Elements of Backward Design)

โครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการออกแบบย้อนกลับ (อ้างอิงและปรับปรุงจาก พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2552) สามารถจำแนกองค์ประกอบออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ส่วนนำ (Introductory Section)

เป็นส่วนข้อมูลพื้นฐานและบริบทเบื้องต้นของการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย กลุ่มสาระการเรียนรู้/สาขาวิชา, รหัสวิชาและชื่อรายวิชา, ระดับชั้น, ชื่อสถานศึกษา, ชื่อหน่วยการเรียนรู้, ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้, จำนวนเวลาเรียน (คาบ/ชั่วโมง) และวัน เดือน ปี ที่ทำการสอน

2. ส่วนเนื้อหา (Core Content Section)

เป็นแกนหลักเชิงวิชาการที่ขับเคลื่อนการเรียนรู้แบบย้อนกลับ ประกอบด้วย องค์ประกอบย่อยดังนี้

1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (Learning Standards and Indicators) กรอบผลลัพธ์ตามหลักสูตรที่ผู้เรียนต้องบรรลุ

2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Instructional Objectives) เป้าหมายการพัฒนาผู้เรียนที่ครอบคลุม 3 มิติ (3Ps/KSA) ได้แก่

ด้านพุทธิพิสัย (Knowledge/Cognitive) เน้นการพัฒนาสมรรถภาพทางสมอง ความรู้เชิงทฤษฎี และเนื้อหาสาระ

ด้านจิตพิสัย (Attitude/Affective) เน้นการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ด้านทักษะพิสัย (Process/Psychomotor) เน้นทักษะกระบวนการและความสามารถในการปฏิบัติงาน

3) ความเข้าใจที่คงทน (Enduring Understanding) การตกผลึกทางความคิด และแก่นความรู้เชิงลึก (Insights) ที่จะยังคงอยู่กับผู้เรียนอย่างถาวร

4) หลักฐานการเรียนรู้ (Evidence of Learning) ชิ้นงาน ภาระงาน หรือผลผลิตที่เกิดจากการหลอมรวมความรู้และทักษะของผู้เรียน โดยผู้สอนต้องกำหนดเครื่องมือวัดวิธีการประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) ให้ครบถ้วนและสอดคล้องกัน

5) สารการเรียนรู้ (Contents) เนื้อหา ข้อเท็จจริง หรือองค์ความรู้ที่ใช้ในหน่วยเรียน

6) กิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activities) ลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คงทน โดยผู้สอนสามารถเลือกสรรและบูรณาการวิธีการสอน (Teaching Methods) ที่เหมาะสมเข้ากับกิจกรรมในแต่ละชั้น

7) สื่อและแหล่งเรียนรู้ (Instructional Media and Resources) วัสดุ อุปกรณ์ เทคโนโลยี หรือแหล่งข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้

3. ส่วนท้าย (Concluding Section)

1) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (Post-Lesson Feedback) ส่วนที่ผู้สอนใช้สะท้อนคิด (Reflection) หลังเสร็จสิ้นการสอน โดยระบุข้อสังเกต พฤติกรรมเด่นของผู้เรียน ปัญหาอุปสรรคที่พบ ตลอดจนการวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

2) ความคิดเห็นของผู้บริหารหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย (Administrator's Reviews) ข้อเสนอแนะ ค่านิยมเชิงบวก หรือคำแนะนำจากผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้ากลุ่มสาระ หรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาพัฒนาแผนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3) ภาคผนวก (Appendix) เอกสารอ้างอิงและเครื่องมือสนับสนุนที่ใช้จัดกิจกรรมจริง เช่น ใบงาน ใบความรู้ แหล่งข้อมูลเสริม แบบทดสอบ และเครื่องมือวัดประเมินผลฉบับเต็ม

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ทางด้านทักษะพิสัย

การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานให้เกิดสัมฤทธิ์สูงสุด จำเป็นต้องพึ่งพาการฝึกฝนและลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยการออกแบบกิจกรรมต้องสอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียนและลักษณะเฉพาะของเนื้อหาวิชา แนวทางดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางกายภาพและกลไกการเคลื่อนไหวได้อย่างเต็มศักยภาพ ส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมหรือภาระงานบรรลุเป้าหมายที่หลักสูตรกำหนด ตลอดจนช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงทักษะที่ได้จากการฝึกหัดไปประยุกต์ใช้ในวิถีชีวิตและการทำงานจริง ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างการเรียนรู้ที่ยั่งยืน โดยมีรายละเอียดเชิงทฤษฎีดังนี้

2.3.1 นิยามของทักษะปฏิบัติ

นักวิชาการและผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านได้ชี้แจงความหมายของทักษะปฏิบัติไว้ในมิติที่สอดคล้องกัน ดังนี้

อภิชาติ อนุกุลเวช (2551, หน้า 64) ระบุว่า ทักษะปฏิบัติ คือ ชีตความสามารถและความเชี่ยวชาญในการทำงานของระบบกล้ามเนื้อที่แสดงออกอย่างถูกต้อง แม่นยำ คล่องแคล่ว และรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการผ่านกระบวนการฝึกหัดอย่างเหมาะสม

ประสิทธิ์ เครือสิงห์ (2541, หน้า 9–11) อธิบายว่า ทักษะกระบวนการทำงาน หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติผ่านกระบวนการหลักที่เป็นแกนกลาง โดยเป็นการบูรณาการชุดขั้นตอนการทำงานต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างความชำนาญ

ปัญญา ไชยมราช (2563, หน้า 69) ชี้ว่า ทักษะพิสัยหรือทักษะปฏิบัติ คือ โครงสร้างการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะด้านการกลไกการกระทำและการแสดงออกทางกายภาพของผู้เรียน ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยกลยุทธ์การพัฒนาที่แตกต่างไปจากการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัย

เคลาส์ เมเออร์ และริปเปิล (Klausmeier & Ripple, 1971, p. 98 อ้างถึงใน Simpson, 1972) ให้ทัศนะว่า ทักษะปฏิบัติเป็นระดับความคล่องตัวในการดำเนินกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งให้รู้ด้นไปได้อย่างต่อเนื่องตามลำดับขั้น โดยผู้ที่มีทักษะปฏิบัติระดับสูงจะมีคุณลักษณะเด่น 5 ประการ ได้แก่ 1) สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ความพยายามเพียงเล็กน้อย 2) มีความสามารถในการจำแนกและแสวงหาแนวทางการทำงานที่ดีขึ้น 3) สามารถรับรู้ผลการปฏิบัติและตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างรวดเร็ว 4) มีความรวดเร็วและเกิดการประสานงานของระบบกายภาพอย่างกลมกลืน และ 5) มีความสม่ำเสมอในการปฏิบัติงานแม้บริบทแวดล้อมจะแปรเปลี่ยนไป

สรุประสังเคราะห์ ทักษะพิสัยหรือทักษะปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถในการควบคุมและประสานงานของระบบร่างกายและกล้ามเนื้อได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และคล่องแคล่ว เพื่อดำเนินภาระงานให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย โดยการพัฒนาด้านนี้มีได้อาศัยเพียงกลไกทางกายภาพ แต่ต้องบูรณาการร่วมกับฐานความรู้ ความรอบคอบ เจตคติ และความมุ่งมั่นในการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ

2.3.2 พัฒนาการและแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติ

ลำดับขั้นการเรียนรู้ทางด้านทักษะพิสัยตามแนวคิดของซิมป์สัน (Simpson, 1972) ร่วมกับคณะนักวิชาการ (โสภา ชูพิกุลชัย, 2550; ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2555) มีพฤติกรรมพัฒนาการ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การรับรู้ (Perception) จุดเริ่มต้นของการแสดงพฤติกรรมที่เกิดจากการกระตุ้นของสิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการคิด ความเชื่อ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน โดยรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า จำแนกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย

1) การเร้าความรู้สึก (Sensory Stimulation) สิ่งเร้ากระตุ้นระบบประสาทสัมผัส รวมถึงกล้ามเนื้อและข้อต่อ

2) การเลือกตัวชี้แนะ (Cue Selection) การตัดสินใจคัดเลือกสัญญาณหรือตัวแนะที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานและละทิ้งสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง

3) การแปลความหมาย (Translation) กระบวนการทางสมองในการแปลงสัญญาณหรือตัวแนะออกมาเป็นแนวทางเพื่อเตรียมลงมือปฏิบัติ

2. ความพร้อม (Readiness / Set) เป็นสภาวะที่ผู้เรียนเกิดความพร้อมใน 3 มิติ เพื่อเริ่มกระทำพฤติกรรม ได้แก่

1) ความพร้อมทางสมอง (Mental Set) มีมโนภาพและความเข้าใจเชิงความคิดในสิ่งที่จะปฏิบัติ

2) ความพร้อมทางร่างกาย (Physical Set) การปรับสรีระ ท่าทาง และประสาทสัมผัสให้พร้อมปฏิบัติงาน

3) ความพร้อมทางอารมณ์ (Emotional Set) การเกิดเจตคติและความมุ่งมั่นพึงปรารถนาที่จะลงมือทำ

3. การตอบสนองตามแนวทาง (Guided Response) การฝึกปฏิบัติภายใต้การกำกับดูแลของผู้สอน โดยยึดเกณฑ์หรือต้นแบบเป็นหลัก ประกอบด้วย 2 รูปแบบย่อย

1) การเลียนแบบ (Imitation) การปฏิบัติตามต้นแบบที่เห็น โดยเริ่มจากการจำลองขั้นตอนไว้ในใจ

2) การลองผิดลองถูก (Trial and Error) ความพยายามปฏิบัติที่อาจมีข้อผิดพลาดในระยะแรก เนื่องจากระบบประสาทและกล้ามเนื้อยังทำงานไม่ประสานกัน แต่จะค่อยๆ พัฒนาขึ้นผ่านคำแนะนำ

4. การเกิดกลไกหรือการทำได้เป็นอัตโนมัติเบื้องต้น (Mechanism) ขั้นที่พฤติกรรมตอบสนองได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นนิสัย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานย่อยๆ ได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องตามลำดับขั้น มีความมั่นใจและคล่องแคล่วโดยไม่ต้องพึ่งพาคู่มือหรือการควบคุมอย่างใกล้ชิด

5. การตอบสนองภายนอกที่ซับซ้อน (Complex Overt Response) ระดับทักษะที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานที่ยากและซับซ้อนได้อย่างเชี่ยวชาญ แม่นยำ และรวดเร็ว การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างสิ้นไหล ประหยัดเวลาและพลังงาน ปราศจากความลังเลใจ โดยมีขั้นตอนย่อยคือ การตัดสินใจปฏิบัติทันที และการทำงานที่เป็นไปโดยอัตโนมัติ

6. การดัดแปลงให้เหมาะสม (Adaptation) ความสามารถในการปรับเปลี่ยน พลิกแพลง หรือประยุกต์ใช้ทักษะการปฏิบัติให้สอดคล้องกับเงื่อนไข บริบท หรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. การริเริ่ม (Origination) ขั้นสูงสุดของทักษะพิสัย โดยผู้เรียนสามารถคิดค้นสร้างสรรค์รูปแบบการปฏิบัติงาน ท่าทาง หรือวิธีการกระทำใหม่ๆ ขึ้นมาเองเพื่อตอบโจทย์งานเฉพาะด้าน ซึ่งก้าวข้ามขอบเขตของทักษะเดิมที่เคยได้รับการฝึกฝนมา

2.3.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนทักษะปฏิบัติ

กลยุทธ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะปฏิบัติ ได้มีนักการศึกษาเสนอแนวทางไว้ 2 โมเดลหลัก ดังนี้

แนวคิดการจัดการฝึกของ ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2555, หน้า 101–103) เสนอโครงสร้างไว้ 5 ขั้นตอน

1) การวิเคราะห์ทักษะ การจำแนกและแยกแยะรายละเอียดขององค์ประกอบทักษะอย่างถี่ถ้วน

2) การประเมินฐานความสามารถเดิม ตรวจสอบทักษะพื้นฐานของผู้เรียนก่อนเริ่มการฝึกเพื่อจัดลำดับความสอดคล้อง

3) การฝึกทักษะย่อย เน้นการฝึกหัดในส่วนที่ผู้เรียนยังขาดความชำนาญ ควบคู่ไปกับการรักษามาตรฐานส่วนที่ทำได้ดีอยู่แล้ว

4) การอธิบายและสาธิต การแสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดให้เห็นเป็นเชิงประจักษ์ (เช่น ผ่านสื่อวีดิทัศน์หรือผู้เชี่ยวชาญ) โดยเลี่ยงการอธิบายที่ยืดยาวเกินไปเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาสังเกตอย่างเต็มที่ และเปิดโอกาสให้อภิปรายสะท้อนคิด

5) การจัดสภาวะการเรียนรู้ มุ่งเน้นการควบคุม 3 ปัจจัย ได้แก่ ลำดับขั้นของสิ่งเร้ากับการตอบสนอง, การบริหารเวลาและช่วงพักการฝึกอย่างเหมาะสม และการแจ้งผลการปฏิบัติ (Feedback) ทั้งจากภายนอก (ครูผู้สอน) และภายใน (การสังเกตกลไกตนเองของผู้เรียน)

แนวคิด 4 ขั้นตอนของ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบุลย์ เกียรติโกมล และเสกสรรค์ แยมพินิจ (2546, หน้า 134–135)

1) ขั้นกล่าวนำ (Introduction) กระตุ้นความสนใจ แจ้งจุดหมายการฝึก และจัดเตรียมตำแหน่งหรือสภาพแวดล้อมให้พร้อม

2) ขั้นการสาธิตโดยผู้สอน (Demonstration) ถ่ายทอดและแสดงวิธีการทำงานจริงควบคู่ไปกับการอธิบายเหตุผล

3) ขั้นการสาธิตโดยผู้เรียน (Application) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลองปฏิบัติเพื่อนำผลลัพธ์มาใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ในการปรับปรุงการสอน

4) ขั้นฝึกหัดและตรวจสอบความก้าวหน้า (Exercise and Progress) มอบหมายงานอย่างเต็มรูปแบบเมื่อมั่นใจว่าผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

บทสรุปรวมขบวนการจัดการเรียนรู้ จากแนวคิดข้างต้น สามารถถ่วงนกร่องเป็นกระบวนการหลัก 5 ขั้นตอนในการพัฒนาทักษะปฏิบัติ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์และประเมินฐานความรู้

เดิม 2) การอธิบายพร้อมสาธิตต้นแบบ 3) การฝึกปฏิบัติจากง่ายไปซับซ้อน 4) การให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อสะท้อนคิด และ 5) การฝึกซ้ำย้ำทักเพื่อความสำเร็จของงาน

2.3.5 การวัดและประเมินผลทักษะปฏิบัติ

กระบวนการวัดผลด้านทักษะปฏิบัติมีความแตกต่างจากการวัดผลสัมฤทธิ์เชิงทฤษฎีเนื่องจากมุ่งตรวจสอบความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงภายใต้สภาพแวดล้อม สถานการณ์ อุปกรณ์ และเงื่อนไขที่กำหนดอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

1. การกำหนดภาระงาน (Task Specification) วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและตัวชี้วัดของหลักสูตรเพื่อกำหนดชิ้นงานหรือภาระงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

2. การควบคุมเงื่อนไขและสถานการณ์ (Contextual Design) วางกรอบสถานการณ์จริงหรือจัดสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) ที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนศักยภาพได้อย่างเป็นธรรมชาติและตรงไปตรงมา

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะที่ต้องการวัด (Behavioral Analysis) จำแนกพฤติกรรมประเมินออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ กระบวนการทำงาน (Process) และ ผลผลิตของงาน (Product) เพื่อเป็นฐานในการสร้างเครื่องมือวัดที่เที่ยงตรงครอบคลุม

4. การเลือกสรรวิธีการประเมิน (Assessment Methodology) เลือกรูปแบบการประเมินให้สอดคล้องกับลักษณะงาน เช่น การทดสอบข้อเขียนเชิงปฏิบัติ (Written Practical) เพื่อวัดความรู้ความปลอดภัยก่อนลงงานเสี่ยงอันตราย หรือการประเมินระหว่างปฏิบัติงานจริง (Direct Observation)

5. การพัฒนาเครื่องมือวัดผล (Instrument Design) จัดทำเครื่องมือเก็บข้อมูลที่เหมาะสม เช่น แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับขั้นตอนที่ข้ามไม่ได้ หรือแบบประมาณค่า (Rating Scale) สำหรับวัดคุณภาพและความประณีตของงาน

6. การวางแผนการประเมินและการรายงานผล (Evaluation Framework) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนในรูปแบบการประเมินอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Rubrics) หรือการประเมินอิงความก้าวหน้า (Growth-Based Assessment) เพื่อรับประกันความโปร่งใส ความเป็นธรรม และความเที่ยงตรงของการแปลผลคะแนน

2.4 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติ

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) มีเป้าหมายหลักในการเสริมสร้างสมรรถนะด้านการปฏิบัติ กลไกการเคลื่อนไหว และการแสดงออกทางกายภาพของผู้เรียน ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยยุทธวิธีและระบบการสอนที่แตกต่างจากการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยหรือจิตพิสัย ทิศนา ขัมมณี (2556, หน้า 24–30) ได้ประมวลและนำเสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะปฏิบัติไว้ 6 รูปแบบสำคัญ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.4.1 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของเดวีส์ (Davies' Instructional Model) รูปแบบของเดวีส์

(Davies) มีแนวคิดพื้นฐานว่า ทักษะปฏิบัติที่เป็นกระบวนการขนาดใหญ่เกิดจากการ ร้อยเรียงทักษะย่อยๆ จำนวนมากเข้าด้วยกัน ดังนั้น การจำแนกและฝึกฝนทักษะย่อยเหล่านั้นให้เกิด ความชำนาญก่อน แล้วจึงนำมาเชื่อมโยงเป็นทักษะรวม จะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการ พัฒนาทักษะได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสาธิตทักษะองค์รวม (Gross Demonstration) ผู้สอนแสดงขั้นตอนการ ทำงานทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบในลักษณะที่เป็นธรรมชาติ ด้วยความเร็วปกติ เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็น ภาพรวมและทิศทางการปฏิบัติ โดยมีการให้คำแนะนำและชี้จุดสำคัญที่ต้องสังเกตเป็นพิเศษล่วงหน้า

ขั้นที่ 2 การสาธิตและฝึกปฏิบัติทักษะย่อย (Sub-skill Demonstration and Practice) ผู้สอนย่อยทักษะองค์รวมออกเป็นส่วนๆ จากนั้นทำการสาธิตทักษะย่อยทีละขั้นอย่างช้าๆ เพื่อให้ผู้เรียนสังเกตและลงมือปฏิบัติตามไปพร้อมกัน

ขั้นที่ 3 การปฏิบัติทักษะย่อยโดยไม่มีต้นแบบ (Independent Sub-skill Practice) ผู้เรียนลงมือปฏิบัติทักษะย่อยด้วยตนเองโดยไม่มีการสาธิตนำ หากเกิดข้อผิดพลาดผู้สอนจะให้ คำแนะนำเชิงแก้ไขทันที เมื่อผ่านเกณฑ์แล้วจึงดำเนินการในทักษะย่อยขั้นถัดไปจนครบถ้วน

ขั้นที่ 4 การให้เทคนิคและกลวิธี (Technical Refinement) เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติ ได้ถูกต้องแล้ว ผู้สอนจะเติมเต็มเทคนิค วิธีการลัด หรือเคล็ดลับที่จะช่วยให้งานมีความประณีต สวยงาม รวดเร็ว ปลอดภัย หรือประหยัดทรัพยากรมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 การเชื่อมโยงทักษะสู่ความสมบูรณ์ (Integration and Mastery) ผู้เรียนฝึกฝน การร้อยเรียงทักษะย่อยทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ และฝึกซ้ำ หลายๆ ครั้งจนเกิดความชำนาญคงทน

2.4.2 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน (Simpson's Instructional Model)

รูปแบบนี้พัฒนาขึ้นโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานที่ต้องอาศัยกลไกการ เคลื่อนไหวอันซับซ้อน และการประสานงานของระบบกล้ามเนื้อได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีความ เชี่ยวชาญระดับสูง โดยมีกระบวนการดำเนินงาน 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การรับรู้ (Perception) ผู้เรียนสังเกตและทำความเข้าใจพฤติกรรม การปฏิบัติงานอย่างตั้งใจ เพื่อทำความเข้าใจสัญญาณและเงื่อนไขของงาน

ขั้นที่ 2 การเตรียมความพร้อม (Set / Readiness) การปรับสภาวะของผู้เรียนให้ พร้อมลงมือปฏิบัติใน 3 มิติ ได้แก่ ร่างกาย (ท่าทาง/กายภาพ) จิตใจ (ความคิด/มโนภาพ) และอารมณ์ (ความมุ่งมั่นและเจตคติที่ดี)

ขั้นที่ 3 การสนองตอบภายใต้การควบคุม (Guided Response) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมผ่านการเลียนแบบต้นแบบ หรือการลองผิดลองถูกภายใต้การกำกับดูแล เพื่อปรับแต่งพฤติกรรมให้ตรงตามเกณฑ์

ขั้นที่ 4 การปฏิบัติจนเป็นกลไกถาวร (Mechanism) ผู้เรียนฝึกฝนจนสามารถกระทำกิจกรรมย่อยๆ ได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้อง เกิดความมั่นใจและเกิดกลไกพฤติกรรมคงที่

ขั้นที่ 5 การกระทำอย่างเชี่ยวชาญ (Complex Overt Response) ขั้นพัฒนาทักษะขั้นสูง ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานที่ซับซ้อนได้อย่างลื่นไหล รวดเร็ว แม่นยำ เป็นอัตโนมัติ โดยใช้พลังงานและเวลาน้อยที่สุด

ขั้นที่ 6 การปรับปรุงและประยุกต์ใช้ (Adaptation) ผู้เรียนมีความสามารถในการยืดหยุ่น ดัดแปลง และพลิกแพลงทักษะการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทปัญหาใหม่

ขั้นที่ 7 การสร้างสรรค์ริเริ่ม (Origination) ขั้นสูงสุดของการพัฒนา ผู้เรียนสามารถคิดค้น พัฒนาแนวทาง กระบวนการ หรือรูปแบบการปฏิบัติงานใหม่ๆ ขึ้นเองตามความต้องการและจินตนาการสร้างสรรค์

2.4.3 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของดีเซคโค (De Cecco's Instructional Model)

ดีเซคโค (De Cecco) ได้จำแนกโครงสร้างระบบการเรียนการสอนเพื่อสร้างเสริมทักษะปฏิบัติออกเป็น 5 ขั้นตอนที่เน้นความเป็นระบบและการประเมินฐานความรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ทักษะเชิงปฏิบัติ (Task Analysis) ผู้สอนจำแนกและวิเคราะห์ภาระงานหลักออกเป็นโครงสร้างทักษะย่อยอย่างละเอียด เพื่อวางแผนลำดับการสอน

ขั้นที่ 2 การประเมินสมรรถนะพื้นฐาน (Entry Behavior Assessment) ตรวจสอบความรู้และความสามารถเดิมของผู้เรียนว่าเพียงพอต่อการเรียนรู้ทักษะใหม่หรือไม่ หากพบข้อบกพร่องต้องจัดกิจกรรมปรับพื้นฐานก่อน

ขั้นที่ 3 การจัดลำดับขั้นการฝึกฝน (Sequencing Instruction) วางโครงสร้างกิจกรรมการฝึกจากง่ายไปสู่ยาก จากทักษะขั้นพื้นฐานไปสู่ทักษะที่มีความซับซ้อน โดยเน้นการฝึกทักษะย่อยก่อนฝึกรวม

ขั้นที่ 4 การอธิบายและสาธิตเชิงประจักษ์ (Demonstration and Explanation) ถ่ายทอดขั้นตอนการทำงานให้ผู้เรียนเห็นภาพชัดเจนผ่านการสาธิตจริง หรือการใช้สื่อประสม (Multimedia) เช่น วิดีทัศน์ เพื่อชี้ให้เห็นรายละเอียดในแต่ละจุด

ขั้นที่ 5 การฝึกปฏิบัติจริงและการให้แรงเสริม (Guided Practice and Feedback) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือทำจริงโดยคำนึงถึง 3 ปัจจัยหลัก

ความต่อเนื่อง (Continuity) ฝึกปฏิบัติแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน

การฝึกหัด (Practice) เน้นย้ำทักษะย่อยที่สำคัญและบริหารเวลาฝึกสลับเวลาพักอย่างเหมาะสม

การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้ผู้เรียนรับรู้ผลการปฏิบัติ โดยระยะแรกเน้นข้อมูลจากภายนอก (Extrinsic Feedback) จากผู้สอน และเมื่อชำนาญขึ้นจะเปลี่ยนเป็นการรับรู้ผลจากภายในตนเอง (Intrinsic Feedback) ผ่านการสังเกตผลกลไกการเคลื่อนไหวของตนเอง

2.4.4 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของฟิตส์ (Fitts' Instructional Model)

ฟิตส์ (Fitts) เสนอแนวคิดที่ว่า พัฒนาการสู่ความเชี่ยวชาญในทักษะปฏิบัติจะเกิดขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้นผ่าน 3 ระยะสำคัญ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นความรู้ความเข้าใจ (The Cognitive Phase) เป็นช่วงการสร้างฐานความคิดและทฤษฎี ผู้สอนให้ข้อมูลว่าผู้เรียนต้องปฏิบัติอะไร มีข้อควรระวังหรือจุดเสี่ยงใดที่ต้องหลีกเลี่ยง มาตรฐานของงานคืออะไร และร่วมวิเคราะห์ข้อผิดพลาดที่มักเกิดขึ้น โดยขั้นนี้ควรใช้เวลาให้กระชับที่สุด

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติและเชื่อมโยง (The Associative Phase) เป็นขั้นลงมือปฏิบัติเพื่อจำกัดพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้องออกไป ผู้สอนต้องจัดเตรียมสิ่งแวดล้อม เปิดโอกาสให้เลียนแบบทักษะฝึกหัดในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง และคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 3 ขั้นชำนาญการอิสระ (The Autonomous Phase) ผู้เรียนฝึกฝนจนสามารถปฏิบัติทักษะได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ผิดพลาดน้อยที่สุดจนกลายเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ (ระดับผู้เชี่ยวชาญ) ซึ่งขั้นนี้ผู้สอนต้องส่งเสริมการฝึกฝนจนถึงระดับเกินพอ (Overlearning) และฝึกทักษะการควบคุมอารมณ์ภายใต้ความกดดัน ทั้งนี้ ความสำเร็จของผู้เรียนในขั้นนี้จะแปรเปลี่ยนไปตามสมรรถภาพ ความสนใจ และความเพียรพยายามเฉพาะบุคคล

2.4.5 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของวูดรอฟฟ์ (Woodruff's Instructional Model)

รูปแบบของวูดรอฟฟ์ (Woodruff) มุ่งเน้นการใช้ชิ้นงานต้นแบบและการสาธิตซ้ำๆ อย่างเป็นระบบเพื่อสร้างความจดจำและกลไกการลอกเลียนแบบพฤติกรรมที่ถูกต้อง มีองค์ประกอบกระบวนการดังนี้

1. การจัดเตรียมชิ้นงานต้นแบบ แสดงผลงานที่สำเร็จสมบูรณ์และมีมาตรฐานให้ผู้เรียนพิจารณา

2. การอธิบายเชิงลึก ชี้แจงขั้นตอนและแนวทางการปฏิบัติอย่างละเอียดและแจ่มชัด

3. การสาธิตขั้นต้น แสดงวิธีการทำงานในภาพรวมอย่างละเอียด

4. การสาธิตซ้ำองค์รวม แสดงการปฏิบัติงานซ้ำตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการอีกครั้ง เพื่อย้ำความจำ

5. การจำแนกสาธิตทีละขั้น แสดงการปฏิบัติในแต่ละกิจกรรมย่อยอย่างซ้ำๆ และเรียบง่าย

6. การฝึกภายใต้การดูแล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเองตั้งแต่ต้นจนจบ โดยมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยง (Mentor) คอยสังเกตการณ์อย่างใกล้ชิด

7. การฝึกปฏิบัติอิสระและการประเมินตนเอง ให้ผู้เรียนทำงานตามลำพัง แล้วนำผลผลิตที่ได้ไปประเมินและเปรียบเทียบความถูกต้องกับชิ้นงานต้นแบบ

2.4.6 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์ (Harrow's Instructional Model)

รูปแบบของแฮร์โรว์ (Harrow) วางรากฐานอยู่บนหลักพัฒนาการจากความซับซ้อนน้อยไปสู่ซับซ้อนมาก เริ่มจากการควบคุมกล้ามเนื้อมัดใหญ่ไปสู่กล้ามเนื้อมัดเล็ก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงานที่เป็นธรรมชาติและสมบูรณ์แบบ ผ่าน 5 ขั้นตอนปฏิบัติ

ขั้นที่ 1 การเลียนแบบ (Imitation) ผู้เรียนสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติ แม้จะยังเก็บรายละเอียดได้ไม่ครบถ้วน แต่สามารถระบุและเข้าใจโครงสร้างหรือขั้นตอนหลักของการทำงานได้

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติงานตามคำสั่ง (Manipulation) ผู้เรียนลงมือทำงานโดยไม่มีต้นแบบให้เห็น โดยปฏิบัติตามคำสั่งของผู้สอนหรือคู่มือปฏิบัติการ การฝึกในขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรงและค้นพบปัญหาเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง

ขั้นที่ 3 การกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์ (Precision) ผู้เรียนฝึกฝนอย่างต่อเนื่องจนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง แม่นตรง พอดี และสมบูรณ์แบบด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมีคำสั่งนำทางหรือพึ่งพาแบบอย่าง

ขั้นที่ 4 การแสดงออกเชิงความคล่องแคล่ว (Articulation) ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนเพิ่มเติมจนเกิดความเชี่ยวชาญ สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ลื่นไหล มีความสอดคล้องประสานกันของระบบกายภาพ และปฏิบัติด้วยความมั่นใจ

ขั้นที่ 5 การกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ (Naturalization) ขั้นสูงสุดของการพัฒนาทักษะการปฏิบัติหลอมรวมจนกลายเป็นพฤติกรรมอัตโนมัติ ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างราบรื่นสบายๆ โดยไม่ต้องใช้ความพยายามเป็นพิเศษ ซึ่งเกิดขึ้นจากการผ่านประสบการณ์ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

บทสรุปเชิงสังเคราะห์ โครงสร้างกระบวนการสอนทักษะปฏิบัติ 7 ขั้นตอน

จากการวิเคราะห์และประมวลจุดเด่นของรูปแบบการสอนทักษะปฏิบัติข้างต้น สามารถบูรณาการเป็นโครงสร้างกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นสากลและเป็นระบบได้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตรวจสอบและประเมินทักษะพื้นฐานเดิม วิเคราะห์ความพร้อมของผู้เรียนและเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นก่อนเริ่มการเรียนรู้

2. การอธิบายกระบวนการเชิงทฤษฎี ชี้แจงขั้นตอน แนวทาง มาตรฐาน และข้อควรระวังอย่างเป็นระบบในระยะเวลาที่กระชับ

3. การสาธิตเพื่อสร้างมโนภาพองค์รวม แสดงวิธีการปฏิบัติงานทั้งหมดให้ผู้เรียนสังเกตและทำความเข้าใจในภาพรวม

4. การสาธิตควบคู่กับการปฏิบัติตามขั้นตอนย่อย ย่อยโครงสร้างงานและนำผู้เรียนฝึกปฏิบัติไปทีละขั้นอย่างซ้ำๆ

5. การฝึกปฏิบัติโดยมีผู้สอนเป็นพี่เลี้ยง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำงานด้วยตนเองภายใต้การกำกับดูแล แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องอย่างใกล้ชิด

6. การฝึกปฏิบัติอิสระและการสะท้อนผล ให้ผู้เรียนทำงานตามลำพังและจัดระบบข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้ผู้เรียนประเมินตนเอง

7. การฝึกซ้ำเพื่อความเชี่ยวชาญชำนาญการ ส่งเสริมการฝึกฝนจนเกิดความคล่องแคล่ว เป็นอัตโนมัติ และดัดแปลงใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างเป็นธรรมชาติ

2.5 ความหมายของชุดการสอนและชุดฝึกทักษะ

จากการศึกษาวรรณกรรมและแนวคิดของนักวิชาการทางการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของชุดการสอนและชุดฝึกทักษะ สามารถจำแนกทัศนะเชิงนิยามออกเป็นมิติต่างๆ ที่สอดคล้องกันดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ และสุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, หน้า 52) นิยามว่า ชุดการสอนและชุดฝึก คือ นวัตกรรมทางการศึกษาที่บูรณาการสื่อหลากหลายรูปแบบ (Multimedia) เข้าไว้ด้วยกันอย่างมีเป้าหมาย เพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้จากการบรรยายเชิงรับ (Passive Learning) ไปสู่การขับเคลื่อนให้ผู้เรียนได้ศึกษาและลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งช่วยส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ที่ยั่งยืนและการประยุกต์ใช้ทักษะในสถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้อง

เปรมใจ เอื้อวัฒนสกุล (2552, หน้า 18) ชี้ว่า ชุดฝึกทักษะคือ สื่อการเรียนรู้ประเภทหนึ่งที่มีมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนผ่านการฝึกปฏิบัติเพื่อสร้างความชำนาญในเนื้อหาวิชา ช่วยลดภาระงานของผู้สอนในการอธิบายเนื้อหาซ้ำ และเอื้อให้ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตน โดยโครงสร้างภายในชุดฝึกต้องประกอบด้วยคำชี้แจง ตัวอย่าง และกิจกรรมที่จัดเรียงลำดับความยากง่ายจากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นซับซ้อน

วิจารณ์ พานิช (2555, หน้า 48) อธิบายความหมายในบริบทการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ว่า ชุดการสอนคือ เครื่องมือสำคัญในการปรับเปลี่ยนบทบาทของผู้สอนจาก "ผู้ถ่ายทอดความรู้" ไปสู่การเป็น "ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้" (Facilitator) โดยชุดการสอนจะทำหน้าที่ออกแบบเส้นทางการเรียนรู้ (Learning Pathway) ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) จนเกิดทักษะที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 7) ให้ความหมายว่า ชุดการสอนคือ ระบบการผลิตและนำเสนอสื่อการสอนที่หลากหลายและมีความสอดคล้องกันมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหน่วยการเรียนรู้ เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชุดการสอนจึงจัดเป็นสื่อประสมที่ผ่านการวางระบบไว้อย่างเป็นกระบวนการ ประกอบด้วยกิจกรรมที่เกื้อหนุนให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้

ทิตินา แคมมณี (2560, หน้า 126) นิยามในเชิงกระบวนการว่า ชุดการสอนคือ สื่อการเรียนรู้ที่ผ่านการจัดระบบอย่างครบวงจร ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ สื่ออุปกรณ์ประกอบการประเมินผล เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาและฝึกปฏิบัติด้วยตนเองทั้งในลักษณะรายบุคคลหรือกระบวนการ

กลุ่ม โดยมีผู้สอนทำหน้าที่กำกับแนะนำและช่วยเหลือ เพื่อนำพาผู้เรียนไปสู่จุดหมายของหลักสูตรอย่างเป็นลำดับขั้น

บุญชม ศรีสะอาด (2560, หน้า 95) ระบุว่า ชุดฝึกทักษะคือ สื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะและความชำนาญให้แก่ผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้ศึกษาเนื้อหาภาคทฤษฎีแล้ว หรือนำมาใช้ควบคู่ไปกับบทเรียนหลัก โดยชุดฝึกที่ดีต้องมีความหลากหลาย น่าสนใจ และมีระบบการวัดประเมินผลความก้าวหน้าชัดเจน

ชุดการสอนและชุดฝึกทักษะ หมายถึง นวัตกรรมและสื่อการเรียนรู้ประสม (Multimedia) ที่ได้รับการออกแบบและจัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยบูรณาการร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้ คู่มือการปฏิบัติงาน และเครื่องมือวัดประเมินผล เพื่อเปลี่ยนบทบาทของผู้สอนให้เป็นผู้อำนวยความสะดวกและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือฝึกปฏิบัติจริง (Active Learning) ตามศักยภาพเฉพาะบุคคล จนเกิดความเชี่ยวชาญในทักษะเฉพาะทาง ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 แนวคิดและกระบวนการสร้างชุดการสอน

การพัฒนาชุดการสอนจัดเป็นกระบวนการออกแบบการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมการศึกษาที่มุ่งเน้นความเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน และตอบสนองต่อศักยภาพของผู้เรียน โดยมีนักศึกษาได้เสนอแบบจำลองการพัฒนาที่สำคัญไว้ดังนี้

2.6.1 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนตามแนวคิดของไชยยศ เรืองสุวรรณ (2553, หน้า 45-50) ไชยยศ เรืองสุวรรณ เสนอว่าการสร้างชุดการสอนต้องอาศัยแนวคิดเชิงระบบ (System Approach) ที่มีการควบคุม ตรวจสอบ และประเมินผลอย่างต่อเนื่อง โดยจำแนกออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การวิเคราะห์ผู้เรียน (Learner Analysis) ศึกษาคุณลักษณะเชิงประชากรและพื้นฐานของผู้เรียน เช่น อายุ ระดับความรู้เดิม สมรรถนะ ความสนใจ และรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) เพื่อเป็นฐานในการออกแบบสื่อให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย

2. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives Specification) วางจุดหมายพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนหลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้ โดยวัตถุประสงค์ต้องสามารถสังเกตและวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม

3. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ดำเนินการแยกแยะองค์ประกอบของเนื้อหา จัดหมวดหมู่ และเรียงลำดับความสัมพันธ์จากง่ายไปสู่ยาก เพื่อให้การถ่ายทอดเป็นไปอย่างราบรื่น

4. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ (Instructional Design) เลือกสรรวิธีสอนและออกแบบกิจกรรมที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะปฏิบัติ เช่น การสาธิต การฝึกปฏิบัติงาน หรือกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ

5. การพัฒนาและผลิตชุดการสอน (Package Development) ลงมือสร้างและรวบรวมสื่อการเรียนรู้ต่างๆ เช่น คู่มือ ใบงาน แบบฝึกหัด สื่อมัลติมีเดีย หรืออุปกรณ์จำลองการฝึก

6. การทดลองใช้และการประเมินผล (Implementation & Evaluation) นำชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริงเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อ

7. การปรับปรุงแก้ไข (Revision) นำข้อมูลป้อนกลับและผลการประเมินมาพัฒนาปรับปรุงชุดการสอนให้มีความสมบูรณ์และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดก่อนนำไปเผยแพร่

2.6.2 ขั้นตอนการผลิตชุดการสอน "แผนจุฬา" ของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 25–30)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาชุดการสอนไว้อย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบประสิทธิภาพของสื่อผ่านเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2 (Efficiency Index) และจำแนกขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 11 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ คัดเลือกกลุ่มสาระการเรียนรู้หรือบูรณาการเนื้อหาในลักษณะสหวิทยาการให้สอดคล้องกับหลักสูตร

ขั้นที่ 2 การกำหนดหน่วยการสอน แบ่งซอยเนื้อหาภาพรวมออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อยตามความเหมาะสมของกรอบเวลาและรายวิชา

ขั้นที่ 3 การกำหนดหัวเรื่อง วิเคราะห์และกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ย่อยภายในแต่ละหน่วย (ประมาณ 4–6 หัวเรื่อง) เพื่อวางขอบเขตประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะได้รับ

ขั้นที่ 4 การกำหนดมโนทัศน์และหลักการ (Concept and Principles) สรุปแก่นความคิด สาระสำคัญ และข้อเท็จจริงของแต่ละหัวเรื่องเพื่อใช้เป็นแนวทางหลักในการเรียบเรียงเนื้อหา

ขั้นที่ 5 การกำหนดวัตถุประสงค์ ตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ในภาพรวมก่อน แล้วจึงแปลงให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุเงื่อนไขและเกณฑ์ความสำเร็จอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 6 การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ออกแบบชุดกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อชี้จัดแนวทางการเลือกและการผลิตสื่อ

ขั้นที่ 7 การปฏิบัติกิจกรรม วางเงื่อนไขให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกรูปแบบ เช่น การศึกษาใบงาน การเขียนแบบวาด การทดลองปฏิบัติ หรือการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 8 การกำหนดแบบประเมินผล สร้างเครื่องมือวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test) ที่ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนหลังสิ้นสุดกิจกรรม

ขั้นที่ 9 การเลือกและผลิตสื่อการสอน ดำเนินการจัดทำ ออกแบบ และผลิตวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ พร้อมจัดเก็บรวมกันไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องหรือชุดลงฝึกที่เตรียมไว้

ขั้นที่ 10 การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน (Try-out) นำชุดการสอนไปทดลองใช้ตามขั้นตอน (เดี่ยว-กลุ่ม-ภาคสนาม) เพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (เช่น 80/80) เพื่อเป็นหลักประกันคุณภาพของนวัตกรรม

ขั้นที่ 11 การนำชุดการสอนไปใช้จริง (Implementation) นำชุดการสอนที่ผ่านการปรับปรุงและได้มาตรฐานตามเกณฑ์ไปจัดการเรียนรู้แก่กลุ่มเป้าหมายในสถานการณ์จริง

2.6.3 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนตามแนวคิดของสวิตช์ มูลคำ (2549, หน้า 199)

สวิตช์ มูลคำ เสนอหลักการสร้างชุดการสอนในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ที่จัดแบ่งโครงสร้างเป็นหน่วยการเรียนรู้เฉพาะเรื่อง โดยสรุปขั้นตอนการดำเนินงานไว้ 11 ขั้นตอน ซึ่งมีความสอดคล้องและเติมเต็มกระบวนการวัดผล ดังนี้

1. การกำหนดเรื่องที่จะพัฒนา เลือกหัวข้อเนื้อหาจากหลักสูตรเดิม หรือสร้างสรรค์เรื่องราวขึ้นใหม่ตามความจำเป็นและความเหมาะสมของรายวิชา
2. การจัดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ จำแนกโครงสร้างสาระสำคัญออกเป็นกลุ่มงานหรือหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กัน
3. การจัดหน่วยการสอน กำหนดช่วงเวลาและขอบเขตของหน่วยการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัยและพัฒนาการของผู้เรียน
4. การกำหนดหัวเรื่องย่อย แยกหน่วยการสอนออกเป็นหัวข้อกิจกรรมย่อย เพื่อวางแผนทางการส่งมอบประสบการณ์การเรียนรู้
5. การกำหนดความคิดรวบยอดหรือโน้มนำ (Concept & Principles) กลั่นกรองหลักการและแก่นความรู้สำคัญของหัวเรื่องย่อย เพื่อใช้เป็นแนวทางจัดเนื้อหาไม่ให้หลุดกรอบ
6. การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เขียนวัตถุประสงค์ทั่วไปแล้วจึงจำแนกเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พร้อมระบุเกณฑ์การตัดสินผลเพื่อใช้วัดสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ วางแผนชุดกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์และทักษะตามที่ตั้งไว้
8. การกำหนดแนวทางการประเมินผล ออกแบบระบบการวัดผลสัมฤทธิ์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยใช้แบบวัดแบบอิงเกณฑ์
9. การเลือกและผลิตสื่อการสอน ดำเนินการจัดทำ คัดสรรวัสดุ อุปกรณ์ และสื่อประสม พร้อมจัดชุดรวบรวมเป็นหมวดหมู่ให้สะดวกต่อการใช้งาน
10. การสร้างเครื่องมือวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียน (Pre-test & Post-test) พัฒนาข้อสอบพร้อมเฉลยที่มุ่งวัดรอบความรู้หลักและทักษะสำคัญตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยระวังไม่ให้มีจำนวนข้อมากเกินไปจนสร้างความเหนื่อยล้าแก่ผู้เรียน
11. การหาประสิทธิภาพและตรวจสอบคุณภาพ นำชุดการสอนไปทดลองใช้จริงเพื่อเก็บข้อมูลเชิงสถิติ ควบคู่กับการส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเนื้อหา (IOC) แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้งานจริง

2.7 การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจัดเป็นกระบวนการสำคัญในงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2520, หน้า 135; 2556, หน้า 25-30) ได้ระบุว่า นวัตกรรมหรือชุดการสอนที่สร้างขึ้นจำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพเชิงประจักษ์ เพื่อยืนยันว่าสื่อชิ้นนั้นสามารถยกระดับความรู้ของผู้เรียน ช่วยให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างราบรื่น สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่คาดหวัง และสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้เรียนได้อย่างคุ้มค่าก่อนนำไปผลิตเพื่อเผยแพร่ในวงกว้าง

2.7.1 นิยามของการทดสอบประสิทธิภาพ

1. ประสิทธิภาพ (Efficiency: E) หมายถึง สภาวะหรือสมรรถนะของกระบวนการปฏิบัติงานที่นำไปสู่ความสำเร็จตามเป้าหมาย โดยใช้เวลา ความพยายาม และทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยแสดงผลในรูปของอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่าง ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และผลผลิต (Output) มุ่งเน้นการดำเนินงานที่ถูกต้องตามครรลองวิชาการ หรือการทำสิ่งใดๆ อย่างถูกวิธี (Doing things right) ซึ่งแตกต่างจาก "ประสิทธิผล" (Effectiveness) ที่มุ่งเน้นการบรรลุเป้าหมายสูงสุดหรือการทำในสิ่งที่ถูกที่ควร (Doing the right things)

2. การทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) หมายถึง การหาคุณภาพเชิงทดลองของสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นพัฒนาการ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงองค์ประกอบย่อยของนวัตกรรมต้นแบบ (Prototype) ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ โดยกระบวนการตรวจสอบแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การทดลองใช้เบื้องต้น (Try-out) การนำชุดการสอนต้นแบบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กตามขั้นตอนที่ระบบกำหนด เพื่อค้นหาข้อบกพร่องและปรับปรุงคุณภาพให้ก้าวหน้าขึ้นจนถึงเกณฑ์มาตรฐาน

2) การทดลองสอนจริง (Trial Run) การนำชุดการสอนที่ผ่านการปรับปรุงขั้นต้นแล้วไปทดลองสอนในสภาพการณ์หรือชั้นเรียนจริงเป็นระยะเวลาที่ยาวนานพอ (เช่น อย่างน้อย 1 ภาคการศึกษา) เพื่อตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้ายก่อนนำไปผลิตเผยแพร่จำนวนมาก

2.7.2 ความจำเป็นในการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งใน 3 มิติดังนี้

1. มิติด้านหน่วยงานผู้ผลิตนวัตกรรม ช่วยประกันคุณภาพของชุดการสอนว่ามีมาตรฐานสูง คุ้มค่าต่อการลงทุนงบประมาณ แรงงาน และเวลาในการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก เพื่อป้องกันความสูญเสียหากนำสื่อที่ไม่มีคุณภาพไปใช้งาน

2. มิติด้านผู้ใช้สื่อ (ครูผู้สอน) เป็นหลักประกันว่าชุดการสอนจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์ และช่วยแบ่งเบาภาระของครู หรือทำหน้าที่สอนแทนครูได้ในบริบทที่ขาดแคลนบุคลากร มิติด้าน

3. ผู้สร้างนวัตกรรม (ผู้วิจัย) สร้างความมั่นใจว่าเนื้อหาสาระและกิจกรรมที่ออกแบบไว้มีความเหมาะสม ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ช่วยพัฒนาความเชี่ยวชาญของผู้วิจัย และประหยัดทรัพยากรในการเตรียมต้นแบบ

2.7.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2)

เกณฑ์ (Criterion) หมายถึง ขีดจำกัดหรือระดับมาตรฐานต่ำสุดที่ยอมรับได้ว่าพฤติกรรมหรือผลงานนั้นมีคุณภาพและปริมาณที่ผ่านเกณฑ์ การตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพจะต้องตั้งไว้เพียงระดับเดียวตั้งแต่แรก เพื่อใช้เป็นเป้าหมายในการปรับปรุงคุณภาพนวัตกรรมให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ การตั้งเกณฑ์ที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นทดลอง (เช่น ตั้งแบบเดี่ยว 60/60 แบบกลุ่ม 70/70 ภาคสนาม 80/80) ถือเป็นแนวปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 หมายถึง อัตราส่วนร้อยละของคะแนนกระบวนการเรียนรู้ต่อคะแนนผลลัพธ์สุดท้าย โดยจำแนกพฤติกรรมออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

E_1 (Efficiency of Process) ประสิทธิภาพของกระบวนการ พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) ระหว่างเรียน เช่น คะแนนจากการทำใบงาน กิจกรรมกลุ่ม รายงาน ภารกิจ หรือแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนย่อย

E_2 (Efficiency of Product) ประสิทธิภาพของผลผลิต พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) ซึ่งได้แก่ คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน (Post-test) หรือการสอบไล่ประจำหน่วยการเรียนรู้

ตัวอย่างเกณฑ์ 80/80 หมายความว่า เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านชุดการสอนแล้ว คะแนนเฉลี่ยจากการทำกิจกรรมและใบงานระหว่างเรียนทั้งหมด (E_1) คิดเป็นร้อยละ 80 และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนทั้งหมด (E_2) คิดเป็นร้อยละ 80

การพิจารณาคำตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาในแต่ละพิสัยการเรียนรู้ โดยใน วิทยพิสัย (Cognitive Domain) หากเป็นเนื้อหาความรู้ความจำมักตั้งเกณฑ์ไว้ระดับสูง เช่น 90/90 หรือ 85/85 ส่วนใน ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และ จิตพิสัย (Affective Domain) มักปรับลดลงมาเป็น 80/80 หรือ 75/75 ตามความยากง่ายของการเพาะบ่มพฤติกรรม (แต่ไม่ควรต่ำกว่า 75/75)

2.7.4 การตีความหมายของผลการคำนวณประสิทธิภาพ

เมื่อคำนวณค่า E_1 และ E_2 เสร็จสิ้น ผู้วิจัยต้องตีความหมายผลลัพธ์โดยยึดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทางสถิติ ดังนี้

ขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ อนุโลมให้ค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ได้ บวก-ลบ ไม่เกิน 2.5% (หรือความแปรปรวนรวมไม่เกินร้อยละ 5) ตัวอย่างเช่น หากตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 ค่า E_1/E_2 ที่คำนวณได้ตั้งแต่ 77.5/77.5 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ

ความสมดุระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์ ค่า E_1 และ E_2 ไม่ควรห่างกันเกิน 5% หากห่างกันเกินกว่านี้แสดงว่าเกิดความไม่สมดุระหว่างกิจกรรมระหว่างเรียนกับแบบทดสอบหลังเรียน เช่น

หาก $E_1 > E_2$ เกิน 5% แสดงว่างานหรือแบบฝึกหัดระหว่างเรียนง่ายเกินไป หรือข้อสอบหลังเรียนยากเกินไป

หาก $E_2 > E_1$ เกิน 5% แสดงว่าข้อสอบหลังเรียนง่ายเกินไป หรือกิจกรรมระหว่างเรียนยากและไม่สอดคล้องกับข้อสอบ

การนำเสนอผลเป็นตัวเลขคู่ช่วยสะท้อนลักษณะนิสัยในการทำงานของผู้เรียนได้ โดย E_1 บ่งบอกถึงความคงเส้นคงวา และความรับผิดชอบในกระบวนการทำงาน ส่วน E_2 บ่งบอกถึงคุณภาพสัมฤทธิ์ทางการเรียนขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ศักยภาพของบุคคลได้อย่างลึกซึ้ง

2.7.5 ขั้นตอนและรูปแบบการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

กระบวนการหาประสิทธิภาพสื่อตามแนวคิดของชัยยงค์ พรหมวงศ์ กำหนดให้ดำเนินการทดลองตามลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอน โดยคละระดับความสามารถของผู้เรียน (เก่ง-กลาง-อ่อน) ตามแนวคิดการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การทดลองตามลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอน โดยคละระดับความสามารถของผู้เรียน

ขั้นการทดลอง	อัตราส่วน (ครู : นักเรียน)	จำนวนกลุ่ม ตัวอย่าง	คุณลักษณะของ กลุ่มตัวอย่าง	ข้อจำกัดและแนวปฏิบัติ	ค่า ประสิทธิภาพ โดยประมาณ
1. แบบเดี่ยว (One-to-One)	1 : 1 ถึง 1 : 3	3 คน	คละความสามารถ (เก่ง 1, กลาง 1, อ่อน 1)	ทดลองนอกเวลาเรียน สังเกต พฤติกรรม ทำหน้างาน และ บันทึกเวลาเพื่อนำไปปรับปรุง ข้อบกพร่องด้านภาษาและ กิจกรรม	ประมาณ 60/60
2. แบบกลุ่ม (Small Group)	1 : 10	6 – 12 คน	คละความสามารถ (เก่ง, กลาง, อ่อน ในสัดส่วนเท่ากัน)	ทดลองนอกเวลาเรียน ตรวจสอบ ความสอดคล้องของเวลาในแต่ละ กิจกรรมกลุ่มและการจัดการศูนย์ การเรียนรู้	ประมาณ 70/70
3. ภาคสนาม (Field Try-out)	1 : 100	30 – 40 คน (หรือทั้งชั้น เรียน)	คละความสามารถ ตามเส้นโค้งปกติ (เก่ง 16%, กลาง 68%, อ่อน 16%)	ทดลองในสภาพห้องเรียนจริง สุ่ม ตัวอย่างแบบเป็นตัวแทน หากสุ่ม แบบเจาะจงต้องระบุในข้อจำกัด การวิจัย	ใกล้เคียง เกณฑ์จริง (เช่น 80/80)

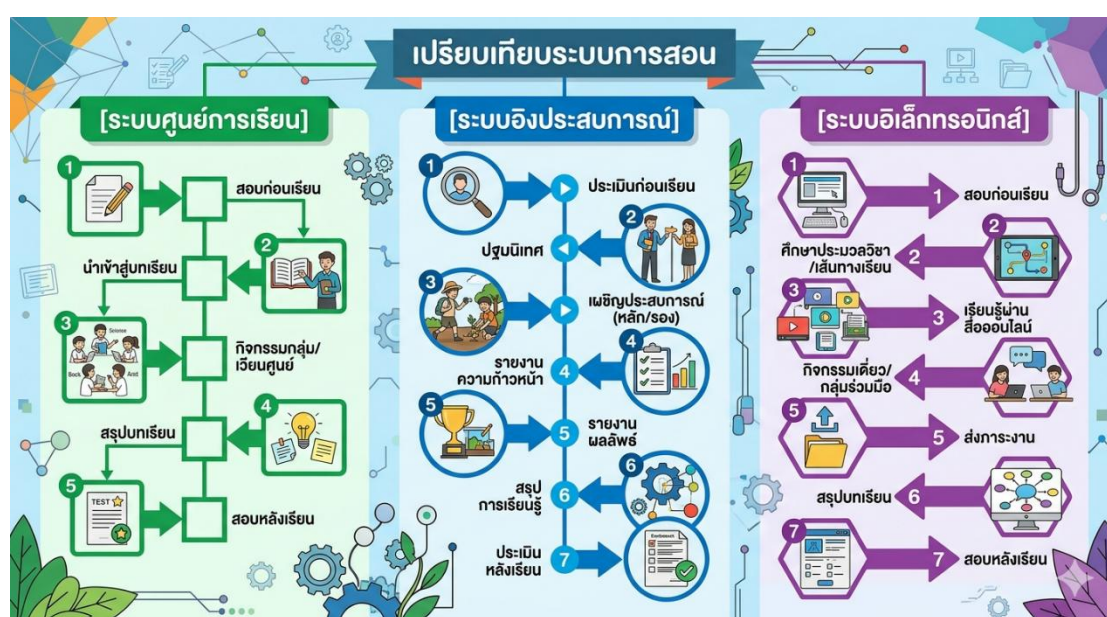
2.7.6 ข้อควรคำนึงและบทบาทของผู้สอนในการทดสอบประสิทธิภาพ

เพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพสะท้อนคุณภาพที่แท้จริงของนวัตกรรม ผู้วิจัยและผู้สอนต้องควบคุมปัจจัยแวดล้อมและปฏิบัติตามหลักการดังนี้

1. การควบคุมสภาพแวดล้อมและจิตวิทยา เลือกสถานที่ทดลองที่สงบ ปราศจากเสียงรบกวน มีอุณหภูมิที่เหมาะสม และทดลองในช่วงเวลาที่มีผู้เรียนความพร้อม ไม่เหนื่อยล้า ครูต้องสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง ยิ้มแย้มแจ่มใส และชี้แจงอย่างชัดเจนว่าการทดสอบนี้ไม่มีผลต่อคะแนนได้-ตกในรายวิชาปกติ เพื่อลดความวิตกกังวลของผู้เรียน

2. การรักษาสถานการณ์จริง (สภาวะคงที่) ในชั้นภาคสนาม ต้องควบคุมสภาพการณ์ให้เหมือนห้องเรียนปกติ โดยให้มีครูผู้สอนเพียงคนเดียวทำหน้าที่จัดกิจกรรมและแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ผู้สังเกตการณ์วิจัยต้องสังเกตอยู่ห่างๆ ห้ามเข้าไปช่วยเหลือหรือแทรกแซงการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. การปฏิบัติตามขั้นตอนของระบบการสอน ผู้สอนต้องดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้อย่างเคร่งครัดตามรูปแบบการสอนนั้นๆ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระบบการสอน

4. บทบาทระหว่างดำเนินกิจกรรม ครูต้องใช้เทคนิคการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมอย่างเป็นระบบ โดยอาจประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (Interaction Analysis) เช่น Flanders (FIA), Brown (BIA) หรือ Chaiyong (CIA) เพื่อดำเนินการตามขั้นตอนการสังเกตการณ์ผู้เรียนระหว่างปฏิบัติภาระงาน

2.7.7 สิ่งที่ต้องปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการทดสอบและการยอมรับประสิทธิภาพ

เมื่อกระบวนการทดลองภาคสนามสิ้นสุดลง ผู้วิจัยต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ประมวลผลคะแนน นำใบงานและแบบฝึกหัดระหว่างเรียนมาตรวจเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละ (E_1) และนำคะแนนสอบหลังเรียนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละ (E_2)

2. วิเคราะห์แนวโน้มพัฒนาการ นำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบในรูปแบบแผนภูมิเพื่อแสดงความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Learning Gain) ของผู้เรียน

3. ปรับปรุงส่วนประกอบของสื่อ นำข้อบกพร่องที่พบจากบัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม หรือเครื่องมือวัดผล มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

สื่อหรือชุดการสอนจะได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพเมื่อค่า E_1/E_2 ที่คำนวณได้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยอนุโลมให้ต่ำกว่าเกณฑ์ได้ไม่เกิน 2.5% หากผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์เกินกว่า 2.5% ให้เลื่อนเกณฑ์ประสิทธิภาพขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น (เช่น จากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 แต่คำนวณได้ 83.5/85.4 สามารถปรับเกณฑ์ยอมรับขึ้นเป็น 85/85 ได้)

2.7.8 บทสรุปการประเมินประสิทธิภาพสามมิติ

ตามระบบการสอนแผนจุฬา การทดสอบประสิทธิภาพไม่ได้พิจารณาเพียงแค่ตัวเลข E_1/E_2 เท่านั้น แต่เป็นการประเมินผลองค์รวมครอบคลุม 3 มิติ เพื่อรับรองคุณภาพนวัตกรรม ดังนี้

1. มิติด้านพัฒนาการทางการเรียน (Learning Development) ตรวจสอบว่าผู้เรียนมีระดับความรู้และทักษะปฏิบัติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบพิกัดคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

2. มิติด้านประสิทธิภาพทวิผล (E_1/E_2 Efficiency) ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่สมดุลและสอดคล้องกันระหว่างคะแนนพฤติกรรมต่อเนื่องในกระบวนการเรียนรู้ (E_1) และคะแนนพฤติกรรมขั้นสุดท้ายที่เป็นผลผลิต (E_2)

3. มิติด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) ประเมินเจตคติ ทศนคติ และระดับความพึงพอใจของทั้งครูผู้สอนและผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ผ่านชุดการสอน เพื่อยืนยันคุณค่าและการยอมรับในการนำไปใช้งานจริง

2.8 การสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ

การวัดและประเมินทักษะปฏิบัติ (Performance Assessment) เป็นกระบวนการสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน การสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติมีกระบวนการและรายละเอียดเชิงวิชาการตามหลักการวัดและประเมินผล ดังนี้

2.8.1 การวางแผนสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ (Planning for Performance Assessment Tools)

สมนึก ภัททิยธนี (2562) ได้เสนอแนวทางและขั้นตอนในการวางแผนสร้างเครื่องมือเพื่อประเมินทักษะภาคปฏิบัติไว้ 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา (Curriculum Analysis) เป็นขั้นตอนปฐมภูมิที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้วิจัยต้องทำความเข้าใจรายละเอียด โครงสร้าง และจุดมุ่งหมายของหลักสูตรอย่างลึกซึ้ง เพื่อให้ทราบว่ารายนามนั้นๆ ต้องการสร้างเสริมสมรรถนะของผู้เรียนในมิติใด โดยทั่วไป

หลักสูตรมักกำหนดเป้าหมายไว้ในลักษณะกว้างและเป็นนามธรรม ผู้วิจัยจึงต้องนำเป้าหมายดังกล่าวมาแปลงให้เป็นรูปธรรมในรูปแบบของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives) ที่สามารถสังเกตและวัดผลได้อย่างแน่ชัด เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบเครื่องมือวัดให้มีความตรง (Validity) สอดคล้องกับเจตนารมณ์ของหลักสูตรที่มุ่งเน้นทั้งความรู้ทางทฤษฎี ทักษะการปฏิบัติงาน การแก้ปัญหา และเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ

2. การศึกษาธรรมชาติของงานปฏิบัติ (Nature of Task Analysis) ลักษณะเฉพาะของงานในแต่ละรายวิชาจะเป็นตัวกำหนดวิธีการประเมิน รูปแบบเครื่องมือ และการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมในการทดสอบ โดยสามารถจำแนกบริบทของงานออกเป็น 3 มิติ ได้แก่

1) จำแนกตามเป้าหมายของทักษะ พิจารณางานนั้นมุ่งเน้นการวัดกระบวนการปฏิบัติ (Process) ที่เป็นขั้นตอน หรือมุ่งวัดคุณภาพของ ผลผลิต/ผลงาน (Product) หรือจำเป็นต้องประเมินทั้งสองส่วนควบคู่กัน

2) จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ พิจารณาการบูรณาการระหว่างพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Knowledge) จิตพิสัย (Attitude) และทักษะพิสัย (Skills) ที่ปรากฏร่วมกันในขณะปฏิบัติงาน

3) จำแนกตามระดับความเสี่ยงของงาน งานที่มีความเสี่ยงอันตรายสูง (เช่น งานควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้า หรือระบบขับเคลื่อน) ผู้วิจัยจำเป็นต้องออกแบบวิธีวัดที่รัดกุมและควรรวมมาตรการความปลอดภัย (Safety Measures) เข้าเป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์การประเมิน

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะของพฤติกรรมที่วัด (Behavioral Attribute Analysis) เป็นการค้นหาตัวบ่งชี้ (Indicators) และพฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการประเมิน โดยอาศัย การวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เป็นเครื่องมือแตกอนุกรมพฤติกรรมย่อย ออกเป็นขั้นตอนที่เรียงลำดับก่อนหลังอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวัดกระบวนการทำงาน ทั้งนี้ การประเมินไม่ได้ครอบคลุมเพียงความถูกต้องของขั้นตอนการทำงานเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงพฤติกรรมลักษณะนิสัยในการทำงาน เช่น ความรับผิดชอบ ความเป็นระเบียบวินัย และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ส่วนการกำหนดเกณฑ์สำหรับประเมินชิ้นงานหรือผลลัพธ์นั้น มักอาศัยฉันทามติจากการอภิปรายร่วมกันของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์กลางในการพิจารณาความถูกต้อง ความประณีต และความคิดสร้างสรรค์

4. การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่วัด (Weighting of Attributes) เนื่องจากคุณลักษณะย่อยในงานปฏิบัติแต่ละประเภทย่อมมีความสำคัญไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงต้องกระจายน้ำหนักคะแนนให้สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยทั่วไปมักให้ความสำคัญกับขั้นตอนการลงมือปฏิบัติ และความถูกต้องของงาน มากกว่าขั้นตอนการเตรียมการ (เช่น การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์) การกำหนดน้ำหนักคะแนนที่สมเหตุสมผลจะช่วยให้ผลการประเมินสะท้อนถึงขีดความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้อย่างเที่ยงธรรม และเป็นสารตั้งต้นในการพัฒนาเครื่องมือประเภทแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) หรือแบบประเมินค่าความนิยม (Rating Scale) ต่อไป

2.8.2 การดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ (Construction of Performance Assessment Tools)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ได้ระบุขั้นตอนเชิงระบบในการดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีความแม่นยำและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. การขอบเขตเนื้อหาและสมรรถนะ เป็นการนำวัตถุประสงค์รายวิชาและมาตรฐานการเรียนรู้มาถ่วงน้ำหนัก เพื่อระบุองค์ความรู้และทักษะปฏิบัติที่เป็นเป้าหมายหลักในการประเมิน ทำให้สามารถสร้างเครื่องมือที่ครอบคลุมภาระงานหลักได้อย่างครบถ้วน

2. การเลือกวิธีการวัดทักษะปฏิบัติ ผู้วิจัยต้องเลือกรูปแบบการประเมินให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยอาจเลือกใช้ การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ในสถานการณ์จริง เช่น การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเฉพาะทาง หรือเลือกใช้ สถานการณ์จำลอง (Simulation) ที่มีความใกล้เคียงกับสภาพจริงในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรและความปลอดภัย

3. การจัดทำตารางวิเคราะห์น้ำหนักคะแนน ดำเนินการกระจายสัดส่วนเนื้อหาและภาระงานในลักษณะเดียวกับการสร้างพิมพ์เขียวข้อสอบ (Test Blueprint) โดยกำหนดจำนวนข้อรายการประเมินและน้ำหนักคะแนนในแต่ละองค์ประกอบให้สอดคล้องกับความยากง่ายและความสำคัญของทักษะนั้นๆ

4. การพัฒนาระบบการตรวจให้คะแนน การวัดทักษะปฏิบัติมีข้อจำกัดด้านความเป็นปรนัย (Objectivity) เนื่องจากต้องพึ่งพาดุลยพินิจของผู้ประเมินค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงต้องกำหนดระบบการตรวจให้คะแนนให้มีมาตรฐานชัดเจน ระบุจำนวนและคุณสมบัติของผู้ประเมิน (เช่น ผู้สอน หรือผู้เชี่ยวชาญภายนอก) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการให้คะแนน

5. การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) เพื่อจัดปัญหาความเหลื่อมล้ำด้านวิจารณ์ญาณและประสบการณ์ของผู้ประเมิน ผู้วิจัยจำเป็นต้องพัฒนาเกณฑ์การประเมินที่เป็นมาตรฐาน สื่อสารเข้าใจตรงกัน และครอบคลุมทั้งกระบวนการทำงานและผลผลิต โดยจำแนกการตรวจออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) การประเมินในภาพรวม (Holistic Scoring Rubrics) พิจารณาคุณภาพของกระบวนการหรือผลงานทั้งหมดในภาพรวม โดยกำหนดออกมาเป็นระดับคุณภาพความสำเร็จลดหลั่นกันไป

2) การประเมินแบบแยกส่วนหรือวิเคราะห์รายด้าน (Analytic Scoring Rubrics) แยกแยะประเมินทีละคุณลักษณะอย่างละเอียด เช่น แยกประเมินขั้นการเตรียม ขั้นการปฏิบัติงาน ความปลอดภัย และคุณภาพของชิ้นงานปลายทาง

6. การกำหนดระเบียบวิธีคำนวณคะแนน ระบุงูณเกณฑ์ในการรวมคะแนนและปรับค่าคะแนนในแต่ละข้อรายการให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญที่วางไว้ เพื่อให้คะแนนรวมสุดท้ายสามารถสะท้อนสมรรถนะแท้จริงของผู้เรียนได้อย่างเที่ยงตรง

2.8.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ (Quality Control of Tools) การตรวจสอบคุณภาพถือเป็นหัวใจสำคัญในการรับรองเครื่องมือวิจัย โดยมีขั้นตอนหลักที่ต้องดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ

1. การนำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try-out) เมื่อสร้างร่างเครื่องมือเสร็จสิ้น ต้องนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมายจริง การทดลองใช้ในระยะแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัย ความชัดเจนของภาษา ความครอบคลุมของเนื้อหา และความเข้าใจที่ตรงกันของผู้ประเมินเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนน จากนั้นนำข้อมูลย้อนกลับมาปรับปรุงข้อบกพร่อง และอาจดำเนินการทดลองใช้ซ้ำหากมีการแก้ไขในประเด็นสำคัญ เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความตรงและความเชื่อมั่นต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณภาพเชิงสถิติ นำผลคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้มาคำนวณค่าสถิติเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการ เช่นเดียวกับเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป ได้แก่ ความตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability)

2.8.4 ความตรงของเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ (Validity) ความตรง หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดในสิ่งที่มุ่งวัดได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย สำหรับเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ สามารถพิจารณาความตรงได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เครื่องมือต้องครอบคลุมพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดอย่างครบถ้วน ซึ่งในการวัดทักษะปฏิบัติจะมุ่งตรวจสอบคุณลักษณะ 2 ส่วน คือ คุณลักษณะด้านกระบวนการปฏิบัติงาน (เช่น ขั้นตอน ทักษะการใช้เครื่องมือ ความปลอดภัย) และคุณลักษณะด้านผลงาน (เช่น ความถูกต้อง ความประณีต ความสมบูรณ์) การตรวจสอบคุณสมบัตินี้ นิยมใช้ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC: Index of Item-Objective Congruence) โดยให้คณะผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินชี้วัดและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

2. ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) เป็นการตรวจสอบว่าผลการประเมินจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกที่น่าเชื่อถือหรือไม่ โดยในมิติของงานปฏิบัติสามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) การประเมินกระบวนการ นำผลการสังเกตพฤติกรรมไปเปรียบเทียบกับแบบตรวจสอบรายการที่เป็นมาตรฐานและได้รับการยอมรับในระดับสากล

2) การประเมินผลงาน สามารถทำได้โดย (1) การใช้ชิ้นงานต้นแบบ (Master Prototype) เป็นเกณฑ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจัดระดับคุณภาพชิ้นงานตัวอย่างไว้ แล้วนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นไปประเมินชิ้นงานเหล่านั้นเพื่อดูความสอดคล้อง หรือ (2) การใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เป็นเกณฑ์ โดยนำผลงานชิ้นเดียวกันไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินอิสระแล้วนำผลมาหาความสัมพันธ์กับคะแนนจากเครื่องมือของผู้วิจัย

3. ความตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity) ความสามารถของเครื่องมือในการแยกแยะผู้เรียนที่มีระดับทักษะความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้อย่างแม่นยำ (กลุ่มเก่ง-กลุ่มปานกลาง-กลุ่มอ่อน) นิยมตรวจสอบด้วย วิธีกลุ่มรู้ชุด (Known-group Method) โดยนำเครื่องมือไปทดสอบกับกลุ่มที่ทราบระดับความสามารถที่แท้จริงอยู่แล้ว จากนั้นวิเคราะห์ผลด้วยการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation) หรือการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test (กรณีเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม) หรือ ANOVA (กรณีเปรียบเทียบมากกว่า 2 กลุ่ม)

2.8.5 ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติ (Reliability) ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาและเสถียรภาพของผลที่ได้จากการวัด (Consistency) เนื่องจากเครื่องมือวัดทักษะปฏิบัติส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมหรือแบบตรวจสอบรายการย่อยที่มีความเป็นอิสระต่อกัน ไม่ได้มุ่งเน้นความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) เหมือนข้อสอบภาคทฤษฎีทั่วไป การตรวจสอบความเชื่อมั่นในมิตินี้จึงมุ่งเน้นใน 2 แนวทาง คือ

1. ความเชื่อมั่นแบบการวัดซ้ำ (Test-retest Reliability) เป็นการตรวจสอบความคงสภาพของเครื่องมือและผู้ประเมิน โดยการให้ผู้เรียนกลุ่มเดิมปฏิบัติภาระงานเดิมภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันในด้านเวลา (ประเมิน 2 ครั้งห่างกันขึ้นเชิง) แล้วนำผลคะแนนมาคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ หากเครื่องมือมีเกณฑ์ประเมินที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม ผลคะแนนที่ได้จากการประเมินทั้งสองครั้งย่อมมีความใกล้เคียงกัน

2. ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสูงสุดในการวัดทักษะปฏิบัติที่มีผู้ประเมินหลายคน เป็นการวัดความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมินตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ที่ทำการสังเกตและประเมินพฤติกรรมหรือผลงานของผู้เรียนในเวลาเดียวกัน โดยประยุกต์ใช้สถิติวิเคราะห์ได้หลากหลายรูปแบบตามจำนวนผู้ประเมิน ดังนี้

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) ใช้ในบริบทที่มีผู้ประเมินร่วมกันจำนวน 2 คน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ใช้ตรวจสอบความแปรปรวนของคะแนนเมื่อมีผู้ประเมินมากกว่า 2 คนขึ้นไป

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) เป็นสถิติขั้นสูงที่เหมาะสมที่สุดในการหาความสอดคล้องของการให้คะแนนจากผู้ตรวจประเมินหลายคน

2.9 ใบงานการทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู (2551, น. 212–214) ได้ให้ความหมายของ ใบงานการทดลอง (Laboratory Sheet หรือ Lab Sheet) ว่า หมายถึง เอกสารคู่มือหรือชุดคำสั่งที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางและข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน โดยทำหน้าที่ให้คำแนะนำและควบคุมการทำกิจกรรมของผู้เรียน ให้สามารถดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ทั้งนี้ ใบงานการทดลองไม่มีการจำกัดขนาดหรือขอบเขตของเนื้อหาที่ตายตัว โดยอาจมีเนื้อหาสั้นกระชับเพียง 1 หน้ากระดาษ หรืออาจมีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ได้แก่ ขอบข่ายของเนื้อหาสาระทางวิชาการ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนา และข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องส่งมอบให้แก่ผู้เรียนเพื่อใช้ประกอบการลงมือปฏิบัติ

2.9.1 ปัจจัยและหลักการในการพัฒนาใบงานการทดลอง

ในการพัฒนาใบงานการทดลองให้มีประสิทธิภาพ ผู้ออกแบบควรพิจารณาองค์ประกอบและหลักการสำคัญ 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะเนื้อหาที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้เชิงทดลอง (Laboratory Content) เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นใบงานควรมีลักษณะเฉพาะที่เกื้อหนุนต่อการทดลองปฏิบัติการ ได้แก่

- 1) เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ สูตรทางวิทยาศาสตร์/เทคโนโลยี หรือการศึกษารายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์
- 2) เป็นหัวข้อที่ช่วยเสริมสร้างและพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking Skills) เช่น ทักษะการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเชิงเทคนิค
- 3) เป็นเนื้อหาที่มุ่งเน้นการศึกษาและพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ
- 4) เป็นเรื่องที่ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมการทำงานภายในหรือกลไกที่ซ่อนอยู่ของอุปกรณ์และเครื่องมือ
- 5) เป็นกิจกรรมที่สามารถจัดระบบให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนกระบวนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน
- 6) ช่วยสร้างความคุ้นเคยและทักษะความชำนาญในการปฏิสัมพันธ์กับกลไกของวัสดุและเครื่องมือ
- 7) พัฒนาสมรรถนะในการเลือกสรรเครื่องมือและวัสดุมาใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
- 8) ปลูกฝังและพัฒนาความละเอียดรอบคอบในการทำงาน
- 9) เสริมสร้างจิตสำนึกและพฤติกรรมความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน (Safety Awareness)

2. ลักษณะที่ดีของชื่อหัวข้อการทดลอง

การกำหนดชื่อเรื่องในใบงานควรมีคุณลักษณะ ดังนี้

- 1) ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ และตรงไปตรงมา

2) มีลักษณะที่ทำหายความสามารถหรือกระตุ้นความสนใจใคร่รู้ของผู้เรียน

3) มีความหมายที่ชัดเจน สื่อให้เห็นภาพพจน์และขอบเขตของภาระงานจริงได้

อย่างถูกต้อง

3. คุณสมบัติที่ดีของใบงานการทดลอง

ใบงานที่มีคุณภาพสูงควรมีลักษณะเด่น ดังนี้

1) สามารถหลอมรวมเนื้อหาสาระที่จำเป็นให้มีความครอบคลุมมากที่สุดภายใน

ใบงานชุดเดียว

2) ส่งเสริมและพัฒนาขีดความสามารถของผู้เรียนได้หลากหลายมิติและเกิด

ประสิทธิผลสูงสุด

3) มีอุปสรรคหรือปัญหาในการนำไปปฏิบัติงานน้อยที่สุด โดยระบุข้อมูลที่แจ่ม
แจ้ง ตรงประเด็น กะทัดรัด และสอดคล้องกับสิ่งอำนวยความสะดวกและครุภัณฑ์ที่มีอยู่จริง

4) เอื้อให้ผู้เรียนสามารถพึ่งพาตนเองและดำเนินงานตามขั้นตอนได้มากที่สุด

5) มีการจัดระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือ ใช้จำนวนใบ
งานน้อยแต่ครอบคลุม มีความเชื่อมโยงกับรายวิชาอื่นๆ อย่างเป็นระบบ ตลอดจนประหยัดงบประมาณ
ประหยัดต้นทุนในการลงทุนแต่ให้ผลลัพธ์การเรียนรู้สูง

4. หลักการสำคัญในการออกแบบใบงานการทดลอง

การสร้างใบงานการทดลองที่ดีต้องอาศัยหลักการสอนเชิงปฏิบัติการ
(Laboratory Instruction Method) เพื่อสร้างกิจกรรมที่ทำหายกระบวนการคิดและนำไปสู่การ
ค้นคว้าที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยมีสาระสำคัญคือ

1) การกำหนดวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน พร้อมทั้งให้ข้อมูล
สนับสนุนทางวิชาการที่เหมาะสม

2) การออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างตื่นตัว เพื่อพัฒนาทั้งพุทธิ
พิสัยและทักษะพิสัยให้ได้มากที่สุด

3) การสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมอิสระทางความคิดในการค้นหาคำตอบ

2.9.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

กระบวนการสร้างใบงานการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นการศึกษา
สำรวจข้อมูล และขั้นการดำเนินงานสร้างใบงาน โดยมีรายละเอียดเชิงระบบดังนี้

1. ขั้นการศึกษาและสำรวจข้อมูล (Information & Exploratory Phase) เป็นขั้น
เตรียมการที่ผู้สร้างต้องศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของกิจกรรมการทดลองตั้งแต่ต้นจนจบ ตั้งแต่
การวางแผนไปจนถึงการสรุปผล เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระดับความรู้ เครื่องมือ และพฤติกรรม
เป้าหมาย โดยประกอบด้วย 5 กิจกรรมย่อย ดังนี้

1) การกำหนดชื่อเรื่องของการทดลอง ตั้งชื่อเรื่องให้สื่อความหมายชัดเจน ระบุ
ความสนใจ และระบุขอบเขตความกว้างและความลึกของเนื้อหาได้อย่างรัดกุม

2) การศึกษารายละเอียดของเนื้อหา ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์เนื้อหาอย่างถ่องแท้ และเรียบเรียงเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงของความคิดรวบยอด (Concepts) และหลักการ (Principles) ซึ่งจะช่วยให้สามารถกำหนด จุดเน้นในการสอน (Teaching Points) ได้อย่างแม่นยำ

3) การกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง จำแนกออกเป็น 2 มิติ คือ

(1) วัตถุประสงค์ทางวิชาการ (Content Objectives) มุ่งเน้นความรู้ ความเข้าใจในทฤษฎี ความคิดรวบยอด และหลักการที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาการทดลอง

(2) วัตถุประสงค์นอกวิชาการหรือวัตถุประสงค์ด้านการพัฒนา (Developmental Objectives) มุ่งเน้นการพัฒนาบุคลิกภาพ เจตคติ และกิจนิสัยในการทำงาน เช่น ความสามารถในการสืบค้นข้อมูล ความมีวินัย ความเป็นระเบียบเรียบร้อย และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4) การกำหนดขั้นตอนของการทดลอง พิจารณาและเลือกสรรกระบวนการทดลองที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยประสบการณ์ตรงของผู้วิจัย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะได้รวดเร็วที่สุด แล้วจึงนำมากำหนดเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน

5) การวิเคราะห์งาน (Task Analysis) การนำรายละเอียดของภาระงานมาจำแนกอย่างเป็นระบบ เพื่อหาองค์ประกอบด้านคุณสมบัติของผู้เรียน ชนิดของการเรียนรู้ และเงื่อนไขต่างๆ โดยพิจารณาผ่าน 5 องค์ประกอบย่อย คือ

(1) ขั้นตอนปฏิบัติงาน กำหนดและจัดเรียงลำดับขั้นตอนที่จำเป็น โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มงาน (Operations) ตามความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา

(2) วัตถุประสงค์ของกลุ่มงาน กำหนดเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงของการปฏิบัติงานในแต่ละกลุ่มงาน

(3) เครื่องมือและอุปกรณ์ ระบุรายการเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนอย่างครบถ้วน

(4) ลักษณะงาน จำแนกประเภทของงานว่าเป็นงานที่ใช้สมรรถนะทางสมอง (Cognitive Task) หรือทักษะทางกาย (Action Task)

(5) ความรู้และทักษะ วิเคราะห์แยกแยะองค์ความรู้ (Knowledge) และทักษะ (Skills) ที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

2. ขั้นสร้างใบงานการทดลอง (Construction Phase)

เป็นขั้นการนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นแรก มาประมวลและเรียบเรียงเข้าด้วยกันตามหมวดหมู่ภายใต้หัวข้อที่เหมาะสม เพื่อจัดทำเป็นคู่มือแนะนำผู้เรียน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) การระบุชื่อใบงาน กำหนดและจำกัดขอบเขตชื่อการทดลองให้สอดคล้องกับรายละเอียดเนื้อหาที่วิเคราะห์ไว้

2) การออกแบบวงจรหรือแผนผังการทดลอง เขียนแผนผัง วงจร หรือ ไดอะแกรม กำหนดรายการพารามิเตอร์ (Parameters) ที่เกี่ยวข้อง ระบุประเภทของอุปกรณ์ เครื่องมือ และวัสดุ พร้อมพิจารณาประสิทธิภาพของวงจรทดลองนั้นๆ

3) การบรรลุผลการวิเคราะห์งานลงในใบงาน ดำเนินการจัดทำส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่

(1) การตั้งวัตถุประสงค์หลักของการทดลอง (Primary Objectives) ระบุพารามิเตอร์ สมมุติฐาน และพฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการวัด

(2) การกำหนดกลุ่มงาน (Operations) เขียนคำอธิบายลักษณะของกลุ่มงานและภาระงานย่อย (Task Descriptions) ให้ชัดเจน

(3) การระบุรายการเครื่องมือและอุปกรณ์

(4) การระบุวัตถุประสงค์เฉพาะของแต่ละกลุ่มงาน

(5) การวิเคราะห์พฤติกรรมตามวัตถุประสงค์

(6) การระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้

(7) การระบุทักษะปฏิบัติที่ต้องแสดงออก

4) ขั้นตอนการสรุปผลการวิเคราะห์งาน นำองค์ประกอบทั้งหมดมาทบทวน และตรวจสอบความสอดคล้องร่วมกัน ทั้งในส่วนของขั้นตอนการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ วัตถุประสงค์ของกลุ่มงาน ความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์รวมของใบงาน

5) ขั้นตอนการเขียนและพัฒนาชุดข้อมูลในใบงานการทดลอง ดำเนินการเขียนเนื้อหาในใบงานให้สมบูรณ์ โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก ได้แก่

(1) ข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Procedural Information) เนื้อหาอธิบายลำดับขั้นและวิธีการทดลองอย่างเป็นระบบ

(2) ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ (Conclusion Information) ส่วนที่ชี้แนะแนวทางการบันทึกผล การวิเคราะห์ และการสรุปผลการทดลอง

(3) ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) เกณฑ์และแนวทางการวัดผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน

(4) ข้อมูลพื้นฐานในการทดลอง (Background Information) เนื้อหาทางทฤษฎี หลักการ หรือสูตรคำนวณที่จำเป็นต้องใช้สนับสนุนการทดลอง

(5) ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) ส่วนนำที่อธิบายความเป็นมา ความสำคัญ หรือภาพรวมของใบงานการทดลอง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกและประมวลเอกสารงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ ดังนี้

2.10.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดฝึกและชุดทดลองระบบควบคุมมอเตอร์

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการและสื่อจำลองเพื่อเสริมสร้างทักษะทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุมอุตสาหกรรม มีนักวิจัยได้ดำเนินงานและบูรณาการเทคโนโลยีระบบควบคุมในมิติต่างๆ ไว้ดังนี้

คมกริช แสงสุรินทร์ (2557) ได้สร้างและพัฒนาชุดสาธิตการวางจุดบกพร่องอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ผลการวิจัยพบว่า สื่อที่พัฒนาขึ้นผ่านการรับรองคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของชุดสาธิตเท่ากับ 3.78 และคู่มือการใช้งานเท่ากับ 3.72 ซึ่งอยู่ในระดับดี ยิ่งไปกว่านั้น ชุดสาธิตนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 83.41/82.27 และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้งานในระดับดี ($\bar{X} = 3.81$)

เช่นเดียวกับการนำระบบสมองกลฝังตัวและระบบอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ อธิพงษ์ พรหมอนันต์ (2558) ได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับ ปวช. 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ผลการประเมินพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการมีสถิติประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับ 82.45/81.15 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.25$) และคู่มือใบงานในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.18$) สอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนที่สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความพึงพอใจในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.32$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิธิพล อุ่นอุรา และคณะ (2562) ที่ได้ต่อยอดพัฒนาชุดทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ผ่าน PLC ร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายในงานอุตสาหกรรม สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ช่างไฟฟ้ากำลัง ซึ่งผลการประเมินโครงสร้างและการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.54$) มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับ 83.18/81.36 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจในภาพรวมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$)

ในมิติด้านการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง (Troubleshooting) นิรันดร์ หอมดวง และคณะ (2560) ได้พัฒนาชุดฝึกทักษะการวิเคราะห์ปัญหาข้อบกพร่องในวงจรไฟฟ้าเพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษา ปวส. สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ พบว่าชุดฝึกมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.37/82.35 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$) ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

($\bar{X} = 4.54$) และมีพัฒนาการทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ ไพโรจน์ สถิตยเลิศ และ สันติชัย มีช้าง (2561) ที่สร้างชุดฝึกทักษะการแก้ปัญหาข้อบกพร่องในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า โดยออกแบบระบบจำลองสถานการณ์เงื่อนไขความผิดพลาดของอุปกรณ์ในวงจรเพื่อฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาแก่นักเรียนระดับ ปวช. ช่างไฟฟ้ากำลัง ผลการวิจัยยืนยันว่าชุดฝึกมีประสิทธิภาพที่ 82.50/81.20 คะแนนผลสัมฤทธิ์และทักษะปฏิบัติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสร้างความพึงพอใจแก่ผู้เรียนในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$)

2.10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design)

สำหรับการนำแนวคิดการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) มาร่วมขับเคลื่อนการสอนภาคปฏิบัติและอาชีวศึกษา มีผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลลัพธ์เชิงประจักษ์ไว้ดังนี้

ชลธิชา บุญนัย (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดสื่อการสอนจำลองระบบนิวเมติกส์เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของนักศึกษา ระดับ ปวส. สาขาวิชาเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์และหุ่นยนต์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้แบบย้อนกลับร่วมกับสื่อจำลอง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และสร้างความเข้าใจในหลักการทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเครื่องมือมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับ 85.56/81.11 และผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนตามสมมติฐาน

สอดคล้องกับการศึกษาของ อภิชาติ เนาว์นนท์ (2564) ที่ได้ประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบย้อนกลับร่วมกับชุดฝึกทักษะการติดตั้งไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นการกำหนดเป้าหมายและหลักฐานการเรียนรู้จากชิ้นงานและภาระงานเป็นสำคัญ (Evidence of Learning) แก่นักเรียนระดับ ปวช. ช่างไฟฟ้ากำลัง ผลการวิจัยพบว่าแผนการจัดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงถึง 84.10/82.40 ทักษะปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสร้างความพึงพอใจแก่ผู้เรียนในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$)

นอกจากนี้ สมชาย ขวัญเกื้อ (2565) ได้พัฒนาชุดสื่อการสอนวิชางานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับกับนักเรียนระดับ ปวช. ช่างไฟฟ้ากำลัง ผ่านการออกแบบกิจกรรมที่ระบุผลลัพธ์การเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ล่วงหน้าก่อนจัดเตรียมสื่อจำลอง ผลการวิจัยระบุว่า สื่อและแผนกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.45/81.90 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 คุณภาพสื่อในภาพรวมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.385$) และผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พร้อมทั้งมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้แบบย้อนกลับในระดับมาก ($\bar{X} = 4.425$)

2.10.3 บทสรุปจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Synthesis Table)

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการร่วมกับการจัดรูปแบบการสอนที่เป็นระบบ เช่น การวางจุดบกพร่อง และการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ

(Backward Design) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ E_1/E_2 ให้สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมถึงทักษะปฏิบัติอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อค้นพบเหล่านี้มาเป็นกรอบในการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสในงานวิจัยครั้งนี้ โดยสรุปสาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายนาม นักวิจัย	นวัตกรรม / เทคโนโลยีที่ พัฒนา	รูปแบบการ สอน / จุดเน้น	กลุ่มเป้าหมาย	ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2)	ผลลัพธ์สำคัญ
คมกริช แสง สุ ร ี น ท์ (2557)	ชุดสาธิตการวาง จุดบกพร่องควบคุม มอเตอร์	การฝึกแก้ปัญหา ความบกพร่อง	ปวช. 3 ช่าง ไฟฟ้า	83.41 / 82.27	ผู้เชี่ยวชาญและผู้เรียน ประเมินคุณภาพใน ระดับดี
ธีรพงษ์ พรหม อนันต์ (2558)	ชุดฝึกควบคุม มอเตอร์ 3 เฟสด้วย PLC	การใช้ระบบ อัตโนมัติ อุตสาหกรรม	ปวช. 3 ช่าง ไฟฟ้า	82.45 / 81.15	ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญ
นิรันดร์ หอม ดวง และคณะ (2560)	ชุดฝึกทักษะ วิเคราะห์ ข้อบกพร่อง วงจรไฟฟ้า	การเสริมสร้างการ คิดวิเคราะห์	ปวส. เทคโนโลยี คอมฯ	81.37 / 82.35	ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ความเหมาะสมสูงสุด (\$4.56\$)
ชลธิชา บุญนัย (2561)	ชุดสื่อจำลองระบบ นิวเมติกส์ เคลื่อนย้ายสิ่งของ	การสอนแบบ ย้อนกลับ (Backward Design)	ปวส. เมคคา ทรอนิกส์	85.56 / 81.11	เพิ่มประสิทธิภาพการ เรียนรู้และหลักการ ทำงานชัดเจน
ไพโรจน์ สถิตย์ เลิศ และคณะ (2561)	ชุดฝึกทักษะ แก้ปัญหาควบคุม มอเตอร์	การจำลอง สถานการณ์ ผิดพลาด	ปวช. ช่างไฟฟ้า	82.50 / 81.20	คะแนนทักษะปฏิบัติ หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญ
อิทธิพล อุ่น อุรา และคณะ (2562)	ชุดทดลองควบคุม มอเตอร์ผ่าน PLC ไร้สาย	เทคโนโลยีไร้ สาย ใน อุตสาหกรรม	ปวช. ช่างไฟฟ้า	83.18 / 81.36	ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นอย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ .05
อภิชาติ เนาว์ นนท์ (2564)	ชุดฝึกทักษะติดตั้ง ไฟฟ้า	การสอนแบบ ย้อนกลับ (Backward Design)	ปวช. ช่างไฟฟ้า	84.10 / 82.40	เน้นหลักฐานการเรียนรู้ ความพึงพอใจระดับ มากที่สุด
สมชาย ขวัญ แก้ว (2565)	ชุดสื่อการสอนงาน ขับเคลื่อนมอเตอร์	การสอนแบบ ย้อนกลับ (Backward Design)	ปวช. ช่างไฟฟ้า	83.45 / 81.90	สื่อมีคุณภาพดีมาก ผู้เรียนมีทักษะวิชาชีพ สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบ และสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสโดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ผู้วิจัยขอเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือในการวิจัย
- 3.3 วิธีการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างการวิจัยสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนหรือทำงานเกี่ยวข้องด้านอุตสาหกรรม ในสาขางานที่เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 10 ปี เป็นบุคลากรในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา หรือสังกัดมหาวิทยาลัย

กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการกำหนดแบบเฉพาะเจาะจง คือผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอน หรือทำงานเกี่ยวข้องด้านอุตสาหกรรม ด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 10 ปี เป็นบุคลากรสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา หรือบุคลากรในมหาวิทยาลัย ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน

3.1.2 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ได้ทำการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009

กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104 2009 ภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 1 กลุ่ม จำนวน 22 คน

3.2 เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยชุดสื่อการสอน ใบงานการทดลอง ใบมอบหมายงาน ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินทักษะเชิงปฏิบัติ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัยดังนี้

3.2.1 ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้วัดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

3.2.3 แบบประเมินทักษะเชิงปฏิบัติ ใช้ประเมินความสามารถของผู้เรียนในการต่อวงจรและควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ตามใบงานที่กำหนด

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อ ประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกและการจัดการเรียนการสอน เครื่องมือทุกประเภทได้รับการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการสอน ก่อนนำไปใช้ในการวิจัย

3.3 วิธีการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

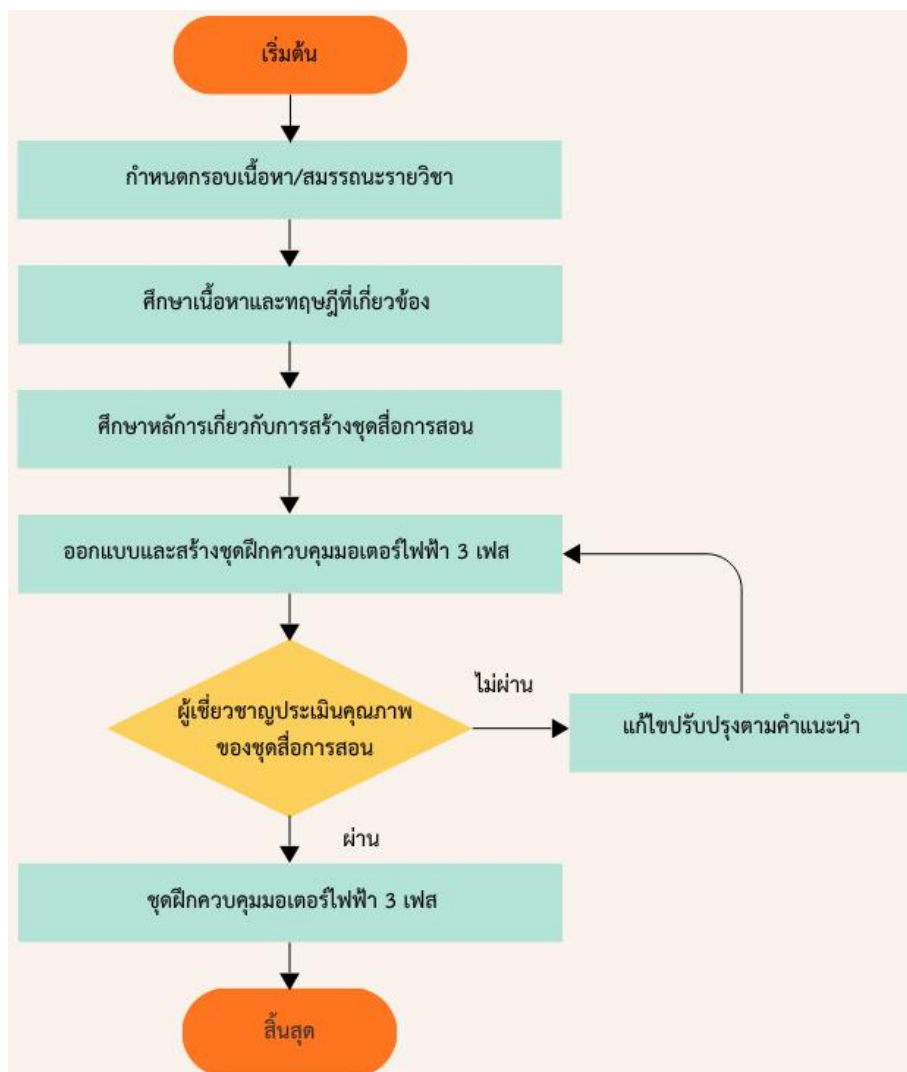
3.3.1 การสร้างชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เป็นเครื่องมือหลักที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอน รายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในการดำเนินงานดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดเชิงทฤษฎี เอกสาร ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวทางในการออกแบบและจัดสร้าง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานเชิงระบบตามลำดับขั้นดังแสดงดังรูปที่ 3.1

ในการสร้างชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผู้วิจัยได้จำแนกขั้นตอนการดำเนินงานในระยะเริ่มต้นไว้ดังนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร (Curriculum Analysis) ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง โดยทำการวิเคราะห์โครงสร้างหลักสูตร จุดประสงค์สาขาวิชา มาตรฐานการศึกษาวิชาชีพ ตลอดจนรายละเอียดในประมวลรายวิชา (Course Syllabus) อันประกอบด้วย จุดประสงค์รายวิชา

สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาของวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 ร่วมกับการสืบค้นแหล่งข้อมูลทางวิชาการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสในงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นเกณฑ์หลักในการกำหนดขอบเขตภาระงาน (Tasks) และสมรรถนะย่อยที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน



รูปที่ 3.1 การสร้างชุดสื่อการสอนชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

2. การวิเคราะห์ความสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา ในการออกแบบและสร้างชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบโครงสร้างภาระงานให้สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 อย่างครอบคลุม 4 มิติ ดังนี้

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ โครงสร้าง และหลักการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในการคำนวณและเลือกขนาดสายไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกัน และคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) ให้เหมาะสมกับการใช้งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

3) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส และ 3 เฟส ได้ตามมาตรฐานเชิงปฏิบัติ

4) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและเทคนิคการต่อวงจรเข้ากับการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความสำคัญและการกำหนดหัวข้อใบงานการทดลอง เนื่องจากระบบควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ถือเป็นกลไกและหัวใจหลักขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในภาคอุตสาหกรรม โดย มอเตอร์ 3 เฟสมีจุดเด่นด้านประสิทธิภาพ พิกัดกำลังที่สูง และความเสถียรในการทำงานที่เหนือกว่า มอเตอร์ 1 เฟส การจัดการเรียนรู้ผ่านชุดฝึกปฏิบัติการจึงมุ่งเน้นการเสริมสร้างทักษะการปฏิบัติงานที่ ถูกต้องและปลอดภัย ตั้งแต่ระบบการเริ่มต้น (Starting) การควบคุมทิศทางการหมุน (Reversing) และการหยุดมอเตอร์ (Stopping) เพื่อป้องกันความเสียหายอันเกิดจากกระแสกระชาก (Inrush Current) หรือการโอเวอร์โหลด ตลอดจนพัฒนาสมรรถนะการคิดวิเคราะห์ในการออกแบบตู้ควบคุม และการตรวจสอบบำรุงรักษา (Troubleshooting) ซึ่งเป็นฐานรากวิชาชีพที่สำคัญยิ่งของช่างไฟฟ้า กำลังและวิศวกรไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้จำแนกและจัดทำใบงานการทดลองภาคปฏิบัติ จำนวน 4 ใบงาน ประกอบด้วย

- 1) ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line)
- 2) ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
- 3) ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ - เดลต้า (Star-Delta Starter)
- 4) ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ (Sequential Start)

4. การเตรียมความพร้อมก่อนการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Validation) เพื่อรับรองว่าชุดฝึกทักษะและชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความพร้อมและได้ มาตรฐานเชิงวิชาการ ผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบการประเมินคุณภาพโดยคณะผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไป ทดลองใช้จริง (Try-out) ครอบคลุม 4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่

1) ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มุ่งพิจารณาความถูกต้องแม่นยำ ขององค์ความรู้เชิงทฤษฎีและภาคปฏิบัติภายในชุดฝึก ให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ของหลักสูตร

2) การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ (Instructional Design) ประเมิน ความสอดคล้องเหมาะสมของกิจกรรมและภาระงานให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการและขีด ความสามารถของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

3) ความสอดคล้องเชิงโครงสร้าง (Structural Consistency) ตรวจสอบความ เชื่อมโยงอย่างเป็นระบบระหว่างคำแนะนำการปฏิบัติงาน สื่อประกอบการสอน ใบงาน และเครื่องมือ วัดประเมินผล เพื่อให้การขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้นำไปสู่เป้าหมายเดียวกัน

4) การควบคุมคุณภาพเชิงระบบ (Quality Control) ใช้ผลการประเมินและ ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ความคลุมเครือด้านภาษา หรือระดับ

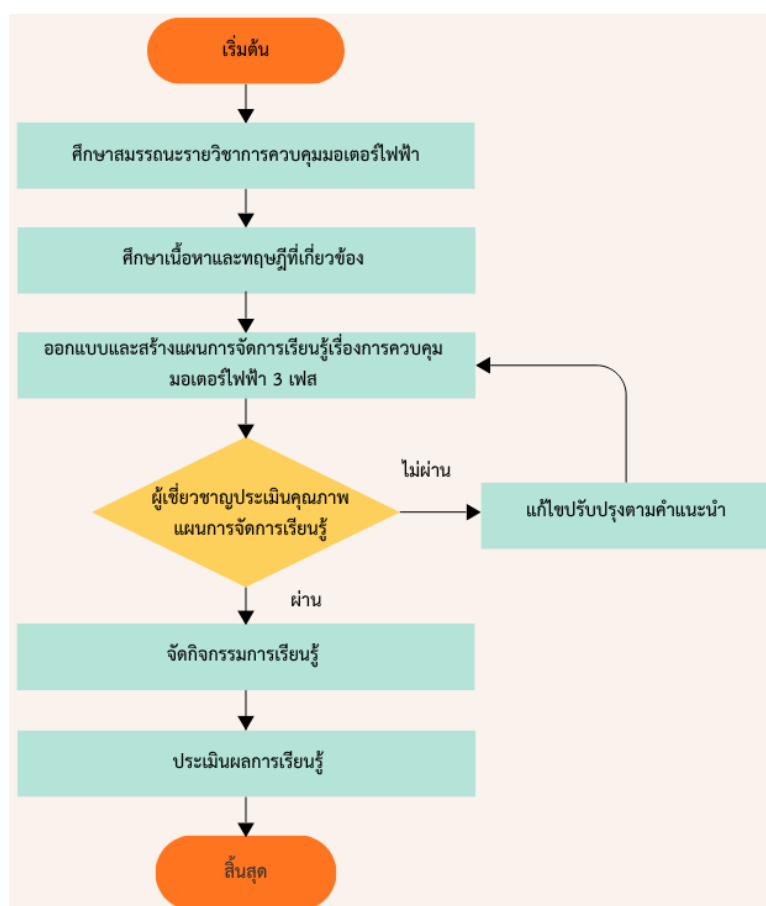
ความยากง่ายของภาระงาน เพื่อปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการให้มีความสมบูรณ์เชิงเทคนิคสูงสุดก่อนนำไปทดสอบภาคสนาม

ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านประกอบด้วย

1. นายวัฒนา กล้าหาญ หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง
2. นายพรชัย ยินดี หัวหน้างานวัดและประเมินผล วิทยาลัยเทคนิคระยอง
3. นายธัญญพัฒน์ กิตติโพธิกลาง ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
4. นายสุรเชษฐ์ พรหมมิจิตร ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
5. นายทีมาญ ดิษสุธรรม ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า

เพื่อให้ได้ชุดสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้เพื่อเป็นการพัฒนาความเข้าใจแก่ผู้เรียน

3.3.2 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 ด้วย วิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)



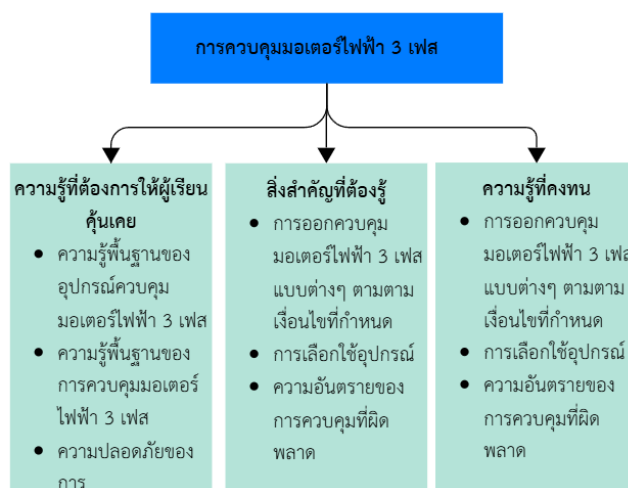
รูปที่ 3.2 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3
โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)

ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009 เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผู้วิจัยได้บูรณาการร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) โดยศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวทางเชิงระบบ แผนภูมิสายงานการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ระยะสำคัญ ดังรูปที่ 3.2

ระยะที่ 1 การสร้างและการหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการกระบวนการสร้างและยกร่างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยยึดกรอบความคิด 3 ขั้นตอนของ Backward Design (Stage 1 - Stage 3) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดผลลัพธ์ที่พึงปรารถนา (Identify Desired Results) ผู้วิจัยนำสมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้มาแปลงเป็นเป้าหมายการเรียนรู้หลัก (Learning Goals) เพื่อกำหนดความรู้ ความเข้าใจที่คงทน และทักษะวิชาชีพที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังรูปที่ 3.3 กรอบความคิดการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)



รูปที่ 3.3 กรอบความคิดการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหลักฐานและร่องรอยการเรียนรู้ (Determine Acceptable Evidence) ผู้วิจัยออกแบบการประเมินโดยเน้นภาระงานและชิ้นงาน (Performance Tasks) ที่สามารถสะท้อนสมรรถนะจริง ซึ่งกำหนดเป็นใบงานการทดลองภาคปฏิบัติ จำนวน 4 ใบงาน ได้แก่

- 1) ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL
- 2) ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
- 3) ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท - เดลต้า
- 4) ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนประสบการณ์การเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอน (Plan Learning Experiences and Instruction) ผู้วิจัยนำหลักฐานการเรียนรู้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนด จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สื่อ อุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้ และจัดทำแผนกิจกรรมที่มุ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ให้บรรลุจุดประสงค์ 4 ด้าน ดังนี้

1) อธิบายหลักการออกแบบวงจรควบคุม (Control Circuit) และวงจรกำลัง (Power Circuit) ของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างถูกต้อง

2) ต่ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขและมาตรฐานเทคนิค

3) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรควบคุมมอเตอร์ก่อนเริ่มเดินระบบ และสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติ (Troubleshooting) ภายในวงจรได้

4) ปฏิบัติงานด้วยความมีวินัย ตรงต่อเวลา และคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงานอย่างเคร่งครัด

5) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวน ชั่วโมง	แหล่งที่มา							
			A	B	C	D	E	F	G	H
1	สัญลักษณ์ การออกแบบและเขียนแบบแผนภาพวงจรในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	7	✓	✓	✓				✓	
2	การเลือกขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	7	✓		✓	✓			✓	
3	อุปกรณ์ป้องกัน	7	✓	✓	✓	✓			✓	
4	อุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์	7	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14	✓		✓		✓		✓	
6	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	14	✓	✓	✓			✓	✓	✓
7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	35	✓	✓	✓			✓	✓	✓
8	การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	21	✓	✓	✓			✓	✓	✓

9	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ เรียงลำดับ	12	✓	✓	✓				✓	✓
---	--	----	---	---	---	--	--	--	---	---

หมายเหตุ แหล่งข้อมูล

A = หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

B = การควบคุมมอเตอร์

C = การเขียนแบบไฟฟ้า (Electrical Drawing)

D = การออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical System Design)

E = เครื่องกลไฟฟ้า 1

F = เครื่องกลไฟฟ้า 2

G = มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564

H = หลักการสำคัญและเทคนิคในการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง

หลังจากจัดทำร่างแผนการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้นำแผนดังกล่าวเสนอต่อ คณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการประเมินความสอดคล้องเชิงเนื้อหาและโครงสร้าง โดยใช้ แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) มีเกณฑ์คะแนน ดังนี้

1 หมายถึง เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเนื้อหาลดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 หมายถึง เนื้อหาไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยรอบการพิจารณาตรวจสอบครอบคลุมเกณฑ์ 4 มิติ ได้แก่

1) ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design Alignment) ตรวจสอบการกำหนดผลลัพธ์ปลายทาง ความสอดคล้องกับสมรรถนะ และการวางลำดับ ขั้นตอนการเรียนรู้ตาม Stage 3

2) ความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิคและการควบคุมมอเตอร์ ตรวจสอบ ความถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้าของวงจรกำลัง วงจรควบคุม ระบบอินเตอร์ล็อก (Interlock) และพิคัดอุปกรณ์ป้องกัน

3) โครงสร้างและคุณลักษณะของชุดฝึก ตรวจสอบความชัดเจนของสัญลักษณ์ แผงเทอร์มินอลต่อสาย ระบบป้องกันไฟรั่ว (ELCB/RCD) และความแข็งแรงทนทานของโครงสร้าง

4) ใบงานการวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ ตรวจสอบความชัดเจนของ ขั้นตอนปฏิบัติ เกณฑ์การประเมินทักษะแบบรูปรีด (Rubrics) คำถามคิดวิเคราะห์ท้ายใบงาน และความคมชัดของแบบผังการต่อสาย (Wiring Diagram)

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านประกอบด้วย

1. นายวัฒนา กล้าหาญ หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง
2. นายพรชัย ยินดี หัวหน้างานวัดและประเมินผล วิทยาลัยเทคนิคระยอง
3. นายธัญญพัฒน์ กิตติโพธิกลาง ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
4. นายสุรเชษฐ์ พรหมมิจิตร ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
5. นายทิมายุ ดิษสุธรรม ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า

เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะและผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ที่สุดก่อนนำไปใช้ในระยยะถัดไป

ระยะที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งโครงสร้างการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 2 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1 – 7) กลุ่มตัวอย่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมในสัปดาห์ที่ 1 – 8 ทั้งหมด 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 7 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 56 ชั่วโมง

ช่วงที่ 2 (สัปดาห์ที่ 8 – 16) หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่บทเรียนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส จะเริ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสโดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ในสัปดาห์ที่ 9 – 17 ทั้งหมด 9 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 7 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 63 ชั่วโมง มี 4 ใบงานการทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้ชี้แจงถึงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้อธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของอุปกรณ์ สัญลักษณ์ การปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย วิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส และกำหนดผลลัพธ์ปลายทางที่ผู้เรียนต้องทำได้ เพื่อให้ นักเรียนคุ้นเคยเตรียมพร้อมที่จะเรียนในใบงานทั้ง 4 ต่อไปประกอบไปด้วย

ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL

ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท - เดลต้า

ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อวัดความรู้แล้วตรวจเก็บคะแนนไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

1. ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL กำหนดผลลัพธ์ปลายทางเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมผู้เรียนสามารถ อธิบายหลักการทำงานของวงจร DOL ได้ ,บอกหน้าที่อุปกรณ์ในวงจรควบคุมได้ ,ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ DOL ได้ถูกต้อง ,ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย หลักฐานการเรียนรู้ (Evidence of Learning) ผู้เรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ DOL ,วิเคราะห์อุปกรณ์ในชุดฝึกได้ถูกต้อง ,ปฏิบัติตามต่อวงจร DOL และทดลองเดินมอเตอร์ไฟฟ้าได้

1) ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยเปิดภาพวิดีโอระบบมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ในโรงงาน เช่น สายพานลำเลียง การทำงานของปั้มน้ำ ระบบระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ในโรงงาน แล้วถามผู้เรียนว่าถ้าหากมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส พวกนี้หยุดทำงาน โรงงานเหล่านี้จะเกิดอะไรขึ้น จากนั้นเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนว่า ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นั้น มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรต่างๆ และระบบควบคุมที่นิยมใช้งานพื้นฐานที่สุด คือ การสตาร์ทแบบ DOL

2) ผู้วิจัยจำลองเหตุการณ์ กดปุ่ม START แล้วมอเตอร์ไม่ทำงาน แต่มีไฟในระบบเข้าปกติ เกิดจากอะไรได้บ้างให้ผู้เรียนช่วยกันตอบคำถาม จากนั้นผู้วิจัยบอกว่าเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ เราต้องเข้าใจวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL นี้ให้เสียก่อน

3) ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มากลางห้องเรียนจากนั้นต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ ใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) แล้วทดลองกด STAR/STOP ให้นักเรียนดู จากนั้นตั้งคำถาม ทำไมมอเตอร์จึงหมุน อุปกรณ์ตัวไหนทำหน้าที่ตัดต่อวงจร ถ้า overload ทำงานจะเกิดอะไรขึ้น แล้วค่อยเข้าสู่เนื้อหาของทฤษฎี

4) หลังจากการสอนทฤษฎี ผู้วิจัยแจกใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) และใบผู้ตรวจสอบวงจร พร้อมเน้นย้ำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ จากนั้นเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ

5) ผู้เรียนคนแรกเมื่อปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) เสร็จแล้ว จะนำไปผู้ตรวจสอบวงจรไปทำการตรวจสอบวงจรตามใบงานที่ 1 ของเพื่อนในกลุ่มตัวอย่างคนถัดไป ทำวนไปจนถึงคนสุดท้ายของกลุ่มตัวอย่าง

6) ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตให้คำแนะนำ และประเมินคะแนน โดยเว้นระยะห่างให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองเป็นหลัก

7) ผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปปัญหาที่แต่ละคนพบและวิธีการแก้ไขปัญหา

2. ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กำหนดผลลัพธ์ปลายทางเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมผู้เรียนสามารถ อธิบายหลักการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ได้ ,ต้องวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เดินหน้า-ถอยหลัง ได้ถูกต้อง ,วิเคราะห์การทำงานของ Magnetic Contactor ได้ ,ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย หลักฐานการเรียนรู้ (Evidence of Learning) ผู้เรียนสามารถอธิบายวิธีสลับเฟสของมอเตอร์ได้ ,ตอบคำถามเกี่ยวกับการทำงานของวงจร ,ต้องวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เดินหน้า-ถอยหลัง และทดลองทำงานได้จริง

1) ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยเปิดภาพวิดีโอระบบมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ในโรงงาน เช่น สายพานลำเลียง การทำงานของปั้มน้ำ ระบบระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ในโรงงานแล้วถามผู้เรียนว่าทำไมมอเตอร์จึงสามารถหมุนได้ทั้งเดินหน้าและถอยหลัง ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมว่าในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องจักรจำนวนมากจำเป็นต้องควบคุมทิศทางการหมุน เช่น เครน ลิฟต์ หรือสายพานลำเลียง ซึ่งใช้หลักการสลับเฟสของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็น

2) ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับมากลางห้องเรียนจากนั้นต้องวงจรควบคุมมอเตอร์ ใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แล้วทดลองกดปุ่ม FORWARD และ REVERSE ให้มอเตอร์หมุนคนละทิศทางให้นักเรียนดู จากนั้นตั้งคำถามเพราะเหตุใดมอเตอร์จึงหมุนกลับทางได้ ,หากสั่งเดินหน้าและถอยหลังพร้อมกันจะเกิดอะไรขึ้น ,ทำไมต้องมีระบบอินเตอร์ล็อก (Interlock) แล้วค่อยเข้าสู่เนื้อหาบทฤษฎี

3) หลังจากการสอนทฤษฎี ผู้วิจัยแจกใบงานที่ 1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line) และให้ผู้ตรวจสอบวงจร พร้อมเน้นย้ำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ จากนั้นเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ

4) ผู้เรียนคนแรกเมื่อปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ 2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เสร็จแล้ว ให้นำไปผู้ตรวจสอบวงจรไปทำการตรวจสอบวงจรตามใบงานที่ 2 ของเพื่อนในกลุ่มตัวอย่างคนถัดไป ทำวนไปจนถึงคนสุดท้ายของกลุ่มตัวอย่าง

5) ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตให้คำแนะนำ และประเมินคะแนน โดยเว้นระยะห่างให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองเป็นหลัก

6) ผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปปัญหาที่แต่ละคนพบและวิธีการแก้ไขปัญหา

3. ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลต้า กำหนดผลลัพธ์ปลายทางเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมผู้เรียนสามารถ อธิบายหลักการสตาร์ทแบบสตาร์ –

เดลต้าได้ ,บอกข้อดีของการลดกระแสขณะสตาร์ทได้ ,ต่อวงจรสตาร์ท-เดลต้าได้ถูกต้อง ,วิเคราะห์ลำดับการทำงานของวงจรได้ หลักฐานการเรียนรู้ (Evidence of Learning) ผู้เรียนสามารถอธิบายการเปลี่ยนการต่อจาก Star ไป Delta ได้ ,ตอบคำถามเกี่ยวกับกระแสขณะสตาร์ท ,สามารถทดลองวงจรสตาร์ท-เดลต้าได้จริง

1) ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยเปิดภาพวิดีโอภาพเครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น ปั้นน้ำอุตสาหกรรม หรือเครื่องอัดอากาศ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ในโรงงาน แล้วถามผู้เรียนว่าถ้ามอเตอร์ขนาดใหญ่สตาร์ทโดยตรง จะเกิดผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าอย่างไร ให้ผู้เรียนช่วยกันตอบคำถาม ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมว่ามอเตอร์ขนาดใหญ่จะมีกระแสสตาร์ทสูงมาก จึงนิยมใช้การสตาร์ทแบบสตาร์ท-เดลต้าเพื่อลดกระแสเริ่มต้น ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็น

2) ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับมากลางห้องเรียนจากนั้นต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ ใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท – เดลต้า แล้วผู้วิจัยสาธิตการทำงานของวงจรโดยให้ผู้เรียนสังเกตว่าช่วงแรกมอเตอร์ต่อแบบ Star หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น Delta ให้นักเรียนดู จากนั้นตั้งคำถามทำไมต้องเปลี่ยนรูปแบบการต่อ ,Timer Relay ทำหน้าที่อะไร ,ถ้าเปลี่ยนเร็วหรือช้าเกินไปจะเกิดอะไรขึ้น แล้วค่อยเข้าสู่เนื้อหาบททฤษฎี

3) หลังจากการสอนทฤษฎี ผู้วิจัยแจกใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท – เดลต้า และใบผู้ตรวจสอบวงจร พร้อมเน้นย้ำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ จากนั้นเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ

4) ผู้เรียนคนแรกเมื่อปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ 3 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท – เดลต้า เสร็จแล้วให้นำใบผู้ตรวจสอบวงจรไปทำการตรวจสอบวงจร ตามใบงานที่ 3 ของเพื่อนในกลุ่มตัวอย่างคนถัดไป ทำวนไปจนถึงคนสุดท้ายของกลุ่มตัวอย่าง

5) ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตให้คำแนะนำ และประเมินคะแนน โดยเว้นระยะห่างให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองเป็นหลัก

6) ผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ปัญหาที่แต่ละคนพบและวิธีการแก้ไขปัญหา

4. ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับกำหนดผลลัพธ์ปลายทางเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมผู้เรียนสามารถ อธิบายหลักการสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับได้ ,ต่อวงจรควบคุมแบบลำดับขั้นได้ ,วิเคราะห์ลำดับการทำงานของวงจรได้ ,ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย หลักฐานการเรียนรู้ (Evidence of Learning) ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการสตาร์ทแบบลำดับ ,อ่านลำดับการทำงานของวงจรได้ ,สามารถต่อวงจรและทดลองการทำงานจริงได้

1) ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยเปิดภาพ วิดีโอเกี่ยวกับระบบสายพานลำเลียงหลายชุดในโรงงาน จากนั้นตั้งคำถามถ้ามอเตอร์ทุกตัวเริ่มทำงานพร้อมกัน จะเกิดอะไรขึ้นกับระบบไฟฟ้า ให้ผู้เรียนช่วยกันตอบคำถาม ผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมว่าในโรงงานอุตสาหกรรม การสตาร์ท

มอเตอร์หลายตัวพร้อมกันอาจทำให้กระแสไฟสูงเกินไป จึงต้องใช้การสตาร์ทแบบเรียงลำดับ ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็น

2) ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มาลงห้องเรียนจากนั้นต้องตรวจสอบมอเตอร์ ใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ แล้วผู้วิจัยสาธิตการทำงานของวงจร ให้มอเตอร์แต่ละตัวเริ่มทำงานทีละตัวตามลำดับเวลา แล้วถามว่าทำไมมอเตอร์จึงไม่เริ่มพร้อมกัน ,Timer Relay มีหน้าที่อะไร ,หากลำดับผิดจะเกิดผลอย่างไร แล้วค่อยเข้าสู่เนื้อหาของทฤษฎี

3) หลังจากการสอนทฤษฎี ผู้วิจัยแจกใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ และใบผู้ตรวจสอบวงจร พร้อมเน้นย้ำเรื่องความปลอดภัยในการใช้งานชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ จากนั้นเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ

4) ผู้เรียนคนแรกเมื่อปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ 4 การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ เสร็จแล้วให้นำใบผู้ตรวจสอบวงจรไปทำการตรวจสอบวงจร ตามใบงานที่ 4 ของเพื่อนในกลุ่มตัวอย่างคนถัดไป ทำวนไปจนถึงคนสุดท้ายของกลุ่มตัวอย่าง

5) ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตให้คำแนะนำ และประเมินคะแนน โดยเว้นระยะห่างให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองเป็นหลัก

6) ผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป ปัญหาที่แต่ละคนพบและวิธีการแก้ไขปัญหา

ระยะที่ 3 การประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลสัมฤทธิ์ในสัปดาห์ที่ 17 ซึ่งเป็นสัปดาห์สิ้นสุดการทดลอง โดยมีเครื่องมือและขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

1. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ฉบับเดียวกับก่อนเรียน มาทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บคะแนน

2. นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจมาให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างประเมิน เพื่อวิเคราะห์ระดับเจตคติ ความมั่นใจ และความง่ายต่อการเรียนรู้ผ่านชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น

3. นำสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (t-test for Dependent Samples) มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานการวิจัยในบทต่อไป

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการดำเนินงานเชิงระบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ในขั้นตอนนี้เป็นการจัดกระบวนการเพื่อประกันคุณภาพเครื่องมือวิจัย (Quality Assurance) และทดสอบหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมก่อนการนำไปใช้งานจริง มีลำดับการดำเนินการเก็บข้อมูลเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Evaluation)

- 1) ผู้วิจัยทำหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อร่วมประเมินคุณภาพและพิจารณาความสอดคล้องของเครื่องมือวิจัย
- 2) ส่งมอบชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส คู่มือการใช้งาน ใบงานการทดลอง และแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ให้แก่ผู้เชี่ยวชาญ
- 3) ดำเนินการรวบรวมข้อมูลผลการประเมินเพื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หัวข้อย่อย ใบงาน และแบบตรวจสอบวงจร
- 4) รวบรวมคะแนนจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกของคู่มือและใบงาน เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพภาพรวมต้องอยู่ในระดับไม่น้อยกว่า "ดี" (มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.00 ขึ้นไป จากมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ)
- 5) สรุปผลการประเมินเพื่อจัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา (Table of Specifications: TOS) และตรวจสอบค่าน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาให้สอดคล้องกัน

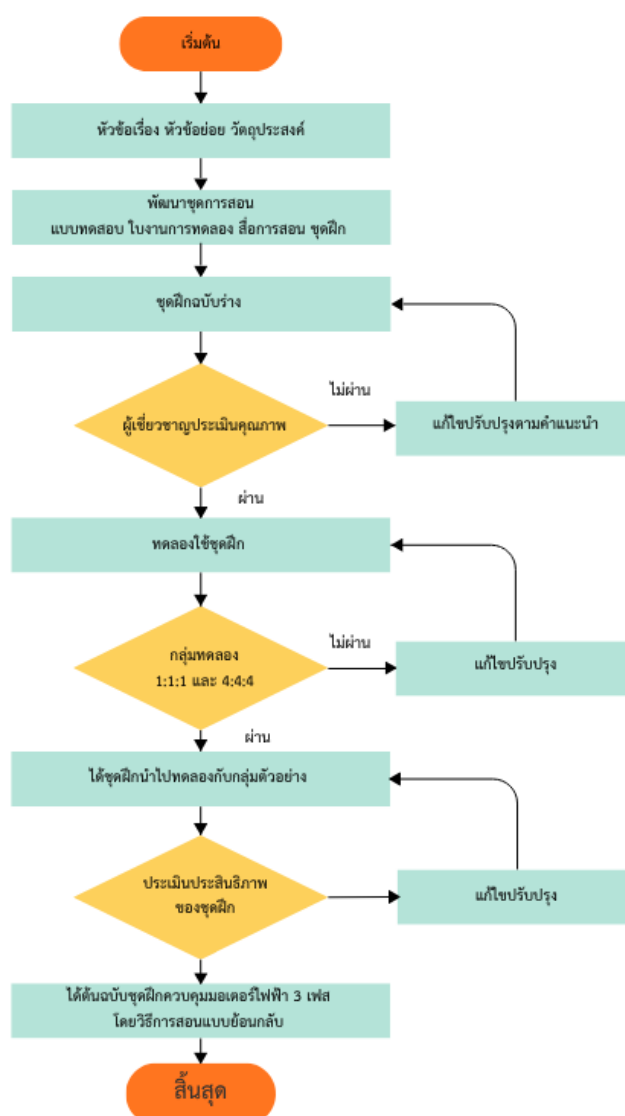
ระยะที่ 2 การทดลองใช้เครื่องมือเพื่อปรับปรุงและหาประสิทธิภาพตามขั้นตอน (Try-out)

ผู้วิจัยนำชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) ที่ผ่านการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปดำเนินการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนด้วยนวัตกรรมนี้มาก่อน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นบันไดดังนี้

- 1) การทดลองภาคสนามขั้นต้นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (Individual Try-out 1:1:1) ดำเนินการทดลองกับนักเรียนจำนวน 3 คน (ผลการเรียนระดับสูง 1 คน, ปานกลาง 1 คน และต่ำ 1 คน) โดยผู้วิจัยสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการใช้งานอย่างใกล้ชิด เพื่อประเมินความเหมาะสมของภาษา ลำดับกิจกรรม และข้อบกพร่องทางเทคนิค นำข้อมูลมาปรับปรุงระบบให้ได้ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ 60/60
- 2) การทดลองภาคสนามขั้นขยายแบบกลุ่มย่อย (Small Group Try-out 4:4:4) นำชุดฝึกที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 12 คน เพื่อสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม นำข้อบกพร่องที่พบมาเก็บข้อมูลและปรับปรุงแก้ไขตัวเครื่องมือให้สมบูรณ์ โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพในขั้นนี้ไม่ต่ำกว่า 70/70

ระยะที่ 3: การทดลองภาคสนามจริง (Field Try-out) ผู้วิจัยนำชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน ไปดำเนินการทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพภาคสนามจริงกับกลุ่มทดลองอื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกัน จำนวน 22 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา

2568 เพื่อพิสูจน์ค่าประสิทธิภาพให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้คือ 80/80 ก่อนนำไปขับเคลื่อนกับกลุ่มตัวอย่างจริงในการวิจัย



รูปที่ 3.4 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพของชุดฝึก

3.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จำนวน 22 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยมีกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงระบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้หน่วยการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ผู้วิจัยดำเนินการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 30 ข้อ (คิดเป็นคะแนนเต็ม 30 คะแนน) เพื่อวัดความรู้พื้นฐานเดิม และเก็บบันทึกผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเป็นคะแนนฐาน

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บคะแนนระหว่างเรียน (E_1) ในระหว่างการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนรวมทั้งสิ้น 9 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 9 - 17) ครอบคลุมใบงานปฏิบัติการทั้ง 4 ใบงาน ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนพฤติกรรมการทำงาน คะแนนแบบฝึกหัด และคะแนนแบบทดสอบย่อยทำยหน่วยการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคนอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำคะแนนรวมสะสมมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน (E_1)

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบหลังเรียน (Post-test / E_2) เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครบถ้วนตามแผนการเรียนรู้ทั้ง 4 ใบงานในสัปดาห์ที่ 18 ผู้วิจัยดำเนินการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเต็ม (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) เพื่อวัดระดับการพัฒนาการเรียนรู้และเก็บบันทึกข้อมูลเป็นคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (E_2)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยส่งมอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการประเมิน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเจตคติ ความเห็นเชิงสะท้อนต่อระบบความปลอดภัย ความง่ายในการเรียนรู้ และความมั่นใจในการนำชุดฝึกไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพ

ขั้นตอนที่ 5 การประมวลผลข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยนำชุดข้อมูลคะแนนที่เก็บบันทึกทั้งหมดส่งต่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์สถิติ โดยมีแนวทางประมวลผลดังนี้

1. นำค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนทดสอบหลังเรียน (E_2) มาคำนวณเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 หรือไม่

2. นำคะแนนสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) ของผู้เรียนรายบุคคลมาคำนวณส่วนต่างความก้าวหน้าทางการเรียน เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (t-test for Dependent Samples) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ตามสมมติฐานการวิจัย

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ผู้วิจัยได้กำหนดสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัยจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

3.5.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย (ความตรงและความง่าย)

- 1) การหาค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยดำเนินการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินคุณภาพ โดยใช้สูตรของ โรวินลลี และ แฮมเบลตัน (Rovinelli & Hambleton) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม/องค์ประกอบกับ
วัตถุประสงค์

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชา

ข้อคำถามหรือองค์ประกอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหา
และสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

2) การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์
ค่าความยากง่าย (P) ของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อ โดยใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P หมายถึง ค่าความยากง่ายของข้อสอบรายข้อ

R หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้อง

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบทั้งหมด

ข้อสอบที่ดีและสามารถนำมาจัดทำเป็นข้อสอบคัดสรรในเล่มวิจัย ต้องมีค่าความยาก
ง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

3.5.2 สถิติในการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมและกระบวนการเรียนรู้ (E_1/E_2)

ผู้วิจัยดำเนินการคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยใช้สูตรดัชนีประสิทธิภาพ
ดังนี้

สูตรการหาประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (E_1)

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100$$

สูตรการหาประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (E_2)

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum Y}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละจากคะแนน
การปฏิบัติกิจกรรมและใบงานระหว่างเรียน

E_2	หมายถึง	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
ΣX	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนจากการปฏิบัติภาระงานและใบงานระหว่างเรียนของผู้เรียนทุกคน
ΣY	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้เรียนทุกคน
N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มทดลอง/กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด
A	หมายถึง	คะแนนเต็มรวมของชุดกิจกรรมและการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนทั้งหมด
B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

3.5.3 สถิติเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (t-test for Dependent Samples) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ	t	หมายถึง	ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อตรวจสอบนัยสำคัญ
	D	หมายถึง	ส่วนต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนแต่ละ
	$\sum D$	หมายถึง	ผลรวมของส่วนต่างคะแนนทั้งหมด
	$\sum D^2$	หมายถึง	ผลรวมของส่วนต่างคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	N	หมายถึง	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ระดับนัยสำคัญทางสถิติกำหนดไว้ที่ระดับ .01 เพื่อปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานการวิจัย

3.5.4 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจ

ผู้วิจัยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพชุดฝึก และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยคำนวณผ่านค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean $\bar{X}$)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็น/ความพึงพอใจ
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนระดับความคิดเห็นทั้งหมด
	N	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดช่วงคะแนนเฉลี่ยมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ดังนี้

- ค่าอยู่ระหว่าง 4.51 ถึง 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
- ค่าอยู่ระหว่าง 3.51 ถึง 4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
- ค่าอยู่ระหว่าง 2.51 ถึง 3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
- ค่าอยู่ระหว่าง 1.51 ถึง 2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
- ค่าอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 1.50 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation S.D.)

ใช้เพื่อวัดการกระจายตัวของข้อมูลและความสอดคล้องของความคิดเห็น (หากค่า S.D. ต่ำและเข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความสอดคล้องกันสูง) คำนวณโดยใช้สูตร

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

เมื่อ	S.D.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็น
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนระดับความคิดเห็นทั้งหมด
	$\sum X^2$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนระดับความคิดเห็นแต่ละตัวยกกำลังสอง
	N	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ (1) เพื่อออกแบบ และสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลของการวิจัยดังนี้

- 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ฯ
- 4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (E1 /E2)
- 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
- 4.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถานภาพทั่วไปของคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ทำการประเมินคุณภาพของชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ โดยพิจารณาจำแนกตามเกณฑ์อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งทางวิชาชีพ และประสบการณ์การทำงาน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนร้อยละข้อมูลสถานภาพส่วนตัวของผู้เชี่ยวชาญ (N=5)

สถานะภาพ		จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
1. อายุ	มากกว่า 50 ปี	4	80
	40 – 50 ปี	1	20
2. การศึกษา	ปริญญาโท	2	40
	ปริญญาตรี	3	60
3. ตำแหน่ง	ครูชำนาญการพิเศษ	4	80
	ครูชำนาญการ	1	20
4. ประสบการณ์การทำงาน	มากกว่า 20 ปี	4	80
	มากกว่า 15 ปี	1	20

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่ทำหน้าที่ประเมินคุณภาพชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป มีระดับวุฒิการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ดำรงตำแหน่งทางวิชาชีพในระดับครูชำนาญการพิเศษ และมีประสบการณ์การทำงานในการจัดการเรียนการสอนสายวิชาชีพมากกว่า 15 ปีขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคณะผู้เชี่ยวชาญมีคุณวุฒิและประสบการณ์ตรงในระดับสูง สามารถรับรองคุณภาพของเครื่องมือวิจัยได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ชัดเจนและมุ่งเน้น ความเข้าใจที่คงทนมากกว่าการท่องจำ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	วัตถุประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ปวช.)	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	ชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สะท้อนทักษะวิชาชีพ เช่น การวิเคราะห์วงจรและแก้ปัญหาการทำงานของมอเตอร์	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
4	ใบงานและกิจกรรมปฏิบัติออกแบบให้ผู้เรียนต้องสร้างความเข้าใจจากการลงมือทำจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	การประเมินผลในชุดฝึก (แบบทดสอบ/ใบงาน/ประเมินทักษะ) ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	ใบงานมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาเชิงวิชาชีพ เช่น มอเตอร์ไม่หมุน ต้องตรวจสอบวงจรได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

7	กิจกรรมการเรียนรู้ถูกวางลำดับ ขั้นตาม Stage 3 โดยเริ่มจากการ ปูพื้นฐานให้เห็นผลลัพธ์สุดท้าย ก่อนการปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	แบบทดสอบและใบงานสามารถ วัดผลการเรียนรู้ได้ตรงตาม มาตรฐานสมรรถนะที่กำหนดใน ตอนแรก	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิค
และการควบคุมมอเตอร์

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมา ย
		1	2	3	4	5			
1	เนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงานของ มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีความถูก ต้องตามหลักวิชาการ	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
2	วงจรกำลัง (Power Circuit) ที่ใช้ใน ชุดฝึกมีความถูกต้องตามหลัก วิศวกรรมไฟฟ้า และการต่อสายเข้า มอเตอร์ (L1, L2, L3) ถูกต้อง	0	1	1	1	1	4	0.8 0	ใช้ได้
3	วงจรควบคุม (Control Circuit) เช่น Start-Stop มีความถูกต้องและ สามารถใช้งานได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
4	วงจรควบคุมทิศทางการหมุน (Forward/Reverse) มี ระบบ Interlock ป้องกันการทำงาน ผิดพลาดและปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
5	วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ DOL มี ความถูกต้องและปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
6	วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star- Delta มีความถูกต้องตามหลักการ ลดกระแสสตาร์ท	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้

7	วงจรแบบเรียงลำดับ (Sequential Start) มีการออกแบบลำดับการทำงานถูกต้อง และมีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
8	การเลือกใช้ Magnetic Contactor และ Overload Relay มีขนาดและพิกัดเหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้ในชุดฝึก	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
9	การจัดเนื้อหาในหนังสือ/คู่มือมีความเหมาะสม ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 3 แบบประเมินโครงสร้างและคุณลักษณะของชุดฝึก

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	สัญลักษณ์และป้ายกำกับอุปกรณ์บนแผงชุดฝึกมีความชัดเจน อ่านง่าย และไม่ลบลื่อนง่าย	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2	แผงชุดฝึกมีการจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบและเป็นระบบ สอดคล้องกับการเรียนรู้และการต่อวงจร	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3	ระยะห่างของจุดต่อสาย (Terminal) มีความเหมาะสม ไม่แออัดจนเสี่ยงต่อการลัดวงจร	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
4	ชุดฝึกมีอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย เช่น เบรกเกอร์ ฟิวส์ หรือ โอเวอร์โวลต์รีเลย์ และใช้งานได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

5	ชุดฝีกมีระบบความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (RCD/ELCB) หรือระบบป้องกันไฟเกิน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	โครงสร้างชุดฝีกมีความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมกับการใช้งานซ้ำในการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	ชุดฝีกมีขนาดเหมาะสม เคลื่อนย้ายสะดวก หรือติดตั้งได้มั่นคงขณะมอเตอร์ทำงาน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	ระบบสายไฟภายในตู้/แผงมีการจัดระเบียบเรียบร้อย ลดความเสี่ยงต่อการชำรุดและการเกิดอุบัติเหตุ	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้านที่ 4 แบบประเมินใบงาน การวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	คำสั่งและขั้นตอนการปฏิบัติในใบงานมีความชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	ใบงานมีการเรียงลำดับขั้นตอนการต่อวงจรอย่างเป็นระบบเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ปวช.	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	ใบงานมีการกำหนดกิจกรรมปฏิบัติที่สอดคล้องกับวงจรจริงและการใช้งานจริงในสถานประกอบการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	แบบประเมินทักษะปฏิบัติมีเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) ชัดเจน เช่น ความถูกต้องของวงจร ความปลอดภัย ความเรียบร้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

5	แบบประเมินทักษะสามารถสะท้อนสมรรถนะการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	ใบงานมีคำถามท้ายใบงานที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และอธิบายเหตุผล เช่น เหตุผลของ Interlock หรือการทำงานของ Overload	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	ภาพประกอบ/แผนผังการต่อสาย (Wiring Diagram) มีความคมชัดถูกต้อง และตรงกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	ใบงานและแบบประเมินสามารถนำไปใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน สามารถแสดงให้เห็นถึงความมั่นใจในการนำชุดฝึกไปใช้งาน และ ความง่ายในการเรียนรู้ของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากตารางที่ 4.2 ถึง 4.5 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าหัวข้อและข้อคำถามประเมินส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ (0.50)

ผลดังกล่าวสามารถสรุปเชิงวิชาการได้ว่า ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบเนื้อหาทางเทคนิคและหลักวิศวกรรมไฟฟ้าที่ถูกต้องแม่นยำ มีการออกแบบโครงสร้างแผงฝึกและระบบป้องกันไฟรั่วที่ปลอดภัยต่อการใช้งานวิชาชีพ ตลอดจนมีใบงานและคู่มือผู้ตรวจสอบวงจรที่สอดคล้องกับชั้นผลลัพธ์ปลายทางตามรูปแบบ Backward Design อย่างเหมาะสม พร้อมสำหรับนำไปทดสอบประสิทธิภาพในลำดับต่อไป

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (E_1/E_2)

ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานไว้ที่ระดับ 80/80 โดยมีความหมายเชิงสถิติวิจัยดังนี้

4.2.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน คำนวณจากร้อยละของคะแนนรวมสะสมที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำได้จากการปฏิบัติงานตามใบงานการทดลอง และการตรวจสอบความถูกต้องด้วยใบผู้ตรวจสอบวงจรชุดที่ 1 ถึง 4 โดยกำหนดเกณฑ์เฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

4.2.2 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้หลังเรียน คำนวณจากร้อยละของคะแนนรวมที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำได้จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปลายหน่วย โดยกำหนดเกณฑ์เฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

เมื่อนำชุดฝึกและแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ทดลองภาคสนามจริงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง จำนวน 22 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ครบถ้วนทั้ง 4 ใบงานปฏิบัติการ ผู้วิจัยคำนวณสรุปค่าประสิทธิภาพรวมปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน (คะแนนเต็ม 40) E_1					คะแนนสอบหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30) E_2
	ใบงานที่ 1	ใบงานที่ 2	ใบงานที่ 3	ใบงานที่ 4	รวม	
1	9	9	9	9	36	19
2	8	9	9	9	35	27
3	9	8	9	9	35	24
4	9	9	8	9	35	24
5	9	9	9	8	35	23
6	10	9	9	8	36	28
7	8	8	9	9	34	26
8	9	9	9	9	36	23
9	8	8	8	9	33	25
10	10	10	9	9	38	29
11	9	9	8	8	34	25
12	9	9	9	9	36	27

13	8	8	8	8	32	26
14	10	9	10	9	38	26
15	9	9	9	9	36	30
16	9	8	8	9	34	25
17	10	10	10	10	40	24
18	8	9	9	9	35	25
19	9	9	9	8	35	27
20	8	8	8	8	32	26
21	9	10	9	9	37	30
22	9	9	9	9	36	26
รวม	199	198	198	197	774	565
เฉลี่ย	9.05	9.02	9.01	8.95	35.18	25.68
ร้อยละ	90.45	90.00	90.00	89.54	87.95	85.61

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E_1) มีค่าเท่ากับร้อยละ 87.95 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้จากแบบทดสอบหลังเรียน (E_2) มีค่าเท่ากับร้อยละ 85.61 จากการเปรียบเทียบพบว่า ค่าประสิทธิภาพรวมของนวัตกรรมมีค่าเท่ากับ 87.95/85.61 ซึ่งสรุปได้ว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานการวิจัยอย่างเป็นระบบ

เมื่อพิจารณาในมิติด้านความสอดคล้องเชิงสถิติทางการศึกษา พบว่า ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการระหว่างเรียน (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์หลังเรียน (E_2) มีค่าที่ใกล้เคียงกัน (มีส่วนต่างเพียงร้อยละ 2.34) ซึ่งการที่ค่าสถิติทั้งสองส่วนมีความสอดคล้องกันเช่นนี้ เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงให้เห็นว่า กระบวนการเรียนรู้ภาคปฏิบัติผ่านใบงานการทดลองร่วมกับระบบใบผู้ตรวจสอบวงจร มีความเชื่อมโยง สอดคล้อง และส่งผ่านองค์ความรู้ไปยังการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎีได้อย่างแม่นยำตรงตามวัตถุประสงค์

จึงสรุปได้ว่า ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับชุดนี้ มีประสิทธิภาพและคุณภาพเพียงพอตามหลักสถิติและการประเมินผลทางการศึกษา สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพ ความเข้าใจที่คงทน และสร้างความมั่นใจในการปฏิบัติงานจริงให้นักเรียนแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

รายการ	จำนวน ผู้เรียน	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ ร้อยละ
คะแนนการปฏิบัติกิจกรรมและใบ งานของผู้เรียนระหว่างเรียน	22	40	35.18	87.95	80
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียน	22	30	25.68	85.61	80

4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากผลของการวิจัยการทดลองความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยค่าสถิติการทดสอบที่กลุ่มตัวอย่าง ในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนเต็ม 30 คะแนน		D
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	4	19	15
2	15	27	12
3	13	24	11
4	13	24	11
5	12	23	11
6	10	28	18
7	12	26	14
8	13	23	10
9	13	25	12
10	16	29	13
11	13	25	12
12	14	27	13
13	11	26	15
14	9	26	17
15	13	30	17
16	12	25	13
17	8	24	16
18	10	25	15
19	15	27	12

20	11	26	15
21	14	30	16
22	12	26	14
รวม	263	565	302
คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	11.95	25.68	13.72
ร้อยละ	39.84	85.61	
S.D.	2.64	2.47	

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง จำนวน 22 คน ที่เรียนด้วยชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ระหว่างคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) และคะแนนหลังเรียน (Post-test) จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (t-test for Dependent Samples) ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบ	$\bar{X}$	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	t	df	p
ก่อนเรียน	11.95	2.64	13.72	28.61	21	<.001
หลังเรียน	25.68	2.47				

จากตารางที่ 4.8 - 4.9 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 11.95 คะแนน คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 25.68 คะแนน

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (และครอบคลุมนัยสำคัญที่ระดับ .05) โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test) เท่ากับ 28.61 และค่าระดับนัยสำคัญทางประชากร (p-value) น้อยกว่า .001 ($p < .001$)

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นข้อพิสูจน์เชิงสถิติทางการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถพัฒนาและยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมถึงทักษะความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาทางสติปัญญาและทักษะปฏิบัติเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับก่อนเรียน

4.4 ผลการศึกษาคความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเจตคติและความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน หลังเสร็จสิ้นสิ้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) จากแบบสอบถามความพึงพอใจชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 4 ด้าน ซึ่งประมวลผลสรุปภาพรวมปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 ถึง 4.13

ตารางที่ 4.10 ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1 เนื้อหาในชุดฝึกมีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนจนเกินไป	4.32	0.65	มาก
2 ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ทำให้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ได้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น	4.45	0.59	มาก
3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างลึกซึ้ง	4.55	0.60	มากที่สุด
4 ปริมาณเนื้อหาและจำนวนใบงานมีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน	4.27	0.72	มาก
โดยรวม	4.40	0.65	มาก

ตารางที่ 4.11 ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน (Hardware & Media)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. อุปกรณ์บนชุดฝึก เช่น Magnetic Contactor, Overload Relay มีความเหมาะสมและใช้งานง่าย	4.50	0.60	มาก
2. สัญลักษณ์และไดอะแกรมบนชุดฝึกมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และไม่ทำให้สับสน	4.55	0.51	มากที่สุด
3. อุปกรณ์ประกอบ เช่น สายเสียบ ขั้วต่อ มีความแข็งแรงและมั่นคงขณะปฏิบัติงาน	4.41	0.59	มาก
4. คู่มือการใช้งานหรือใบงานมีภาพประกอบที่ชัดเจน และสอดคล้องกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก	4.50	0.60	มาก
โดยรวม	4.49	0.58	มาก

ตารางที่ 4.12 ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย (Practice & Safety)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. ชุดฝึกช่วยให้ฝึกทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ได้สะดวกและรวดเร็ว	4.64	0.49	มากที่สุด

2. ระบบป้องกันอันตรายในชุดฝึกทำให้รู้สึกมั่นใจและปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ชุดฝึกส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา เช่น การไล่วงจรเมื่อมอเตอร์ไม่ทำงาน	4.45	0.60	มาก
4. ขนาดของชุดฝึกและการจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	4.56	0.54	มากที่สุด

ตารางที่ 4.13 ด้าน 4 เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. การเรียนด้วยชุดฝึกทำให้รู้สึกสนุกและน่าสนใจมากกว่าการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว	4.68	0.48	มากที่สุด
2. ชุดฝึกช่วยให้มีความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ต้องการให้มีการนำชุดฝึกในลักษณะนี้ไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ ต่อไป	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	4.61	0.51	มากที่สุด

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจทั้ง 4 ด้าน

รายการประเมินความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ	ลำดับที่
ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้	4.40	0.65	มาก	4
ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน	4.49	0.58	มาก	3
ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย	4.56	0.54	มากที่สุด	2
ด้าน 4 เจตคติและประโยชน์ที่	4.61	0.48		1

ได้รับ				
เฉลี่ยรวมทุก ด้าน	4.51	0.57	มากที่สุด	

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการเรียนด้วยชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ พบว่า ในภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ "มากที่สุด" โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.51 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57 เมื่อพิจารณาจำแนกรายด้านและข้อคำถามที่มีนัยสำคัญสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

ด้านที่มีระดับความพึงพอใจสูงที่สุด คือ ด้านที่ 4 ด้านเจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยข้อคำถามย่อยที่นักเรียนให้คะแนนสูงสุดคือ ข้อความรู้สึกสนุกและน่าสนใจว่าการเรียนแบบบรรยายปกติ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.68 ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นเชิงประจักษ์ว่า กระบวนการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward Design) ที่เน้นภาระงานปฏิบัติและการพิสูจน์วงจรด้วยตนเอง สามารถกระตุ้นความสนใจ ใฝ่เรียนรู้ และลดความเบื่อหน่ายในการเรียนทฤษฎีไฟฟ้าลงได้อย่างเด่นชัด

ด้านที่ควรพัฒนาและปรับปรุง เมื่อพิจารณาใน ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ พบว่าข้อคำถามในเรื่อง ปริมาณเนื้อหาและความเหมาะสมของเวลากับการปฏิบัติงาน แม้ว่าผลการประเมินจะยังคงอยู่ในเกณฑ์คุณภาพระดับ "มาก" แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่มคำถามทั้งหมด คือมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.27 จากข้อมูลเชิงสะท้อนดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์และมีข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงพัฒนาในอนาคตว่า ควรพิจารณาปรับลดความแน่นหนาของเนื้อหาภาคทฤษฎีบางส่วนลง หรือดำเนินการบริหารจัดการด้วยการเพิ่มชั่วโมงเวลาในการฝึกปฏิบัติงานบนชุดฝึกให้มากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนกลุ่มที่มีทักษะการเรียนรู้ในระดับปานกลางและต่ำ มีเวลาอย่างเพียงพอในการตรวจสอบและวิเคราะห์วงจรควบคุมมอเตอร์ได้อย่างรอบคอบและปลอดภัยยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ สำหรับผู้เรียนในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับทักษะปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสรุปสาระสำคัญเชิงโครงสร้างและเนื้อหาของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับและทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีสาระสำคัญในการวิจัย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบ และสร้างชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะเชิงปฏิบัติของนักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ที่สร้างขึ้นมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ย 3.51
2. ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.3.วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

(1) วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (รหัสวิชา 20104-2009) พร้อมทั้งสืบค้นข้อมูลเชิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

(2) ศึกษารูปแบบและกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบย้อนกลับเพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาและสมรรถนะวิชาชีพ

(3) วิเคราะห์จำแนกหัวข้อการเรียนรู้ย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทางด้านทักษะพิสัย เพื่อนำมาวางโครงสร้างการผลิตชุดฝึกปฏิบัติการ

(4) วางแผนออกแบบกิจกรรมการจัดกระบวนการเรียนรู้ แล้วจึงนำเสนอต่อคณะผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสม

(5) รวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความสมบูรณ์

(6) นำชุดฝึกไปทดลองใช้ในกิจกรรมการจัดเรียนการสอนเพื่อรวบรวมข้อมูลและคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงระบบ

(7) สรุปและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการวิจัยในภาพรวม

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

(1) กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการคัดเลือกด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคระยอง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (รหัสวิชา 20104-2009) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 22 คน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

(1) ทำหนังสือเรียนเชิญคณะผู้เชี่ยวชาญเพื่อเข้าร่วมตรวจสอบและประเมินคุณภาพนวัตกรรม

(2) ส่งมอบชุดฝึกปฏิบัติการ คู่มือ และแบบประเมินคุณภาพให้แก่คณะผู้เชี่ยวชาญ

(3) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนและผลการประเมินเพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

(4) ตรวจสอบรายละเอียดและปรับปรุงโครงสร้างเครื่องมือวิจัยตามข้อเสนอแนะเชิงลึกของผู้เชี่ยวชาญ

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้สถิติในการประมวลผลคุณภาพเครื่องมือวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทดลอง ได้แก่ การหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC), การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ของข้อสอบ, การหาค่าดัชนีประสิทธิภาพรวม (E_1/E_2), การคำนวณสถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), และการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test for Dependent Samples)

5.1.4 ผลของการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือ จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่ารายการประเมินส่วนใหญ่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 บ่งชี้ว่าชุดฝึกมีความถูกต้องแม่นยำทางเทคนิควิศวกรรมไฟฟ้า มีโครงสร้างทางกายภาพที่ปลอดภัย มีใบงานภาคปฏิบัติและกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการออกแบบย้อนกลับอย่างเหมาะสม

2. ผลการหาประสิทธิภาพนวัตกรรม ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มีค่าประสิทธิภาพรวม (E_1/E_2) เท่ากับ 87.95/85.61 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอตามหลักการวัดผลทางการศึกษา สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะวิชาชีพได้อย่างมั่นใจ

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที พบว่าหลังผ่านการเรียนรู้ด้วยชุดฝึก คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (และระดับ .05) โดยมีค่าสถิติทดสอบ $t = 28.61$ และค่า $p < .001$ แสดงถึงความสามารถในการยกระดับองค์ความรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

4. ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจ ความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดฝึก พบว่าด้านที่ 4 เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=4.61$) แสดงว่าวิธีการสอนแบบย้อนกลับและชุดฝึกช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดีมาก นักเรียนให้คะแนนเรื่องรู้สึกสนุกและน่าสนใจกว่าการเรียนแบบบรรยาย ($\bar{X}=4.68$) ข้อที่ควรพัฒนา ในด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ เรื่องปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับเวลา แม้จะอยู่ในเกณฑ์มาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่ม ($\bar{X}=4.27$) อาจพิจารณาปรับลดเนื้อหาหรือเพิ่มเวลาในอนาคตโดยเฉลี่ยรวมทุกด้าน ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของระดับความคิดเห็น $\bar{X}$ เท่ากับ 4.51 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็น S. D. เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับ มากที่สุด

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ ในรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (รหัสวิชา 20104-2009) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีคุณภาพและมีความสอดคล้องเหมาะสมในระดับสูง มีประสิทธิภาพเหนือกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นอย่างเด่นชัด และสร้างความพึงพอใจในระดับยอดเยี่ยม จึงเป็นเครื่องมือที่มีความพร้อมในการเสริมสร้างทักษะช่างไฟฟ้ากำลังได้อย่างเต็มภาคภูมิ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึก

ผลจากการประเมินโดยคณะผู้เชี่ยวชาญพบว่า ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายข้ออยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านวัตกรรมนี้มีความตรงเชิงเนื้อหาและโครงสร้างทางเทคนิคในระดับสูง ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของ บุญชม ศรีสะอาด (2560) ซึ่งได้ระบุว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จัดเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับและนำไปใช้งานได้จริง โดยหากค่าสถิติดังกล่าวเข้าใกล้ 1.00 ยิ่งเป็นข้อบ่งชี้ถึงความเที่ยงตรงและคุณภาพที่ยอดเยี่ยมของเครื่องมือวิจัย ประเด็นดังกล่าวยังได้รับการสนับสนุนจากแนวคิดของ ชูศรี วงศ์รัตน์ (2558) ที่กล่าวว่า การที่เครื่องมือวิจัยผ่านระบบการกลั่นกรองและตรวจสอบความสอดคล้องจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญการเฉพาะทาง จะช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นและความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผลการวิจัยในภาพรวม ส่งผลให้ชุดฝึกปฏิบัติการนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปขับเคลื่อนในการเรียนการสอนสายอาชีวศึกษาได้อย่างแท้จริง

5.2.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ปรากฏค่าสถิติเท่ากับ 87.95/85.61 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสมมติฐานเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ เมื่อนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับบริบทงานวิจัยในประเทศ เช่น งานวิจัยของ สุรัชย์ เทียนขาว (2558) ซึ่งระบุว่า การจัดการเรียนรู้ในด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยสื่อจำลองสถานการณ์หรือวงจรเสมือนจริงสามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้ ทว่าค่าประสิทธิภาพส่วนใหญ่มักจะเกาะกลุ่มอยู่ใกล้เคียงเกณฑ์ 80/80 แต่สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ การที่นวัตกรรมมีค่าประสิทธิภาพที่สูงขึ้นอย่างเด่นชัดและมีค่าความสอดคล้องระหว่างกระบวนการ (E_1) และผลลัพธ์ (E_2) ที่ใกล้เคียงกันนั้น มีสาเหตุหลักมาจากการบูรณาการ วิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการจริง ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงเป้าหมายการเรียนรู้ในแต่ละใบงานอย่างชัดเจนและเกิดความเข้าใจเชิงลึกสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทฤษฎีของ Wiggins และ McTighe (2005) ที่เสนอแนะว่า การออกแบบการสอนแบบย้อนกลับโดยเน้นการปึกหมุดที่ผลลัพธ์การเรียนรู้ปลายทางเป็นอันดับแรก แล้วจึงทำการออกแบบเครื่องมือวัดผลและกิจกรรมการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน จะช่วยส่งผลให้บทเรียนมีโครงสร้างเชิงระบบที่แข็งแกร่ง หนุนเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ที่คงทน

นอกจากนี้ ในมิติด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 25.68$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 11.95$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่า $t = 28.61$, $p < .001$) และในด้านทักษะปฏิบัติ ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในระดับดีเยี่ยม ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ วิจารณ์ พานิช (2555) ที่เน้นย้ำว่า ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 จะต้องขับเคลื่อนด้วยการลงมือปฏิบัติจริง (Learning by Doing) และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สมชาย พรหมสุวรรณ (2563) ที่ระบุว่า ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้าได้ตามรูปแบบแต่ยังขาดทักษะขั้นสูงในการวิเคราะห์ปัญหานั้น งานวิจัยฉบับนี้สามารถอุดรอยรั่วดังกล่าวได้ เนื่องจากผู้เรียนไม่

เพียงแต่สามารถต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ได้ถูกต้องตาม Wiring Diagram แต่ยังสามารถใช้องค์ความรู้มาวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและดำเนินกระบวนการแก้ไขปัญหาหน้างานบนชุดฝึกได้อย่างเชี่ยวชาญ

5.2.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

ผลการประเมินระดับเจตคติพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดฝึกในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.57) ตัวเลขส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำสะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเชิงบวกที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีเอกภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิดานันท์ มลิทอง (2559) ที่ค้นพบว่า สื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์เชิงรุก (Interactive Media) จะช่วยกระตุ้นความพึงพอใจและความใฝ่เรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ปัจจัยดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากชุดฝึกปฏิบัติการนี้ได้รับการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมให้มีความสะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติงาน ทดลองต่อสายวงจรได้โดยไม่ซับซ้อน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสวงหาข้อเท็จจริงทางเทคนิคด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและกำกับดูแลความปลอดภัย (Facilitator) การเรียนรู้ผ่านการทำซ้ำซ้ำทักษะนี้ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทฤษฎีสู่การปฏิบัติได้โดยง่าย ประเด็นนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชลธิชา บุญนัย ที่ได้ค้นพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดสื่อการสอนภาคปฏิบัติการ ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น และสร้างความพึงพอใจต่อระบบการสอนในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.80$, S.D. = 0.09) เช่นเดียวกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูควรแสดงการทำงานของวงจรที่สมบูรณ์ให้ผู้เรียนดูเป็นตัวอย่างก่อน (ตามหลัก Stage 3 ของ Backward Design) เพื่อให้นักเรียนเห็นผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจลำดับขั้นตอนและวัตถุประสงค์ของแต่ละกิจกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ในการนำไปใช้จริง ครูควรเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรม การไล่วงจรเมื่อเกิดปัญหา (Troubleshooting) ที่ระบุไว้ในใบงาน เช่น การสมมติว่ามอเตอร์ไม่หมุนเนื่องจากโอเวอร์โหลดตัดการทำงาน เพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะการวิเคราะห์มากกว่าการติดตามแผนผังเพียงอย่างเดียว
3. ชุดฝึกควรติดตั้งบนโต๊ะปฏิบัติการที่มีความมั่นคงและมีพื้นที่รอบข้างเพียงพอ เนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ 3 เฟส อาจมีการสั่นสะเทือน (Vibration) และเพื่อให้ผู้เรียนสามารถสังเกตแผนผังการต่อสาย (Wiring Diagram) ได้อย่างสะดวก
4. ควรมีการตรวจสอบสภาพสายไฟและจุดต่อ (Terminal) ของชุดฝึกอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดในการใช้งานระยะยาว

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาและพัฒนาชุดฝึกในลักษณะเดียวกันนี้กับรายวิชาอื่นๆ ในแผนกช่างไฟฟ้า เช่น วิชาการติดตั้งไฟฟ้าในอาคาร หรือวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เนื่องจากนักเรียนมีความต้องการให้มีการนำสื่อการสอนรูปแบบนี้ไปใช้ในวิชาอื่นๆ
2. ควรมีการศึกษานำระบบ IoT (Internet of Things) เข้ามาประยุกต์ใช้กับชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถฝึกทักษะการควบคุมและตรวจสอบการทำงานผ่านสมาร์ทโฟน หรือระบบเครือข่าย ซึ่งจะช่วยยกระดับทักษะให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0
3. ควรมีการพัฒนาแผนวงจรสำหรับจำลอง "จุดเสีย" หรืออาการผิดปกติของวงจรให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการไล่วงจรให้นักเรียนมีความเชี่ยวชาญก่อนไปปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ
4. ควรมีการติดตามประเมินผลนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยชุดฝึกนี้เมื่อเข้าสู่การฝึกงานในสถานประกอบการ เพื่อตรวจสอบว่าความมั่นใจและทักษะที่ได้รับจากชุดฝึกสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริงตามเป้าหมายของหลักสูตรอย่างยั่งยืนเพียงใด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

กิตานันท์ มลิทอง. (2559). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติศักดิ์ คงสีไพร. (2564). การพัฒนาชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อส่งเสริมทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ของนักศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. *วารสารครูศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 12(2), 102-111.

ชลธิชา บุญนัย. (2567). *การพัฒนาชุดสื่อการสอนจำลองระบบนิวเมติกส์เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายสิ่งของโดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 7-20.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2558). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 13). เทพเนรมิตการพิมพ์.

ทิตนา แคมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 21). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรันดร์ หอมดวง, มนตรี เรืองคล้าย, และ ปิยะพงษ์ แสงสุวรรณ. (2565). การพัฒนาชุดฝึกทักษะการวิเคราะห์ปัญหาข้อบกพร่องในวงจรไฟฟ้าเพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. *วารสารครูศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 10(2), 112-123.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning)*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ สถิตย์เลิศ, และ สันติชัย มีช้าง. (2564). การพัฒนาชุดฝึกทักษะการแก้ปัญหาข้อบกพร่องในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า. *วารสารวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 12(3), 88-99.

- วรงค์ สมาน. (2545). *การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อครู ในศตวรรษที่ 21*. มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- สมชาย ขวัญเกื้อ. (2565). *การพัฒนาชุดสื่อการสอนวิชางานขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้วิธีการสอนแบบย้อนกลับ*. *วารสารวิชาการและวิจัยอาชีวศึกษา*, 14(2), 60-72.
- สมชาย พรหมสุวรรณ. (2563). *การพัฒนาชุดฝึกเพื่อเสริมทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า*. *วารสารอาชีวศึกษา*, 12(1), 33-44.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2562). *การพัฒนาชุดฝึกทักษะอาชีพสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษา*. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 18(2), 45-56.
- สมนึก ภัทธีธรณี. (2560). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 11). ประสานการพิมพ์. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างไฟฟ้า*. กระทรวงศึกษาธิการ.
- สุรัช เทียนขาว. (2558). *การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *การพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอน*. โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.
- อิทธิพล อุ่นอุรา, ประจักษ์ อกนิทย์, และ ปรีชา มั่งคั่ง. (2566). *การพัฒนาชุดทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ผ่าน PLC และการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายในงานอุตสาหกรรม*. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 7(1), 45-56. (<- แก้ไขปี พ.ศ. จาก 2666 เป็น 2566)
- อภิชาติ เนาว์นนท์. (2567). *การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design) ร่วมกับชุดฝึกทักษะการติดตั้งไฟฟ้าเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะปฏิบัติ*. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน*, 12(1), 15-28.

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Simpson, E. J. (1972). *The classification of educational objectives in the psychomotor domain* (Vol. 5). Gryphon House.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by Design* (2nd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ (Backward Design)

	หน่วยการเรียนรู้	
	ชื่อวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Control) รหัสวิชา 20104-2009 จำนวนชั่วโมงสอน 7 ชั่วโมง : สัปดาห์	
	ท-ป-น 1-6-3	ระดับชั้น ปวช.3
หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนชั่วโมง
1	สัญลักษณ์ การออกแบบและเขียนแบบแผนภาพวงจรในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	7
2	การเลือกขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	7
3	อุปกรณ์ป้องกัน	7
4	อุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์	7
5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	14
6	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	14
7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	35
8	การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	21
9	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับ	7
	วัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้	7
	รวม	126

 โครงการจัดการเรียนรู้ ชื่อวิชา การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Control) รหัสวิชา 20104-2009 จำนวนชั่วโมงสอน 7 ชั่วโมง : สัปดาห์ ท-ป-น 1-6-3 ระดับชั้น ปวช.3					
สัปดาห์ที่	หน่วยที่	สาระการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
				ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	1	สัญลักษณ์ และการเขียนแบบ แผนภาพวงจรในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.2 ประเภทของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1.3 สัญลักษณ์ในงานควบคุมตามมาตรฐาน IEC DIN และ ANSI 1.4 การเขียนแบบแผนภาพวงจรใน งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	<u>ใบงานที่ 1</u> เขียน สัญลักษณ์ และแผนภาพ วงจรในงานควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า	1	6
2	2	การออกแบบวงจร และการเลือก ขนาดสายไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า 2.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้า 2.2 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 2.3 มาตรฐานสายไฟฟ้า 2.4 การเลือกขนาดของสายไฟฟ้าของ วงจรมอเตอร์ไฟฟ้า 2.5 การกำหนดขนาดของสายไฟฟ้า ของวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า	<u>ใบงานที่ 2</u> งาน คำนวณหาขนาด สายไฟฟ้าจากแผ่นป้าย ชื่อมอเตอร์	1	6
3	3	อุปกรณ์ป้องกัน 3.1 อุปกรณ์ป้องกันกระแสลัดวงจร และการลัดวงจรลงดิน 3.2 อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน	<u>ใบงานที่ 3</u> งานตรวจสอบ อุปกรณ์ป้องกัน	1	6

		3.3 การกำหนดขนาดของอุปกรณ์ ป้องกัน			
4	4	อุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทก เตอร์ 4.1 อุปกรณ์ควบคุม 4.2 แมกเนติกคอนแทกเตอร์	ใบงานที่ 4 งานตรวจสอบ อุปกรณ์ควบคุม	1	6
5	5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 5.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง การ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.3 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	ใบงานที่ 5 งานต่อวงจร เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	1	6
6	5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 5.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	ใบงานที่ 6 งานต่อวงจร ควบคุมความเร็วมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง	1	6
7	6	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 6.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส	ใบงานที่ 7 งานต่อวงจร เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส	1	6
8	6	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 6.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 1 เฟส 6.3 การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 6.4 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและ ทดสอบวงจรการกลับทิศทางการหมุน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	ใบงานที่ 8 งานต่อวงจร กลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	1	6

9	7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 9 งานต่อวงจร เริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	1	5
10	7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 10 งานต่อวงจร กลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยดรัมสวิตช์ และสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง	1	6
11	7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.3 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.4 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 11 งานต่อ วงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging	1	6
12	7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.5 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.6 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 12 งานต่อวงจร กลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop	1	6
13	7	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.7 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 7.8 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 13 งานต่อวงจร กลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging	1	6
14	8	การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	ใบงานที่ 14 งานต่อวงจร ลดกระแสขณะเริ่มเดิน	1	6

		8.1 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ท-เดลตา		
15	8	การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 8.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยหม้อแปลงแบบอัตโนมัติ 8.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยตัวต้านทาน 8.4 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยตัวต้านทาน	ใบงานที่ 15 งานต่อวงจรลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยหม้อแปลงแบบอัตโนมัติ และด้วยตัวต้านทาน	1	6
16	8	การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 8.5 การเริ่มเดินมอเตอร์ชนิดโรเตอร์แบบพันขดลวด 8.6 ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ชนิดโรเตอร์แบบพันขดลวด	ใบงานที่ 16 งานต่อวงจรลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ชนิดโรเตอร์แบบพันขดลวด	1	6
17	9	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับ 9.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ 9.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ	ใบงานที่ 17 งานต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ	1	6
18	9		ใบงานที่ 18 งานต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ		6
		ทดสอบปลายภาคเรียน		1	
		รวม		18	104
		รวมทั้งหมด		126	



แผนการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะอาชีพ
สู่การพัฒนากำลังคนสมรรถนะสูง
โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

รหัส 20104-2009 วิชา การควบคุมไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้า
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.) พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
สาขาวิชาช่างไฟฟ้า

จัดทำโดย
นายชัยยันต์ แห้วชิน

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

วิทยาลัยเทคนิคระยอง
สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออก
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 9	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบโรเตอร์กรงกระรอก แบบโรเตอร์พันขดลวด เป็นต้น มีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือส่วนที่อยู่กับที่ และจะแตกต่างกันเฉพาะส่วนที่เคลื่อนที่เท่านั้น การทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส อาศัยหลักการสนามแม่เหล็กหมุนโดยกระแสไฟฟ้า 3 เฟส ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ โดยการหมุนตัดผ่านกับขดลวดตัวนำในโรเตอร์ที่วางอยู่ใกล้กัน จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดตัวนำใน โรเตอร์ แต่ถ้าขดลวดตัวนำของโรเตอร์ถูกต่อให้ครบวงจรจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำ และเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ ผลรวมของเส้นแรงแม่เหล็กที่สเตเตอร์กับเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำที่โรเตอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นกับตัวนำทำให้โรเตอร์หมุนไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
2. ปฏิบัติต่อวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
3. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

- 1) จำแนกชนิดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- 2) ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- 3) อธิบายหลักการทำงานของวงจร DOL
- 4) บอกหน้าที่อุปกรณ์ในวงจรควบคุมได้
- 5) ต่อกวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ DOL ได้ถูกต้อง

ด้านทักษะ

- 1) เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
- 2) ต่อกวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยสวิตช์แบบ ON-OFF ได้
- 3) ต่อกวงจรเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์มอเตอร์ได้
- 4) ต่อกวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ DOL ได้ถูกต้อง

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

7. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
 - 7.1 ความรู้พื้นฐานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
 - 7.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
 - 7.1.2 มอเตอร์ซิงโครนัส
 - 7.1.3 การต่อวงจรขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส
8. ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3

เฟส

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม - ตอบ

ชั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 7 โดยการบรรยาย ถาม - ตอบ

ชั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 7.1 งานต่อวงจรเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ DOL
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 7.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL

ชั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 7.1 และสรุปผล

12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7
13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7
14. สรุปผลจากการศึกษาเนื้อหาสาระหน่วยที่ 7

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.1	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 11	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	สอนครั้งที่ 11
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถกำหนดทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ โดยกำหนดทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนได้ก็จะสามารถควบคุมทิศทางการหมุนได้ การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำได้โดยการสลับสายเฟสที่จ่ายไฟเข้ามอเตอร์คู่ใดคู่หนึ่ง ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้คงเดิม

การกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถทำได้หลายวิธี อุปกรณ์ที่นำมาใช้ต้องสามารถกลับสายเฟสคู่ใดคู่หนึ่งได้ อุปกรณ์ที่นิยมใช้กลับทิศทางการหมุน ได้แก่ ดรัม สวิตช์ สวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ เป็นต้น

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
2. ปฏิบัติต่อวงจรกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging ได้
3. ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. บอกวิธีการกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
2. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging ได้

ด้านทักษะ

1. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
2. ต่อวงจรกลับทิศทางการหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

7.3 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

7.3.1 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยดรัมสวิตช์

7.3.2 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง

7.3.3 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

1) แบบใช้สวิตช์เลือกปรับได้ 2 ทาง

2) แบบกลับทิศทางหมุนชั่วคราว

3) แบบกลับทิศทางหมุนทันทีทันใด

4) แบบกลับทิศทางหมุนหลังจากหยุด

5) การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

7.4 ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Jogging ได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม-ตอบ

ชั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 7 โดยการบรรยาย ถาม-ตอบ

ชั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 งานต้องวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ แบบ Jogging
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ชั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 7.3 และสรุปผล
12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7 และสรุปผลจากการศึกษาหน่วยที่ 7
การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.3	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตาม สภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 12	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	สอนครั้งที่ 12
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถควบคุมความเร็วได้ 2 วิธี คือ โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก และความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์

การเปลี่ยนแปลงขั้วแม่เหล็ก มี 2 แบบ คือแบบอนุกรม-เดลตา และแบบขนาน-สตาร์ การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส แบบ 2 ความเร็ว มี 2 วิธี คือการควบคุมแบบเลือกความเร็ว และการควบคุมให้หมุนเรียงตามลำดับความเร็ว

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์ โดยการใช้อินเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ ในการเริ่มเดินมอเตอร์ ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
2. ปฏิบัติต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop
3. ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. บอกวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
2. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop

ด้านทักษะ

1. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้
2. ต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิริยาที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

7.3 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

7.3.1 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยดรัมสวิตช์

7.3.2 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยสวิตช์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง

7.3.3 การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

1) แบบใช้สวิตช์เลือกปรับได้ 2 ทาง

2) แบบกลับทิศทางหมุนชั่วคราว

3) แบบกลับทิศทางหมุนทันทีทันใด

4) แบบกลับทิศทางหมุนหลังจากหยุด

5) การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

7.4 ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้า

กระแสสลับ 3 เฟส แบบ Reversing After Stop

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม-ตอบ

ชั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 7 โดยการบรรยาย ถาม-ตอบ

ชั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 งานต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ แบบ Reversing After Stop
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ชั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 7.3 และสรุปผล
12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7 และสรุปผลจากการศึกษาหน่วยที่ 7

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.3	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 13	หน่วยที่ 7
	ชื่อหน่วยที่ 7 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	สอนครั้งที่ 13
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การหยุดหมุนหรือการเบรกมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อต้องการให้หยุดหลังจากตัดกระแสไฟฟ้าออกจากตัวมอเตอร์แล้ว โรเตอร์จะยังไม่หยุดหมุนทันที ซึ่งงานบางอย่างต้องมีการหยุดหมุนมอเตอร์หรือเบรกโรเตอร์ให้หยุดทันที การหยุดหมุนมอเตอร์มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ได้แก่ การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบปลั๊กกิ้ง การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบไดนามิก และ การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าทางกล

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
2. ปฏิบัติต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging ได้
3. ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. บอกวิธีการหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
2. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging ได้

ด้านทักษะ

1. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสได้
2. ต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

7.5 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

7.5.1 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบปลั๊กกิ้ง

7.5.2 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบไดนามิก

7.5.3 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบทางกล

7.6 ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบ Plugging ได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม-ตอบ

ชั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 7 โดยการบรรยาย ถาม-ตอบ

ชั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 งานต่อวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ แบบ Plugging
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 7.3 การควบคุมทิศทางของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

ชั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 7.3 และสรุปผล
12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7
13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7 และสรุปผลจากการศึกษาเนื้อหาหน่วยที่ 7

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 7.3	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 14	หน่วยที่ 8
	ชื่อหน่วยที่ 8 การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟส	สอนครั้งที่ 14-16
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

การเริ่มต้นโดยตรงกับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีกระแสเริ่มต้นสูงมาก ดังนั้นมอเตอร์ขนาดใหญ่ต้องใช้วิธีการเริ่มต้นมอเตอร์โดยวิธีการลดแรงดัน ซึ่งเป็นการลดกระแสในขณะเริ่มต้นมอเตอร์ไม่ให้สูงจนเป็นอันตราย

การเริ่มต้นมอเตอร์โดยวิธีการลดแรงดันไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา เป็นการลดแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มต้นมีค่าลดลงเหลือเพียง 1.3-2.6 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่พิกัด การเริ่มต้นมอเตอร์ แบบสตาร์-เดลตา มีวิธีการควบคุมด้วยมือ และวิธีการควบคุมอัตโนมัติ หลักการในขณะเริ่มต้นมอเตอร์จะต่อขดลวดภายในมอเตอร์เป็นแบบสตาร์ หลัจากมอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 75% ของความเร็วพิกัดจะต้องวงจรขดลวดให้เป็นแบบเดลตา

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา
2. ปฏิบัติต่อวงจรลดกระแสขณะเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลตา
3. ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรลดกระแสขณะเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลตา

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. บอกวิธีการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาได้
2. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรลดกระแสขณะเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลตา

ด้านทักษะ

1. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. ต่อวงจรลดกระแสขณะเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลตาได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิริยาที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

8. การลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

8.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา

8.1.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา โดยวิธีการควบคุมด้วยมือ

1. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ด้วยตัวรีเลย์
2. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ด้วยตัวรีเลย์ 3 ขั้ว สับ 2 ทาง
3. การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

8.1.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตาโดยวิธีการควบคุมอัตโนมัติ

1. วิธีการควบคุมอัตโนมัติใช้รีเลย์ตั้งเวลาแบบมีหน้าสัมผัสปกติปิดันเดียว
2. วิธีการควบคุมอัตโนมัติใช้รีเลย์ตั้งเวลาแบบมีหน้าสัมผัสโยกได้ 2 ทาง

9 ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลตา

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม-ตอบ

ชั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 8 โดยการบรรยาย ถาม-ตอบ

ชั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 8.1 งานต่อวงจรลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ แบบสตาร์-เดลตา
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 8.1 การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลต้า

ชั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 8.1 และสรุปผล
12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8
13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

14. สรุปผลจากการศึกษาเนื้อหาสาระหน่วยที่ 8

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 8.1	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 8, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

	แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะที่ 17	หน่วยที่ 9
	ชื่อหน่วยที่ 9 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับ	สอนครั้งที่ 17
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สาระสำคัญ

การควบคุมแบบเรียงลำดับเป็นการควบคุมมอเตอร์หลายๆ เครื่องให้ทำงานร่วมกัน ในลักษณะที่ต้องให้มอเตอร์เครื่องแรกทำงานก่อน แล้วอีกมอเตอร์อีกเครื่องหนึ่งทำงานภายหลัง

เมื่อต้องการหยุดการทำงานสามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองตัวได้พร้อมกัน และเมื่อมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานเกินกำลังมอเตอร์จะหยุดพร้อมกันทั้งสองตัว โดยอาศัยการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ที่ควบคุมให้มอเตอร์เครื่องแรกทำงานก่อน แล้วสั่งการให้มอเตอร์เครื่องที่ 2 ทำงานภายหลัง วงจรควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการทำงานเป็นตัวกำหนดวิธีการควบคุม สามารถแบ่งประเภทของการควบคุมออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ เป็นการใช้คนควบคุมกระบวนการทำงานให้เรียงลำดับการทำงานด้วยมือตามเงื่อนไขที่ต้องการ
2. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ เป็นการควบคุมโดยใช้สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ ตามลักษณะงานที่กำหนดควบคุมให้มอเตอร์ไฟฟ้าเรียงลำดับต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ
3. ขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ
3. ปฏิบัติต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ
4. แสดงขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือได้
2. อธิบายวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติได้
3. ออกแบบขั้นตอนของการบำรุงรักษาและทดสอบวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

ด้านทักษะ

1. เลือกใช้อุปกรณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. ต่อดวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ความมีระเบียบ วินัย ในการทำงาน ตรงต่อเวลา มีความละเอียดรอบคอบ ความปลอดภัย
2. ความรับผิดชอบในการทำงาน รักษาความสะอาด
3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. ใช้วัสดุ เครื่องมือ พลังงานไฟฟ้าในการเรียนถูกต้อง เหมาะสมกับงาน มีความประหยัด
5. ความพึงพอใจในผลงานที่ทำ มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน

สาระการเรียนรู้

9. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับ
 - 9.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือ
 - 9.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับอัตโนมัติ

กิจกรรมการเรียนรู้

เตรียมความพร้อม

1. ตรวจสอบรายชื่อ ขานชื่อนักเรียน และการแต่งกาย
2. อบรมคุณธรรม จริยธรรม
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะ และการวัดผลและประเมินผลประจำหน่วย

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)

4. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 9
5. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการถาม-ตอบ

ขั้นเรียนรู้ (Information)

6. ครูสอนเนื้อหาสาระหน่วยที่ 9 โดยการบรรยาย ถาม-ตอบ

ขั้นพยายาม (Application)

7. นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9
8. ครูอธิบายการปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานที่ 9.1 งานต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับด้วยมือได้
9. ให้นักเรียนปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงานที่ 9.1

ขั้นสำเร็จ (Progress)

10. ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9
11. ครูประเมินผลตามแบบประเมินผลปฏิบัติงานที่ 9.1 และสรุปผล
12. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

13. ครูเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9 และสรุปผลจากการศึกษาเนื้อหาหน่วยที่ 9

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)		การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
ก่อนเรียน	1. สมุดบันทึกเวลาเรียน	ตรวจสอบการเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา
	2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 9	(นำเปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
ขณะเรียน	3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9	เกณฑ์ผ่าน 50%
หลังเรียน	4. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9	เกณฑ์ผ่าน 50%
	5. แบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานที่ 9.1	เกณฑ์ผ่าน 50%
	6. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หน่วยที่ 9, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ในห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต www.google.com

ภาคผนวก ข
ใบงานการทดลอง

	ใบงานการทดลองที่ 1	หน่วยที่ 7
	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line)	สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 14

สมรรถนะประจำใบงานการทดลอง

แสดงความรู้เกี่ยวกับการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

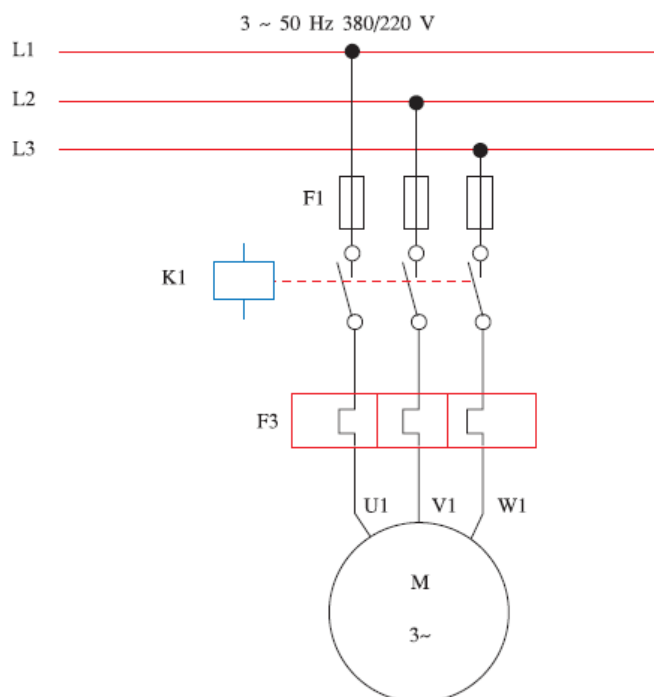
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจร DOL ได้
2. บอกหน้าที่อุปกรณ์ในวงจรควบคุมได้
3. ต่อยังวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ DOL ได้ถูกต้อง
4. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
2. มัลติมิเตอร์
3. มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน



รูปที่ 1.1 วงจรกำลัง

16. จบการทดลอง

ข้อเสนอแนะ หากมอเตอร์ไม่หมุนหรือมีเสียงครางเกิดขึ้น ในขั้นตอนที่ 11 ควรหยุดการทำงานของวงจรแล้วให้นักเรียนตรวจสอบวงจรกำลัง เนื่องจากเป็นมอเตอร์ 3 เฟส อาจเกิดจากการที่แรงดันไฟฟ้าไม่ครบเฟสก็เป็นไปได้

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความเห็นของผู้ตรวจสอบวงจร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบงานการทดลองที่ 2	หน่วยที่ 7
	การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	สอนครั้งที่ 11-13
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 28

สมรรถนะประจำใบงานการทดลอง

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่ วงจรกลับทิศทางหมุนชั่วคราว (Jogging) วงจรกลับการหมุนทันที (Direct Reversing) วงจรกลับทิศทางหมุนแบบกดยุดก่อน (Reversing After Stop) และวงจรกลับทิศทางหมุนอัตโนมัติ ได้ถูกต้อง
2. อธิบายการทำงานของวงจรกลับทิศทางหมุนแบบต่างๆ ได้ถูกต้อง
3. สามารถอธิบายหลักการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส ได้
4. ต่ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เดินหน้า-ถอยหลัง ได้ถูกต้อง
5. วิเคราะห์การทำงานของ Magnetic Contactor ได้
6. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

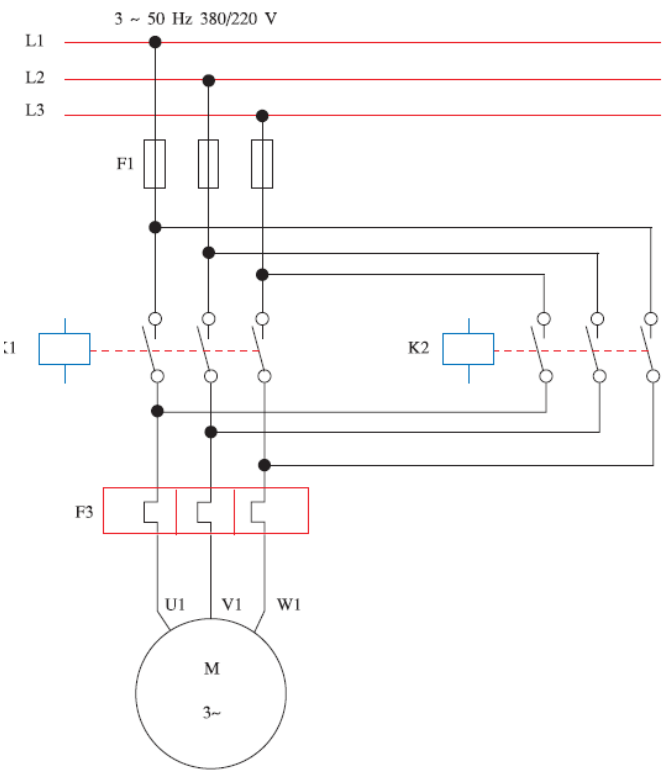
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
2. มัลติมิเตอร์
3. มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. สายต่อวงจร

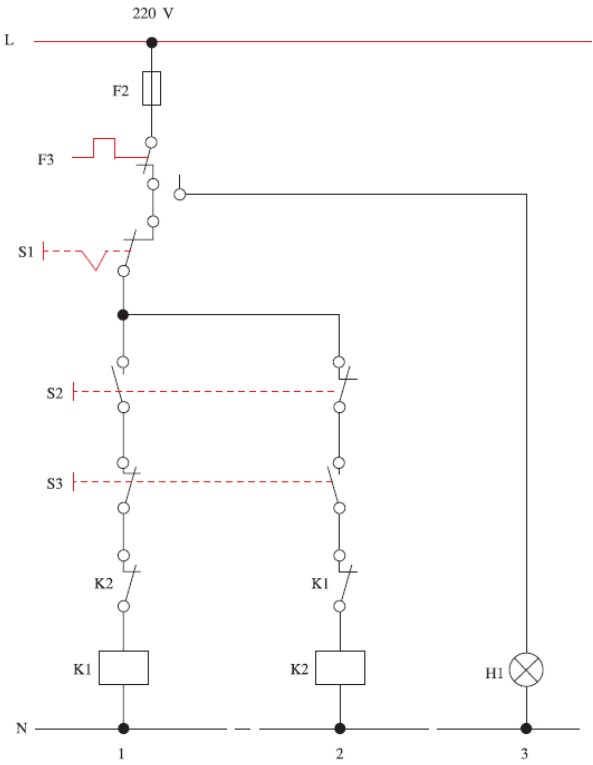
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. ต่ วงจรควบคุมดังรูปที่ 2.2
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
3. ต่ วงจรกำลังดังรูปที่ 2.1 ร่วมกับวงจรควบคุม
4. กดสวิตช์ S2 แล้วปล่อยมือ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดสวิตช์ S3 แล้วปล่อยมือ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ใบงานการทดลองที่ 2.1 วงจรกลับทิศทางหมุนชั่วขณะ (Jogging)

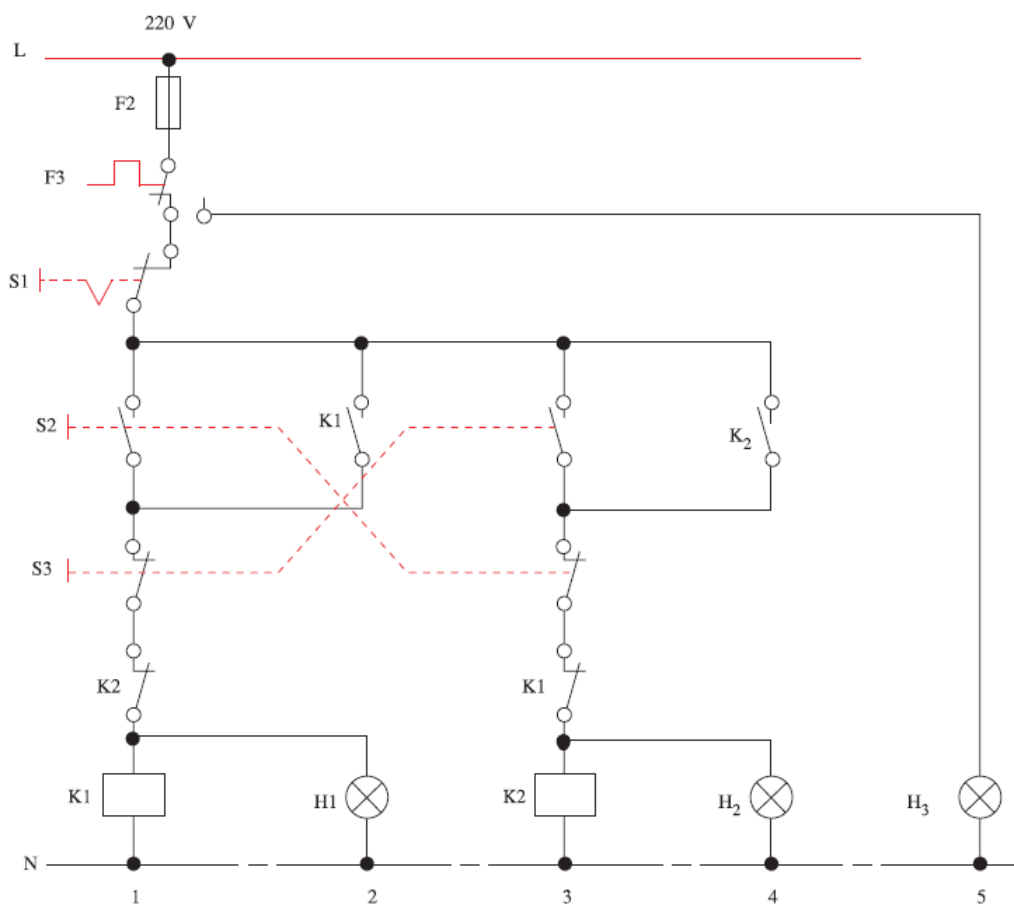


รูปที่ 2.1 วงจรกำลัง (Jogging)



รูปที่ 2.2 วงจรควบคุม (Jogging)

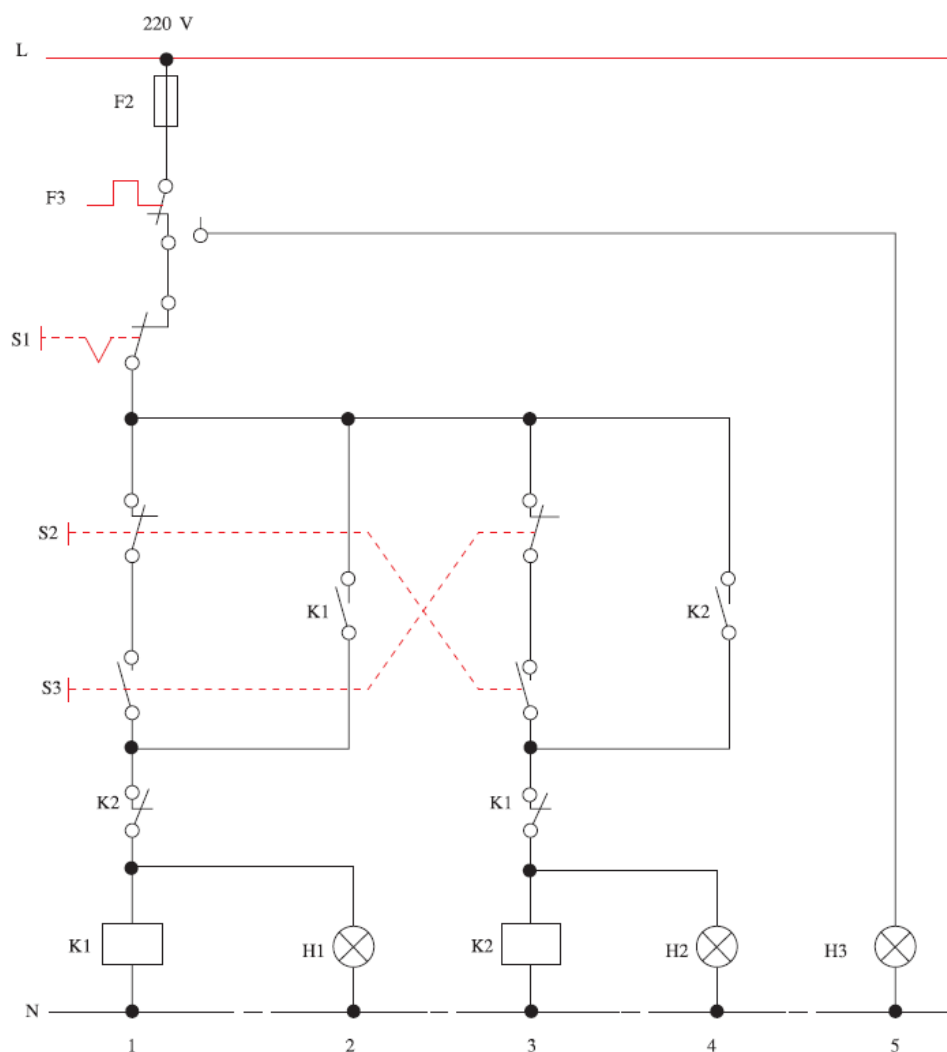
ใบงานการทดลองที่ 2.2 วงจรกลับทิศทางหมุนชั่วคราว (Direct Reversing)



รูปที่ 2.3 วงจรควบคุม (Direct Reversing)

1. ต่่วงจรควบคุมดังรูปที่ 2.3
2. ทดสอบการทำงานของวงจรถวลคุม
3. ต่่วงจรกำล้งดังรูปที่ 2.1 (วงจรถวลกลับทลศทงหม่นชั่วคราว Jogging)
4. กดสवलต์ช์ S2 ส้งเกตทลศทงการหม่นของมอเตอรค์
5. กดสवलต์ช์ S3 ส้งเกตทลศทงการหม่นของมอเตอรค์
6. เม่อต้งการหยุดมอเตอรค์ กดสवलต์ช์ S1

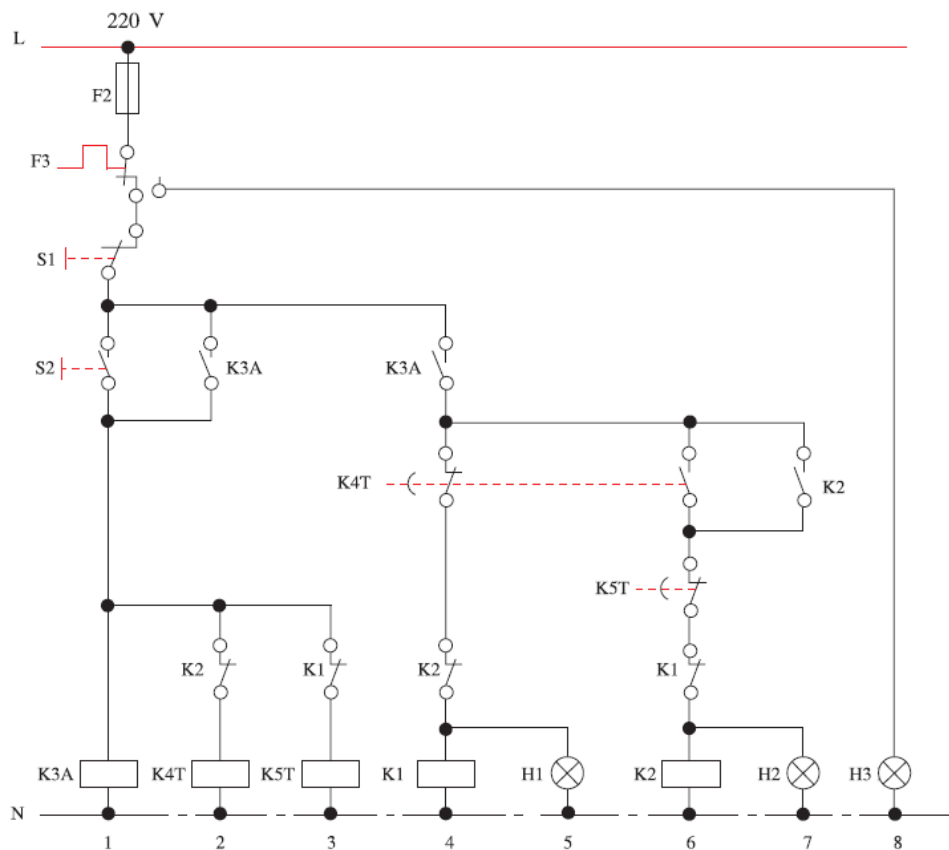
ใบงานการทดลองที่ 2.3 วงจรกลับทิศทางหมุนแบบกดยุดก่อน (Reversing After Stop)



รูปที่ 2.4 วงจรควบคุม Reversing After Stop

1. ต่อวงจรควบคุมดังรูปที่ 2.4
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
3. ต่อวงจรกำลังดังรูปที่ 2.1
4. กดสวิตช์ S2 สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
6. กดสวิตช์ S3 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
7. เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ กดสวิตช์ S1

ใบงานการทดลองที่ 2.4 วงจรกลับทิศทางหมุนอัตโนมัติ



รูปที่ 2.5 วงจรกลับทิศทางหมุนอัตโนมัติ

1. ต่อดังวงจรควบคุมดังรูปที่ 2.5
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม โดยปรับตั้งเวลาที่ K4T และ K5T ตามที่ต้องการ
3. ต่อดังวงจรกำลังดังรูปที่ 2.1
4. กดสวิตช์ S2 สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา
5. เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ กดสวิตช์ S1

สรุปผลการปฏิบัติงาน

[illegible]

ความเห็นของผู้ตรวจสอบวงจร

[illegible]

	ใบงานการทดลองที่ 3	หน่วยที่ 8
	การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ท – เดลต้า	สอนครั้งที่ 13-16
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 14

สมรรถนะประจำใบงานการทดลอง

แสดงความรู้เกี่ยวกับการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตาควบคุมด้วยมือและควบคุมอัตโนมัติจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อย่างจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา ควบคุมด้วยมือ และควบคุมอัตโนมัติได้
2. อธิบายการทำงานของวงจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา ได้ถูกต้อง
3. อธิบายหลักการสตาร์ทแบบสตาร์ท-เดลต้าได้
4. บอกข้อดีของการลดกระแสขณะสตาร์ทได้
5. ต่อย่างจรสตาร์ท-เดลต้าได้ถูกต้อง
6. วิเคราะห์ลำดับการทำงานของวงจรได้

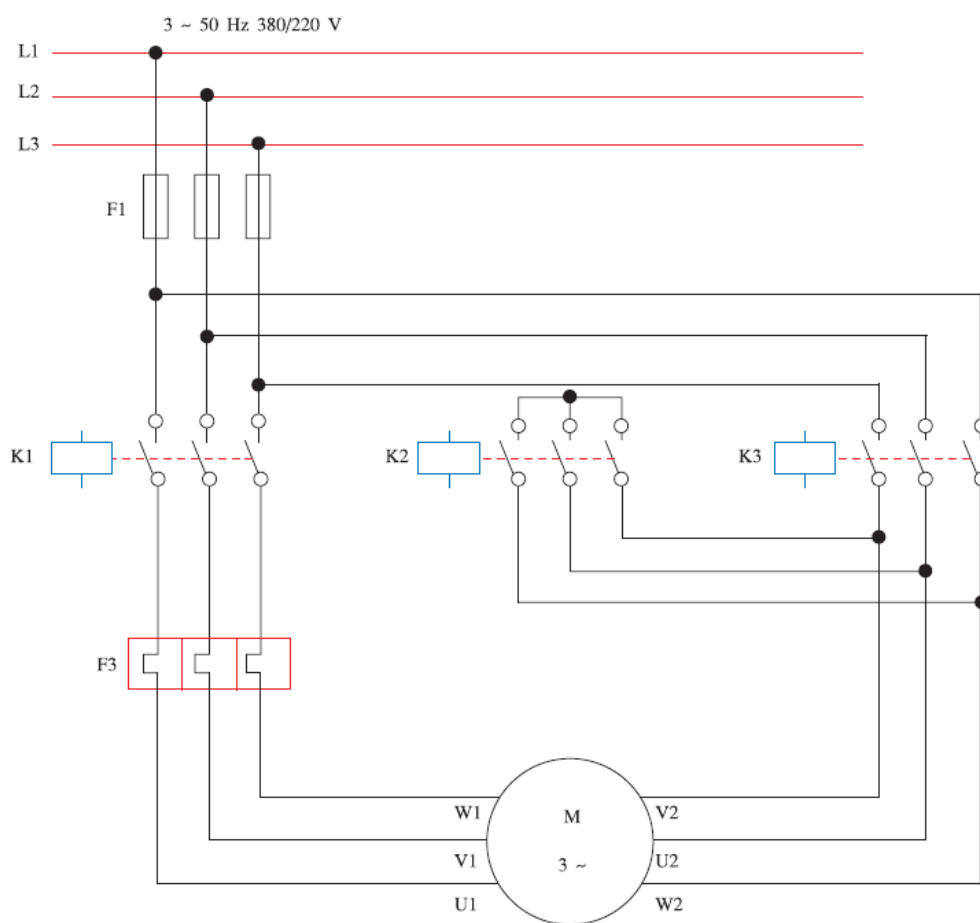
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส โดยวิธีการสอนย้อนกลับ
2. มัลติมิเตอร์
3. มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. แมกเนติกคอนแทกเตอร์
5. สายต่อวงจร
6. โอเวอร์โวลต์รีเลย์

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

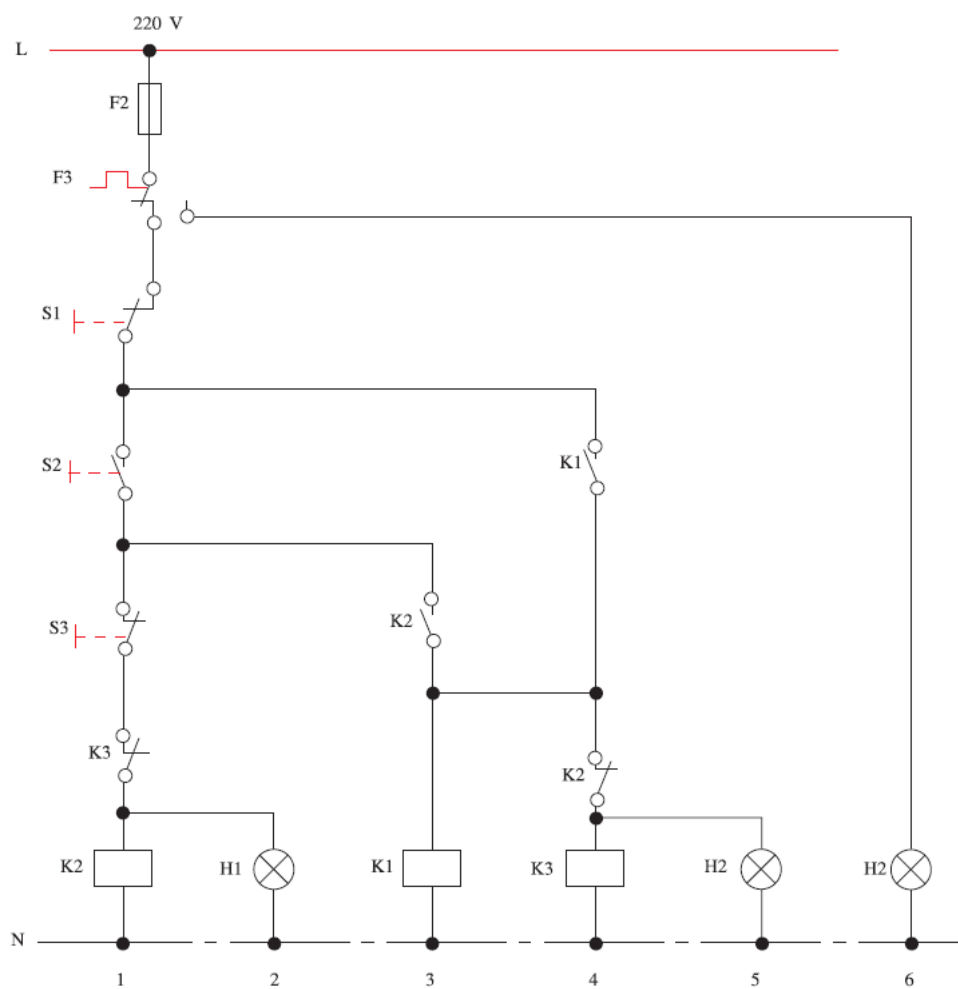
1. ต่อย่างจรควบคุมดังรูปที่ 3.2
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
3. ต่อย่างจรกิจังดังรูปที่ 3.1
4. กดสวิตช์ S2 หลังจากนั้นรอสประมาณ 5-10 วินาที ให้กดสวิตช์ S3
5. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
6. ทดลองซ้ำอีกครั้ง

วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา

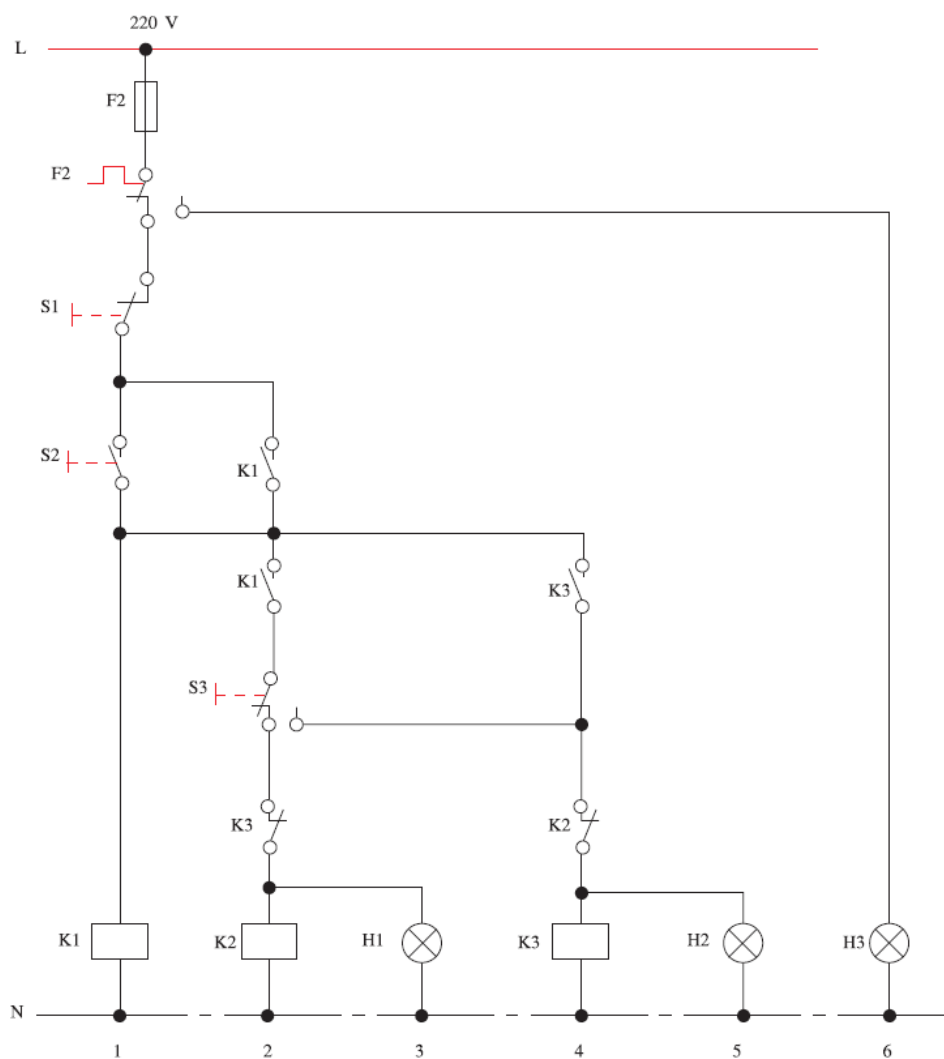


รูปที่ 3.1 วงจรกำลัง

ใบงานที่ 3.1 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา ควบคุมด้วยมือ



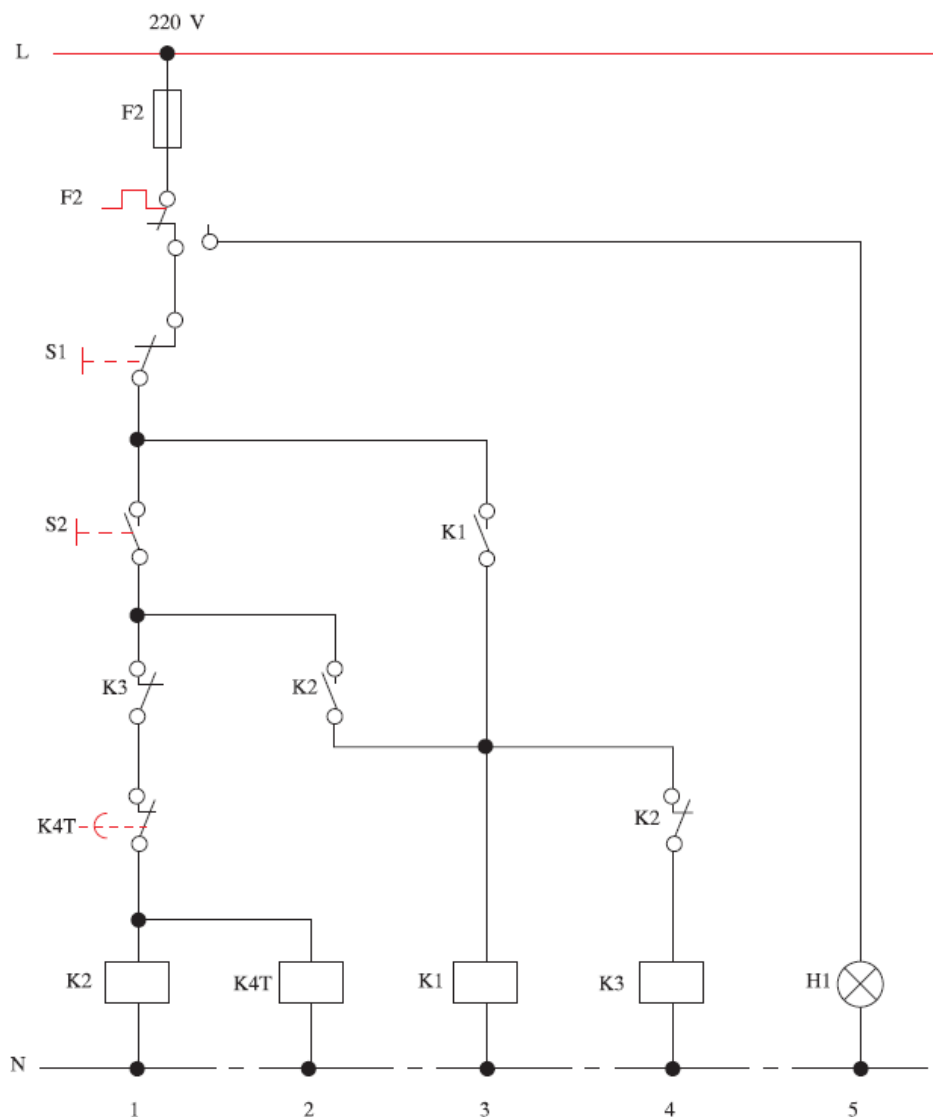
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมด้วยมือ



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมด้วยมือ

7. ต่อวงจรควบคุมให้เป็นอย่างรูปที่ 3.3 พร้อมทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
8. ต่อวงจรกำลังดังรูปที่ 3.1 ร่วมกับวงจรควบคุม
9. กดสวิตช์ S2 หลังจากนั้นรอประมาณ 5-10 วินาที ให้กดสวิตช์ S3 สังเกตการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์
10. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
11. ทดลองซ้ำอีกครั้ง

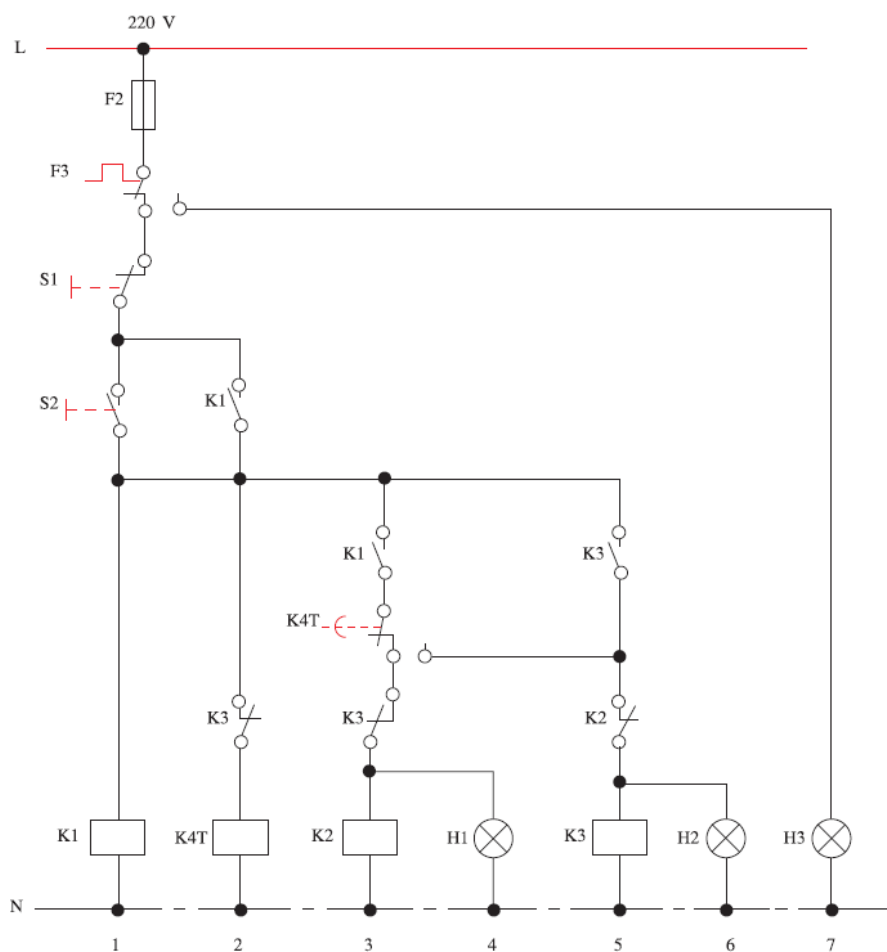
ใบงานที่ 3.2 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา ควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมอัตโนมัติ

1. ต่อวงจรควบคุมดังรูปที่ 3.4
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม โดยปรับตั้งเวลา K4T 5-10 วินาที
3. ต่อวงจรกำลังดังรูปที่ 3.1 ร่วมกับวงจรควบคุม
4. กดสวิตช์ S2 สังเกตการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ และการหมุนของมอเตอร์
5. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
6. ทดลองซ้ำอีกครั้ง

7. ต่อวงจรควบคุมให้เป็นดังรูปที่ 3.5
8. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม โดยปรับตั้งเวลา K4T ที่เวลา 5-10 วินาที



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมอัตโนมัติ

9. ต่อวงจรกำลังดังรูปที่ 3.1 ร่วมกับวงจรควบคุม
10. กดสวิตช์ S2 สังเกตการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์และการหมุนของมอเตอร์
11. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
12. ทดลองซ้ำอีกครั้ง

สรุปผลการปฏิบัติงาน

.....

.....

.....

.....

.....

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of multiple sets of three horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no other markings or text present.

.....

.....

	ใบงานการทดลองที่ 4	หน่วยที่ 9
	การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ	สอนครั้งที่ 17
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

สมรรถนะประจำใบงานการทดลอง

แสดงความรู้เกี่ยวกับการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตาควบคุมด้วยมือและควบคุมอัตโนมัติจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อย่างจรงการเริ่มเดินมอเตอร์ แบบทำงานเรียงลำดับมอเตอร์จำนวน 2 ตัว และมอเตอร์จำนวน 3 ตัว ได้ถูกต้อง
2. อธิบายการทำงาน ของวงจรแบบทำงานเรียงลำดับได้ถูกต้อง
3. อธิบายหลักการสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับได้
4. ต่อย่างจรงควบคุมแบบลำดับขั้นได้
5. วิเคราะห์ลำดับการทำงานของวงจรได้
6. ปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย

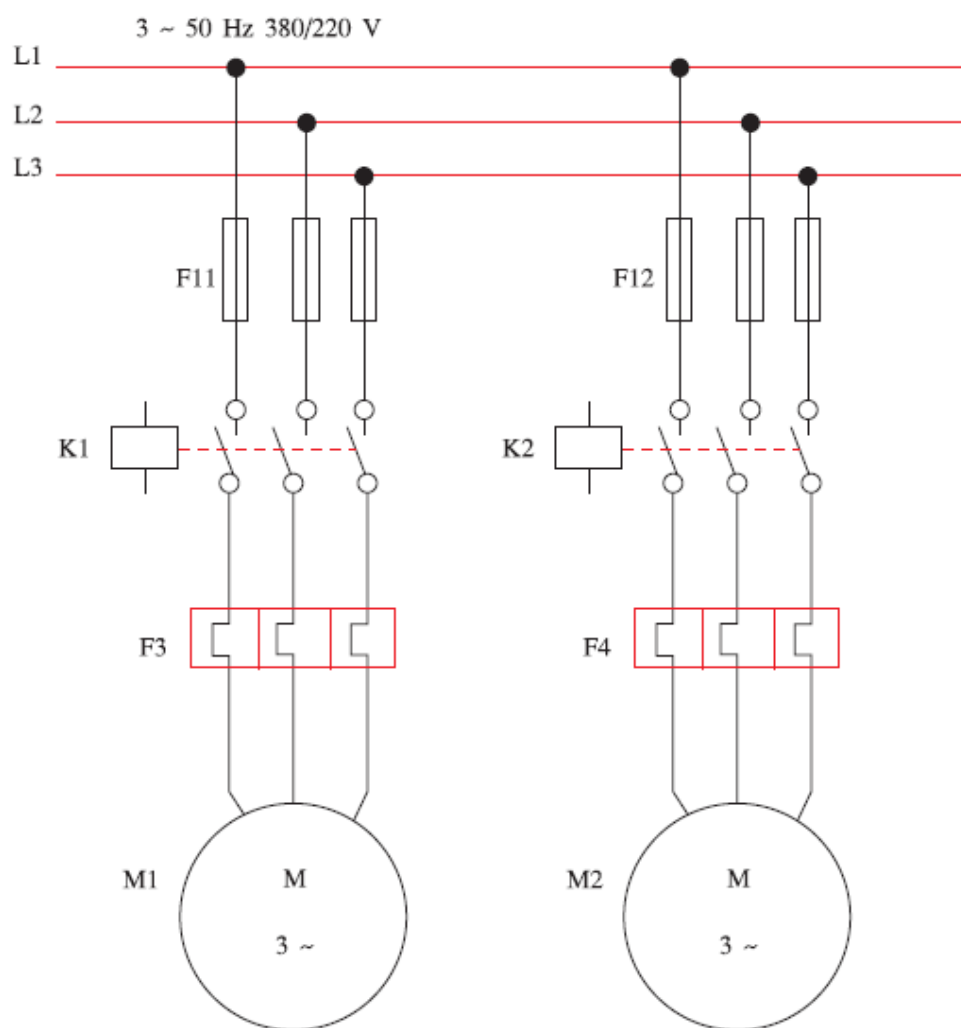
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
2. มัลติมิเตอร์
3. มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส
4. สายต่อวงจร

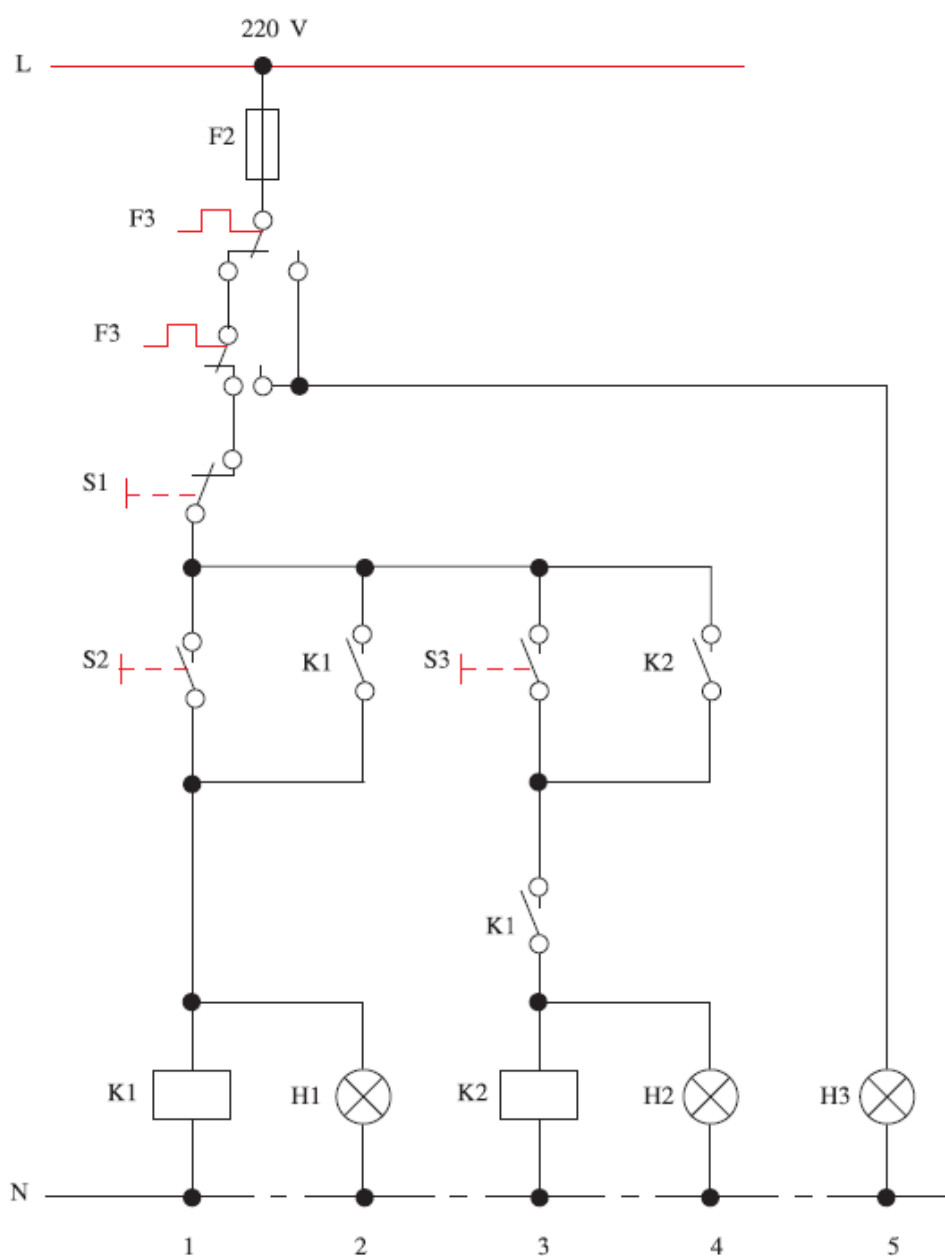
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. ต่อย่างจรงควบคุมดังรูปที่ 4.2
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
3. ต่อย่างจรงกำลังดังรูปที่ 4.1 ร่วมกับวงจรควบคุม
4. กดสวิตช์ S2 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M1
5. กดสวิตช์ S3 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M2
6. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
7. ทดลองซ้ำอีกครั้ง

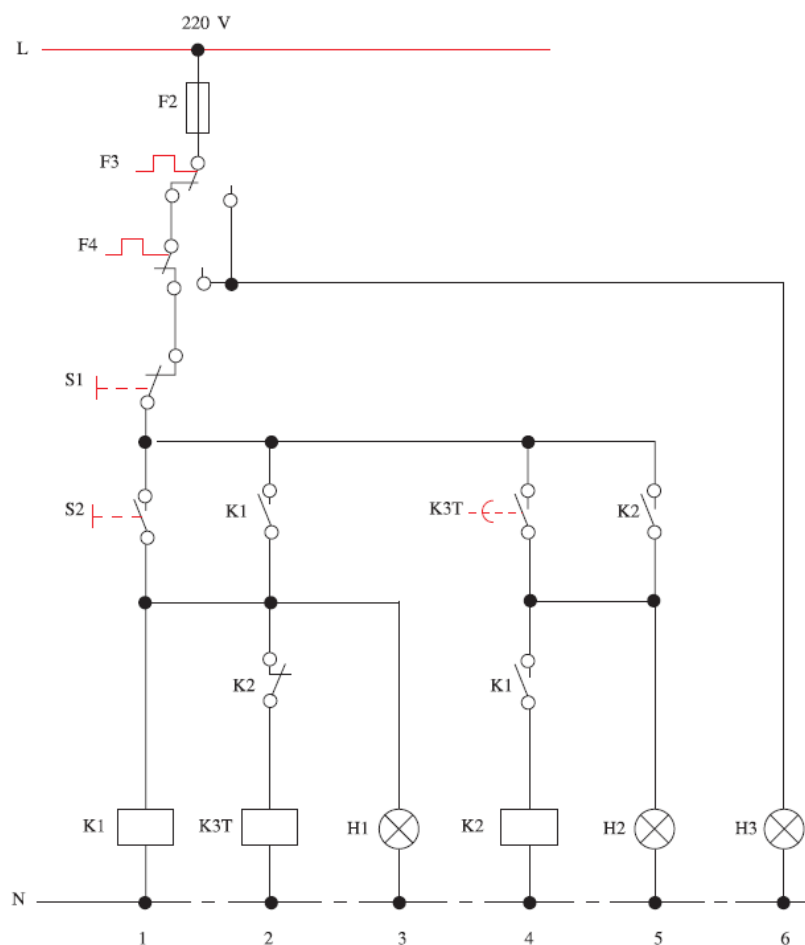
ใบงานที่ 4.1 การทำงานแบบเรียงลำดับ มอเตอร์ 2 ตัว



รูปที่ 4.1 วงจรกำลัง มอเตอร์ 2 ตัว



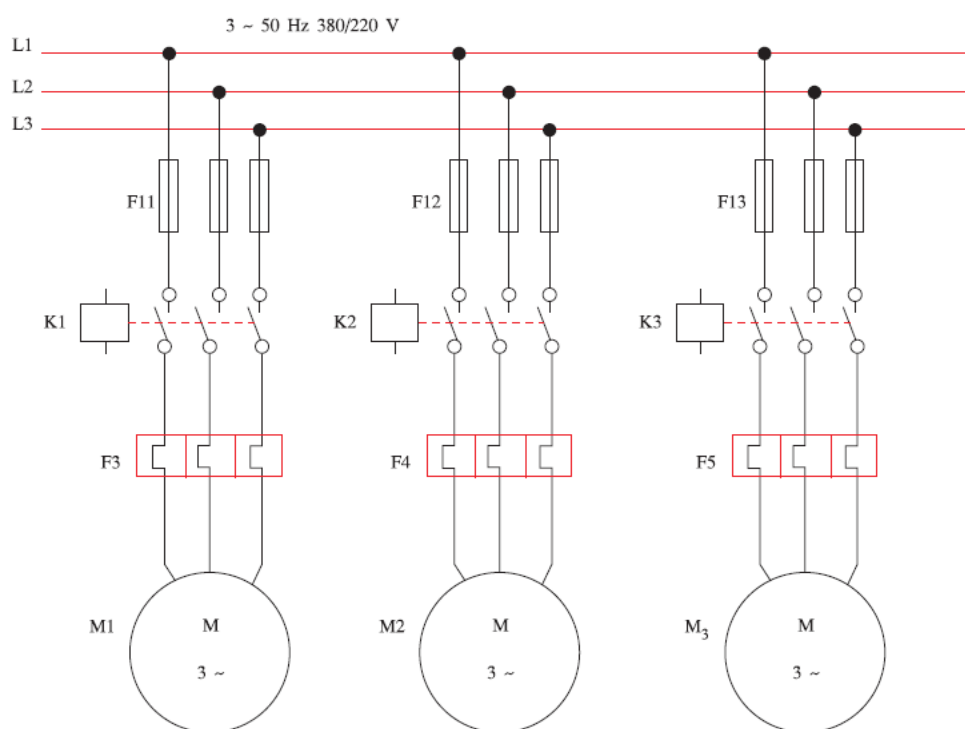
รูปที่ 4.2 วงจรควบคุม ทำงานเรียงลำดับแบบต่อเนื่อง



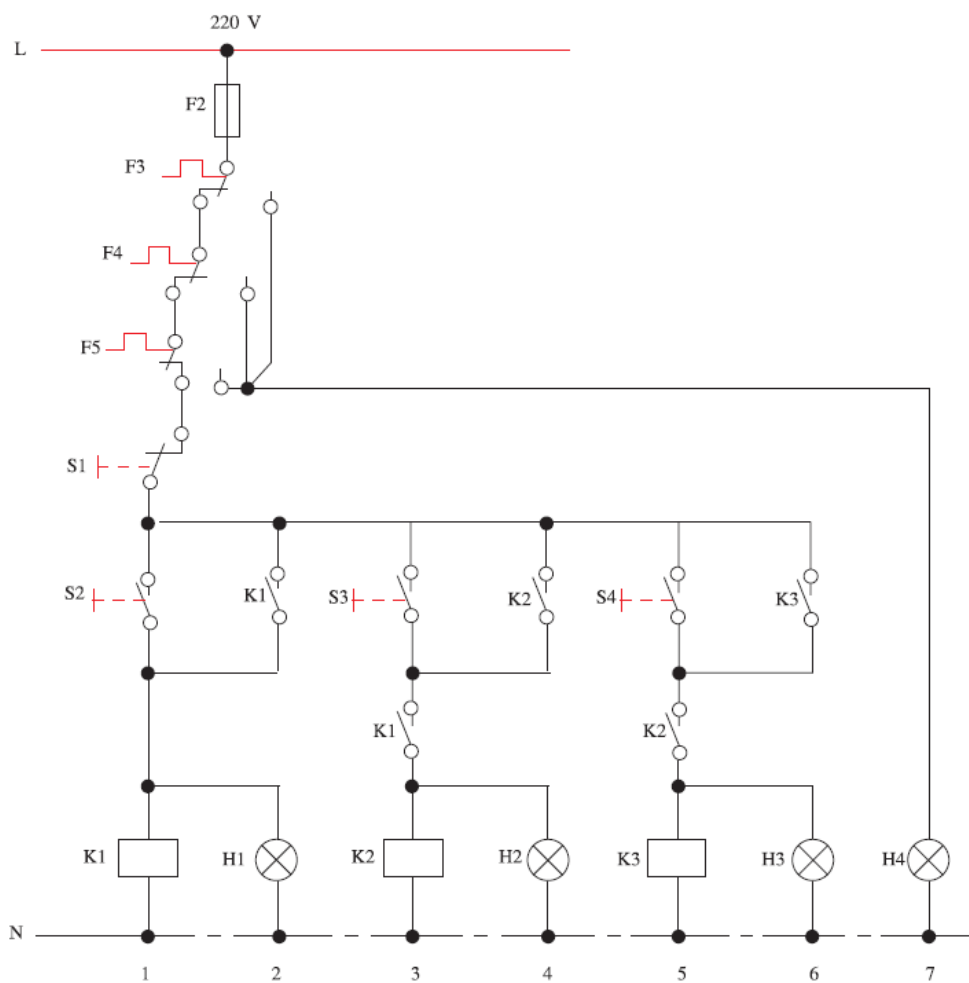
รูปที่ 4.3 วงจรควบคุม ทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ

8. ต่อวงจรควบคุมให้เป็นอย่างรูปที่ 4.3 ส่วนวงจรกำลังยังคงไว้เหมือนเดิม ดังรูปที่ 4.1
9. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม โดยปรับตั้งเวลา K3T ที่เวลา 15 วินาที (สามารถตั้งเวลาได้ตามที่นักเรียนต้องการ)
10. กดสวิตช์ S2 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M1 และมอเตอร์ M2 เมื่อเวลาครบที่กำหนด 15 วินาที
11. กดสวิตช์ S1 รอจนกระทั่งมอเตอร์หยุดหมุน
12. ทดสอบซ้ำอีกครั้ง

ใบงานที่ 4.2 แบบทำงานเรียงลำดับ มอเตอร์จำนวน 3 ตัว



รูปที่ 4.4 วงจรกำลัง มอเตอร์ 3 ตัว



รูปที่ 4.5 วงจรควบคุม มอเตอร์ 3 ตัว ทำงานเรียงลำดับแบบต่อเนื่อง

1. ต่อวงจรควบคุมดังรูปที่ 4.5
2. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุม
3. ต่อวงจรกำลังดังรูปที่ 4.4
4. กดสวิตช์ S2 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M1
5. กดสวิตช์ S3 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M2
6. กดสวิตช์ S4 สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ M3
7. เมื่อต้องการหยุดการทำงาน ให้กดสวิตช์ S1

สรุปผลการปฏิบัติงาน

[illegible]

ความเห็นของผู้ตรวจสอบวงจร

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

	ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร	หน่วยที่ 9
	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line)	สอนครั้งที่ 9-10
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 14

วิชา: การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (20104-2009)

ชื่อผู้ตรวจสอบ: ชื่อผู้ปฏิบัติงาน:.....

ส่วนที่ 1: การตรวจสอบความปลอดภัยพื้นฐาน

(ต้องผ่านทุกข้อก่อนเริ่มตรวจวงจรเฉพาะ)

- ☐ สายไฟทุกเส้นถูกขันเข้ากับเทอร์มินอลอย่างแน่นหนา ไม่หลวม
- ☐ ไม่มีทองแดงเปลือยโผล่ออกมาเสี่ยงต่อการลัดวงจร
- ☐ การจัดเรียงสายไฟเป็นระเบียบ แยกสีสายไฟวงจรกำลังและวงจรควบคุมชัดเจน

ส่วนที่ 2: การตรวจสอบเฉพาะใบงาน (เลือกใช้ตามใบงานที่ปฏิบัติ)

ใบงานที่ 1: การควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส แบบ DOL (Direct On Line)

รายการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
A. วงจรกำลัง (Power Circuit)			
1. สายเมน L1, L2, L3 ต่อผ่านฟิวส์/เบรกเกอร์ (F1) ถูกต้อง			
2. สายจาก F1 ต่อเข้าหน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์ (K1) ถูกต้อง			
3. สายจาก K1 ต่อผ่านโอเวอร์โหลดรีเลย์ (F3) ถูกต้อง			
4. สายจาก F3 ต่อเข้ามอเตอร์ (U1, V1, W1) ถูกต้องและแน่นหนา			
B. วงจรควบคุม (Control Circuit)			
1. ต่อสายผ่านหน้าสัมผัส NC (95-96) ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ (F3) ถูกต้อง			
2. ต่อสายผ่านสวิตช์ Stop (S1) แบบ NC อนุกรมในวงจรถูกต้อง			
3. สวิตช์ Start (S2) แบบ NO ต่ออนุกรมกับคอยล์ของ K1 ถูกต้อง			
4. ต่อหน้าสัมผัสช่วย NO ของ K1 ขนานกับสวิตช์ Start (S2) เพื่อล็อกวงจร (Holding) ถูกต้อง			
5. หลอดสัญญาณ H1 (Run) และ H2 (Overload Trip) ต่อถูกต้อง			

ส่วนที่ 3: การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดและการประเมินผล

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน (Ohm) วัด L1-L2, L2-L3, L1-L3 ไม่มีค่าความต้านทานต่ำผิดปกติ (ลัดวงจร) ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
2. วัดสายเฟสเทียบกับกราวด์ ไม่มีไฟรั่วลงโครงสร้างแผงฝัก ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

สรุปผลการตรวจสอบจากผู้ตรวจ:

- ☐ ผ่านและปลอดภัย - อนุมัติให้แจ้งครูผู้สอนเพื่อขออนุญาตจ่ายแรงดันไฟฟ้า 380V/220V ได้
- ☐ ไม่ผ่าน - พบข้อบกพร่อง ต้องทำการแก้ไขตามหมายเหตุด้านบน

ลงชื่อผู้ตรวจสอบ: วันที่:/...../.....

ลงชื่อเจ้าของวงจร: (รับทราบและพร้อมทดสอบ/แก้ไข)

ลงชื่อครูผู้สอน: (อนุมัติการจ่ายไฟ)

	ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร	หน่วยที่ 7
	การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 11-13
	3 เฟส	ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 28

วิชา: การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (20104-2009)

ชื่อผู้ตรวจสอบ: ชื่อผู้ปฏิบัติงาน:.....

ส่วนที่ 1: การตรวจสอบความปลอดภัยพื้นฐาน (มาตรฐานบังคับทุกใบงาน)

(ต้องผ่านทุกข้อก่อนเริ่มตรวจวงจรเฉพาะ)

- [] สายไฟทุกเส้นถูกขันเข้ากับเทอร์มินอลอย่างแน่นหนา ไม่หลวม
- [] ไม่มีทองแดงเปลือยโผล่ออกมาเสี่ยงต่อการลัดวงจร
- [] การจัดเรียงสายไฟเป็นระเบียบ แยกสีสายไฟวงจรกำลังและวงจรควบคุมชัดเจน

ส่วนที่ 2: การตรวจสอบเฉพาะใบงาน (เลือกใช้ตามใบงานที่ปฏิบัติ)

ใบงานที่ 2: การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (Forward/Reverse)

รายการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
A. วงจรกำลัง (Power Circuit)			
1. คอนแทกเตอร์ K1 (Forward) ต่อสาย L1, L2, L3 เรียงลำดับถูกต้อง			
2. คอนแทกเตอร์ K2 (Reverse) มีการสลับสายเฟสคู่ใดคู่หนึ่ง (เช่น L1 กับ L3) ขนานกับ K1 อย่างถูกต้อง			
3. สายออกจาก K1 และ K2 จ่ายผ่านโอเวอร์โวลต์รีเลย์ (F3) เข้ามอเตอร์ถูกต้อง			
4. ไม่มีจุดเสี่ยงลัดวงจรระหว่างการคร่อมสายของ K1 และ K2			
B. วงจรควบคุม (Control Circuit)			
1. (สำคัญมาก) การต่อ Interlock ทางไฟฟ้า: คอยล์ K1 ต้องต่ออนุกรมผ่านหน้าสัมผัส NC ของ K2			
2. (สำคัญมาก) การต่อ Interlock ทางไฟฟ้า: คอยล์ K2 ต้องต่ออนุกรมผ่านหน้าสัมผัส NC ของ K1			
3. หน้าสัมผัสช่วย Holding (NO) ของ K1 และ K2 ต่อคร่อมสวิตช์ Start (S2, S3) ถูกต้อง			
4. วงจรปุ่มกด Stop (S1) สามารถตัดการทำงานของทั้ง K1 และ K2 ได้ทั้งหมด			

ส่วนที่ 3: การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดและการประเมินผล

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน (Ohm) วัด L1-L2, L2-L3, L1-L3 ไม่มีค่าความต้านทานต่ำผิดปกติ (ลัดวงจร) ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
2. วัดสายเฟสเทียบกับกราวด์ ไม่มีไฟรั่วลงโครงสร้างแผงฝัก ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

สรุปผลการตรวจสอบจากผู้ตรวจ:

- ☐ ผ่านและปลอดภัย - อนุมัติให้แจ้งครูผู้สอนเพื่อขออนุญาตจ่ายแรงดันไฟฟ้า 380V/220V ได้
- ☐ ไม่ผ่าน - พบข้อบกพร่อง ต้องทำการแก้ไขตามหมายเหตุด้านบน

ลงชื่อผู้ตรวจสอบ: วันที่:/...../.....

ลงชื่อเจ้าของวงจร: (รับทราบและพร้อมทดสอบ/แก้ไข)

ลงชื่อครูผู้สอน: (อนุมัติการจ่ายไฟ)

	ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร	หน่วยที่ 9
	การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลต้า	สอนครั้งที่ 14-16
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 14

วิชา: การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (20104-2009)

ชื่อผู้ตรวจสอบ: ชื่อผู้ปฏิบัติงาน:.....

ส่วนที่ 1: การตรวจสอบความปลอดภัยพื้นฐาน (มาตรฐานบังคับทุกใบงาน)

(ต้องผ่านทุกข้อก่อนเริ่มตรวจวงจรเฉพาะ)

- [] สายไฟทุกเส้นถูกขันเข้ากับเทอร์มินอลอย่างแน่นหนา ไม่หลวม
- [] ไม่มีทองแดงเปลือยโผล่ออกมาเสี่ยงต่อการลัดวงจร
- [] การจัดเรียงสายไฟเป็นระเบียบ แยกสีสายไฟวงจรกำลังและวงจรควบคุมชัดเจน

ส่วนที่ 2: การตรวจสอบเฉพาะใบงาน (เลือกใช้ตามใบงานที่ปฏิบัติ)

ใบงานที่ 3: การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ – เดลต้า (Star-Delta Starter)

รายการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
A. วงจรกำลัง (Power Circuit)			
1. มอเตอร์ปลดบาร์ทองแดงออก และมีสายต่อออกมาครบ 6 เส้น (U1, V1, W1, U2, V2, W2)			
2. คอนแทกเตอร์เมน (K1) จ่ายไฟ L1, L2, L3 เข้า U1, V1, W1 ถูกต้อง			
3. คอนแทกเตอร์ Star (K3) มีการชอร์ตฝั่งปลาย (U2, V2, W2) รวมกันถูกต้อง			
4. คอนแทกเตอร์ Delta (K2) ต่อสลับเฟสเข้าปลายขดลวด (U1-W2, V1-U2, W1-V2) ถูกต้อง			
B. วงจรควบคุม (Control Circuit)			
1. รีเลย์ตั้งเวลา (Timer - K4T) ตั้งค่าเวลาไว้เหมาะสม (เช่น 5-10 วินาที)			
2. (สำคัญมาก) คอยล์ K2 (Delta) และ K3 (Star) ต่อผ่านหน้าสัมผัส NC ของกันและกัน (Interlock ป้องกันการทำงานพร้อมกัน)			
3. หน้าสัมผัสของ Timer สับตัด K3 (Star) และต่อ K2 (Delta) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดอย่างถูกต้อง			

ส่วนที่ 3: การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดและการประเมินผล

3. ตั้งมัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน (Ohm) วัด L1-L2, L2-L3, L1-L3 ไม่มีค่าความต้านทานต่ำผิดปกติ (ลัดวงจร) ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
4. วัดสายเฟสเทียบกับกราวด์ ไม่มีไฟรั่วลงโครงสร้างแผงฝัก ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

สรุปผลการตรวจสอบจากผู้ตรวจ:

- ☐ ผ่านและปลอดภัย - อนุมัติให้แจ้งครูผู้สอนเพื่อขออนุญาตจ่ายแรงดันไฟฟ้า 380V/220V ได้
- ☐ ไม่ผ่าน - พบข้อบกพร่อง ต้องทำการแก้ไขตามหมายเหตุด้านบน

ลงชื่อผู้ตรวจสอบ: วันที่:/...../.....

ลงชื่อเจ้าของวงจร: (รับทราบและพร้อมทดสอบ/แก้ไข)

ลงชื่อครูผู้สอน: (อนุมัติการจ่ายไฟ)

	ใบงานผู้ตรวจสอบวงจร	หน่วยที่ 9
	การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ	สอนครั้งที่ 17
		ชั่วโมงรวม 126
		จำนวนชั่วโมง 7

วิชา: การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (20104-2009)

ชื่อผู้ตรวจสอบ: ชื่อผู้ปฏิบัติงาน:.....

ส่วนที่ 1: การตรวจสอบความปลอดภัยพื้นฐาน (มาตรฐานบังคับทุกใบงาน)

(ต้องผ่านทุกข้อก่อนเริ่มตรวจวงจรเฉพาะ)

- [] สายไฟทุกเส้นถูกขันเข้ากับเทอร์มินอลอย่างแน่นหนา ไม่หลวม
- [] ไม่มีทองแดงเปลือยโผล่ออกมาเสี่ยงต่อการลัดวงจร
- [] การจัดเรียงสายไฟเป็นระเบียบ แยกสีสายไฟวงจรกำลังและวงจรควบคุมชัดเจน

ส่วนที่ 2: การตรวจสอบเฉพาะใบงาน (เลือกใช้ตามใบงานที่ปฏิบัติ)

ใบงานที่ 4: การสตาร์ทมอเตอร์แบบเรียงลำดับ (Sequential Start)

รายการตรวจสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
A. วงจรกำลัง (Power Circuit)			
1. แยกการจ่ายไฟให้มอเตอร์ M1 ผ่าน K1 และโอเวอร์โวลต์รีเลย์ (F3) ถูกต้อง			
2. แยกการจ่ายไฟให้มอเตอร์ M2 ผ่าน K2 และโอเวอร์โวลต์รีเลย์ (F4) ถูกต้อง			
3. ขั้วต่อสายหลักสามารถรับโหลดของมอเตอร์หลายตัวพร้อมกันได้แน่นหนา			
B. วงจรควบคุม (Control Circuit)			
1. การทำงานเรียงลำดับ: คอยล์ K2 (มอเตอร์ตัวที่ 2) รับไฟผ่านหน้าสัมผัส NO ของ K1 (มอเตอร์ 2 จะไม่ทำงานถ้ามอเตอร์ 1 ยังไม่ติด)			
2. การควบคุมอัตโนมัติ (ถ้ามี): Timer ต่อขนานกับ K1 และหน้าสัมผัส NO ของ Timer สั่งงาน K2 ถูกต้อง			
3. โอเวอร์โวลต์รีเลย์ (F3, F4) ต่ออนุกรมกัน หากตัวใดตัวหนึ่งทริปมอเตอร์ทั้งหมดต้องหยุดทำงาน (ตามเงื่อนไขการออกแบบ)			

ส่วนที่ 3: การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดและการประเมินผล

5. ตั้งมัลติมิเตอร์ย่านวัดความต้านทาน (Ohm) วัด L1-L2, L2-L3, L1-L3 ไม่มีค่าความต้านทานต่ำผิดปกติ (ลัดวงจร) ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
6. วัดสายเฟสเทียบกับกราวด์ ไม่มีไฟรั่วลงโครงสร้างแผงฝัก ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

สรุปผลการตรวจสอบจากผู้ตรวจ:

- ☐ ผ่านและปลอดภัย - อนุมัติให้แจ้งครูผู้สอนเพื่อขออนุญาตจ่ายแรงดันไฟฟ้า 380V/220V ได้
- ☐ ไม่ผ่าน - พบข้อบกพร่อง ต้องทำการแก้ไขตามหมายเหตุด้านบน

ลงชื่อผู้ตรวจสอบ: วันที่:/...../.....

ลงชื่อเจ้าของวงจร: (รับทราบและพร้อมทดสอบ/แก้ไข)

ลงชื่อครูผู้สอน: (อนุมัติการจ่ายไฟ)

ภาคผนวก ค
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่องการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

รหัสวิชา 20104-2009

วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

แผนกวิชาช่างไฟฟ้า

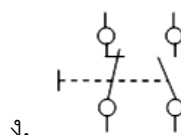
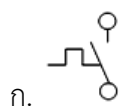
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

คำชี้แจง 1. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

เวลา 1 ชั่วโมง

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. สัญลักษณ์ของสวิตช์ปุ่มกดคือข้อใด



2. เทอร์มอลโอเวอร์โวลต์รีเลย์ทำงานโดยอาศัยหลักการของอะไร

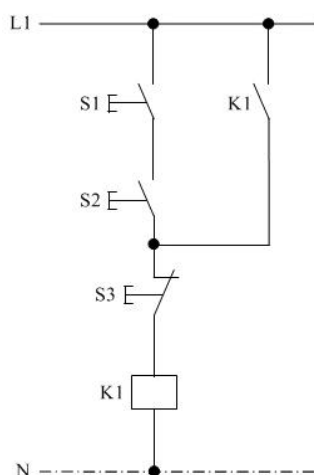
ก. สนามแม่เหล็ก

ข. แรงดันอากาศ

ค. ความร้อน

ง. แรงลม

3. จากวงจรที่กำหนดให้ ข้อความใดกล่าวถูกต้อง



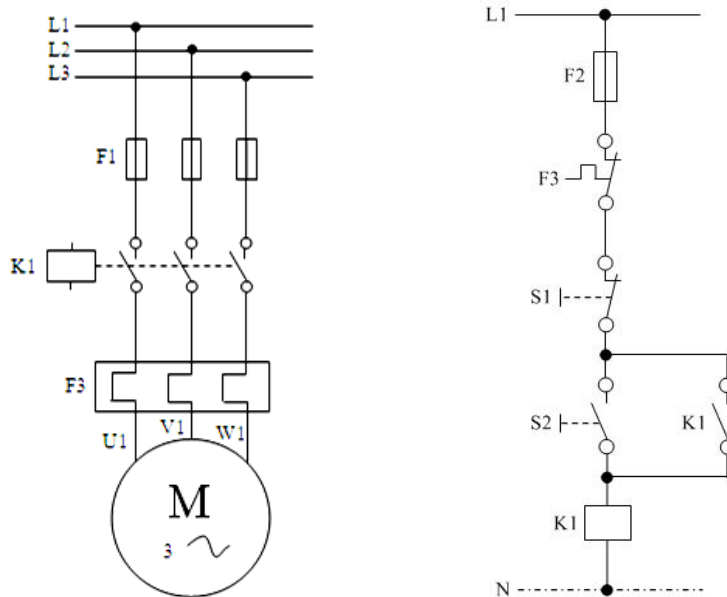
ก. คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน เมื่อกด S1 หรือ S2 ตัวใดตัวหนึ่งตลอดเวลา

ข. คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน เมื่อกดและปล่อย S1 หรือ S2 ตัวใดตัวหนึ่ง

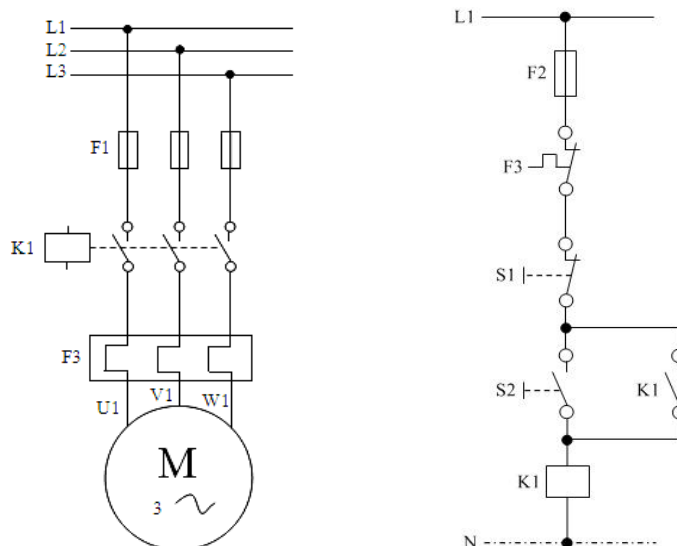
ค. คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน เมื่อกดและปล่อย S1 และ S2 พร้อมกัน

ง. คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน เมื่อกด S1 และ S3 ตลอดเวลา

4. จากวงจรที่กำหนดให้เมื่อกดแล้วปล่อยมือจาก S2 มอเตอร์จะหยุดหมุน เพราะเหตุใด

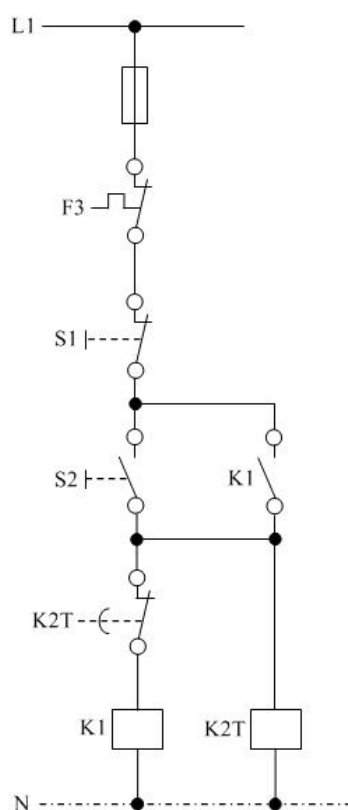


- ก. ลืมต่อหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ขนาดที่ S1
 ข. ลืมต่อหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ขนาดที่ S2
 ค. ลืมต่อหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์อนุกรมที่ S1
 ง. ลืมต่อหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์อนุกรมที่ S2
5. จากวงจรถ้าเปลี่ยน K1 แบบปกติเปิดที่ขนาดเท่ากับ S2 เป็นแบบปกติปิดจะเกิดอะไรขึ้นกับวงจร



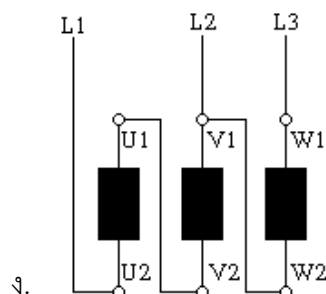
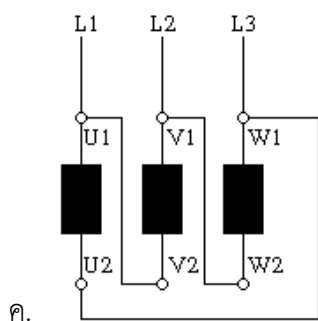
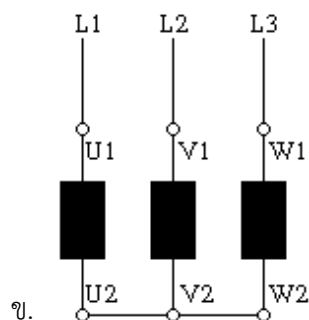
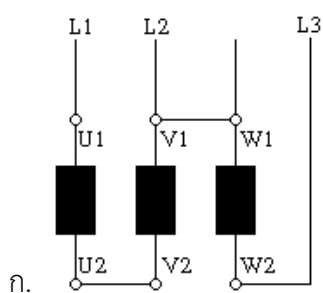
- ก. เมื่อกด S1 วงจรจะไม่หยุดทำงาน
 ข. หน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์จะลั่น
 ค. เมื่อกด S2 แล้วปล่อย วงจรจะทำงานปกติ
 ง. วงจรทำงานปกติได้เลยโดยไม่ต้องกดสวิตช์

6. รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay) มีหลักการทำงานคล้ายกับอุปกรณ์ชนิดใด
 - ก. ฟิวส์
 - ข. สวิตช์ปุ่มกด
 - ค. แมกเนติกคอนแทกเตอร์
 - ง. เทอร์มอลโอเวอร์โหลดรีเลย์
7. รีเลย์ช่วยต่างจากแมกเนติกคอนแทกเตอร์อย่างไร
 - ก. แมกเนติกคอนแทกเตอร์มีหน้าสัมผัสมากกว่า
 - ข. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทนกระแสได้น้อยกว่า
 - ค. รีเลย์ช่วยหน้าสัมผัสทนกระแสได้น้อยกว่า
 - ง. ถูกทั้ง ข้อ ก. และ ค.
8. จากวงจรที่กำหนดให้ถ้ารีเลย์ตั้งเวลาหน่วงเวลาไว้ 5 วินาที ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

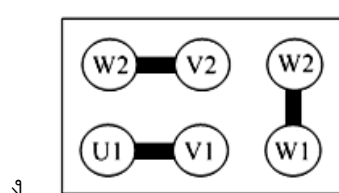
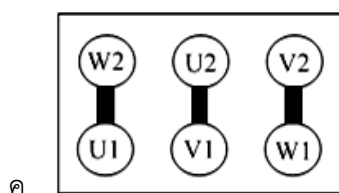
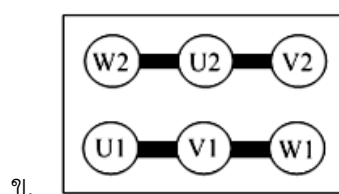
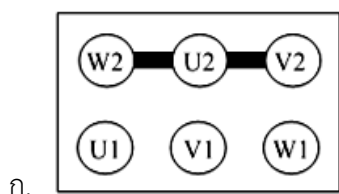


- ก. หลังจากกด S2 แล้ว 5 วินาที คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน
- ข. เมื่อกด S2 เป็นเวลา 5 วินาทีแล้ว คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงาน
- ค. เมื่อกด S2 คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงานและจะหยุดทำงานทันทีเมื่อปล่อย S2
- ง. เมื่อกด S2 คอนแทกเตอร์ K1 จะทำงานทันที และอีก 5 วินาทีต่อมาจะหยุดทำงาน

9. ไดอะแกรมที่แสดงถึงการต่อขดลวดมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์คือข้อใด



10. การต่อขั้วมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเดลตาที่ถูกต้องคือข้อใด



11. ถ้าแผ่นป้ายของมอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งเขียนไว้ว่า 220/380 V (พิกัดแรงดันขดลวดเท่ากับ 220 V) และ ต้องการ นำไปต่อกับไฟ 3 เฟส 380 V จะต่อขดลวดของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบใด

- ก. แบบสตาร์
- ข. แบบเดลตา
- ค. แบบโอเพนเดลตา
- ง. เริ่มเดินแบบสตาร์รันแบบเดลตา

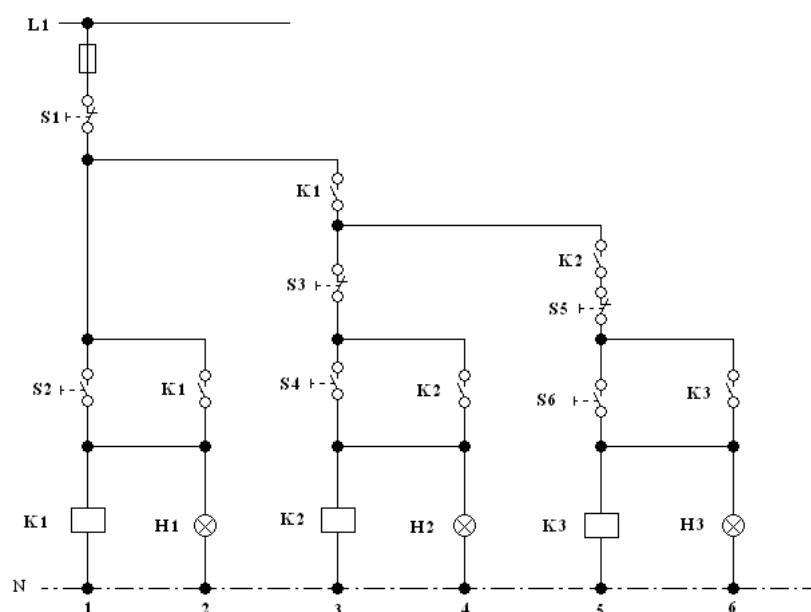
12. ถ้าแผ่นป้ายของมอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งเขียนไว้ว่า 380/660 V (พิกัดแรงดันขดลวดเท่ากับ 380 โวลต์) และต้องการนำไปต่อกับไฟ 3 เฟส 380 V ความถี่ 50 Hz จะต้องขดลวดของมอเตอร์แบบใด

- ก. แบบสตาร์
- ข. แบบเดลตา
- ค. แบบโอเพนเดลตา
- ง. เริ่มเดินแบบสตาร์รับแบบเดลตา

13. ข้อใดคือข้อดีของการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าแบบสตาร์-เดลตา

- ก. ลดแรงดันขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า
- ข. ลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้า
- ค. อุปกรณ์ประกอบวงจรมีน้อย
- ง. มีราคาถูก

จากวงจรให้ตอบคำถามข้อ 14-21



14. เมื่อกดสวิตช์ S2 ทำให้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ตัวใดทำงาน

- ก. K1
- ข. K2
- ค. K3
- ง. H1

15. ในแถวที่ 5 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ K3 สามารถหยุดการทำงานได้โดยกดสวิตช์ตัวใดบ้าง

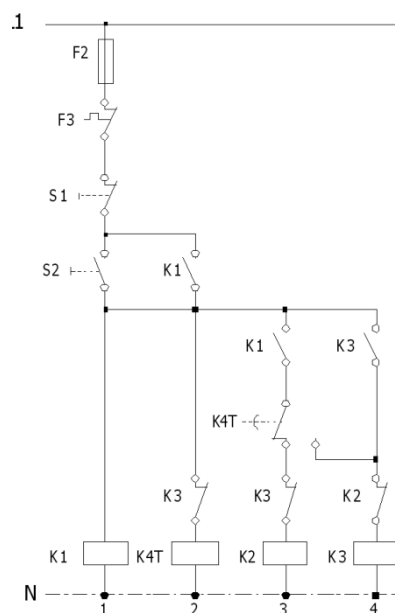
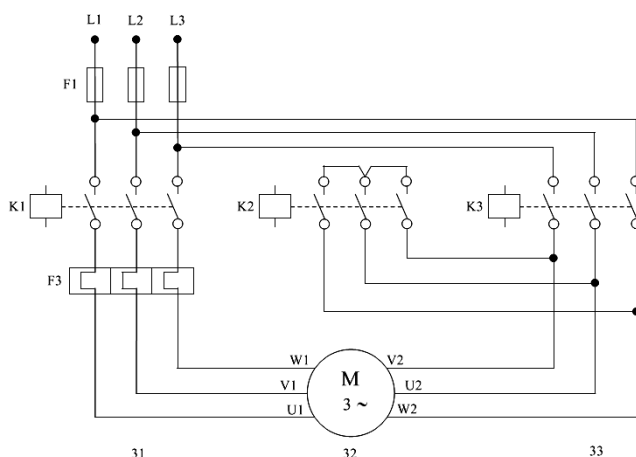
- ก. S, S2 และ S3
- ข. S2, S3 และ S4
- ค. S3, S4 และ S5
- ง. S5, S3 และ S1

16. ในแถวที่ 3 คอนแทกเตอร์ K2 จะสามารถทำงานได้ต้องกดสวิตช์ตัวใด

- ก. S4 และ S3
- ข. S3 และ S2
- ค. S2 และ S4
- ง. S1 และ S4

17. คอนแทกเตอร์ K2 สามารถทำงานได้โดยผ่านสวิตช์ตัวใด
 - ก. S1
 - ข. S2
 - ค. S3
 - ง. S4
18. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ตัวใดในแถวที่ 3 สามารถล็อกตัวเองด้วยหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของ K2
 - ก. K1
 - ข. K2
 - ค. K3
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก. และข้อ ข.
19. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1 ทำงานแล้วล็อกตัวเองด้วยหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ตัวใด
 - ก. K3
 - ข. K2
 - ค. K1
 - ง. H1
20. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ตัวใดในแถวที่ 3 สามารถทำงานได้โดยต้องกดสวิตช์ตัวใด
 - ก. K1 โดยกด S3
 - ข. K2 โดยกด S3
 - ค. K2 โดยกด S4
 - ง. K3 โดยกด S4
21. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ K3 ทำงานแล้วล็อกตัวเองได้ด้วยหน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของอุปกรณ์ตัวใด
 - ก. K3
 - ข. K2
 - ค. K1
 - ง. K3 และ K2
22. การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ 3 เฟส จะกระทำได้อย่างไร
 - ก. สลับขั้วที่แหล่งจ่ายไฟ
 - ข. สลับสายเมนทั้งหมดที่มีอยู่
 - ค. ต่อสายเมนเพียงสองเส้น อีกเส้นหนึ่งถอดออก
 - ง. สลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่ง ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้คงเดิม
23. วงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์มีแมกเนติกคอนแทกเตอร์ 2 ตัว ซึ่งจะทำงานพร้อมกันไม่ได้เพราะเหตุใด
 - ก. จะเกิดการลัดวงจรที่สายเฟสกับสายเฟส
 - ข. เพราะจะทำให้วงจรมีกระแสไหลสูง
 - ค. เพราะจะทำให้มอเตอร์เสียหายได้
 - ง. แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น
24. ข้อใดเป็นข้อดีของการเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์-เดลตา
 - ก. ช่วยลดแรงบิดขณะเริ่มเดินมอเตอร์
 - ข. ช่วยลดแรงดันขณะเริ่มเดินมอเตอร์
 - ค. ช่วยลดกระแสขณะเริ่มเดินมอเตอร์

ง. ช่วยลดกำลังขณะเริ่มเดินมอเตอร์
จากวงจรที่กำหนดให้ ตอบคำถามข้อ 25-28



25. วงจรที่กำหนดเป็นวงจรอะไร

ก. วงจรกลับทิศทางหมุน

ข. วงจรเริ่มเดินมอเตอร์ 2 ความเร็ว

ค. วงจรเริ่มเดินมอเตอร์สตาร์ท-เดลตา

ง. วงจรกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ 2 ความเร็ว

26. วงจรอุปกรณ์ตัวใดทำงานเมื่อมอเตอร์ต่อแบบสตาร์ท

ก. คอนแทกเตอร์ K1, K2 และ K4T

ข. คอนแทกเตอร์ K1, K4T และ K3

ค. คอนแทกเตอร์ K2, K3 และ K4T

ง. คอนแทกเตอร์ K1, K3 และ K4T

27. F3 มีหน้าที่อะไร

ก. ป้องกันไฟฟ้ารั่วที่มอเตอร์ในกรณีที่ต่อแบบสตาร์ท-เดลตา

ข. ป้องกันกระแสเกินพิกัดในวงจรในกรณีที่ต่อมอเตอร์แบบสตาร์ทเท่านั้น

ค. ป้องกันกระแสเกินพิกัดในวงจรในกรณีที่ต่อมอเตอร์แบบเดลตาเท่านั้น

ง. ป้องกันกระแสไหลเกินพิกัดและลัดวงจรที่ขดลวดมอเตอร์ในกรณีที่ต่อแบบสตาร์ท-เดลตา

28. หน้าสัมผัสปกติปิดของรีเลย์ตั้งเวลา K4T ทำหน้าที่อะไร

ก. ต่อดวงจรมอเตอร์ขณะรันเป็นเดลตา

ข. ต่อดวงจรทำให้คอนแทกเตอร์ K2 ทำงานตลอดเวลา

ค. ตัดวงจรการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลา K4T ก่อนสตาร์ทแบบสตาร์ท

ง. ตัดวงจรการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 เพื่อให้มอเตอร์รันแบบสตาร์ท

29. การควบคุมมอเตอร์ให้เปิด-ปิดได้ 2 ตำแหน่ง มีวิธีการต่อวงจรอย่างไร
- ก. เพิ่มสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิดตัวที่สอง อนุกรมกับสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิดตัวที่หนึ่ง
 - ข. เพิ่มสวิตช์ปุ่มกดปกติปิดตัวที่สอง ขนานกับสวิตช์ปุ่มกดปกติปิดตัวที่หนึ่ง
 - ค. เพิ่มสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิดตัวที่สอง ขนานกับสวิตช์ปุ่มกดปกติเปิดตัวที่หนึ่ง
 - ง. ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.
30. การใช้หน้าสัมผัสช่วยปกติเปิดของคอนแทกเตอร์ตัวที่ 1 จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังคอยล์ของคอนแทกเตอร์ ตัวที่ 2 เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบใด
- ก. เริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง
 - ข. การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์
 - ค. การเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์ท-เดลตา
 - ง. การเรียงลำดับการหมุนของมอเตอร์ 2 ตัว

ภาคผนวก ง
ผู้เชี่ยวชาญและแบบสอบถาม

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. นายวัฒนา กล้าหาญ | หัวหน้าแผนกวิชาช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคระยอง |
| 2. นายธัญญพัฒน์ กิตติโพธิกลาง | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคระยอง |
| 3. นายสุรเชษฐ์ พรหมมิจิตร | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคระยอง |
| 4. นายทีฆายุ ดิษสุธรรม | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
วิทยาลัยเทคนิคระยอง |
| 5. นายพรชัย ยินดี | หัวหน้างานวัดและประเมินผล
แผนกวิชาช่างกลโรงงาน
วิทยาลัยเทคนิคระยอง |

แบบประเมินการประเมินคุณภาพของชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ แผนกวิชาช่างไฟฟ้า

วิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รหัสวิชา 20104-2009

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่า ชุดฝึกมีความถูกต้องแม่นยำทางเทคนิค มีโครงสร้างที่ปลอดภัย และมีใบงานที่สอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับอย่างเหมาะสมหรือไม่ โดยพิจารณา ให้น้ำหนักดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าชุดฝึกนั้นไม่สอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่กำหนด
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าชุดฝึกนั้นสอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่กำหนดหรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าชุดฝึกนั้นสอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่กำหนด

ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่กำหนด	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม (+1)	ไม่ แน่ใจ (0)	ไม่ เหมาะสม (-1)	
1.วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ชัดเจน และมุ่งเน้น ความเข้าใจที่คงทน มากกว่าการท่องจำ				
2.วัตถุประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ปวช.)				
3.ชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สะท้อนทักษะวิชาชีพ เช่น การวิเคราะห์วงจรและแก้ปัญหาการทำงานของมอเตอร์				
4.ใบงานและกิจกรรมปฏิบัติออกแบบให้ผู้เรียนต้องสร้างความเข้าใจจากการลงมือทำจริง				
5.การประเมินผลในชุดฝึก (แบบทดสอบ/ใบงาน/ประเมินทักษะ) ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้				

6.ใบงานมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาเชิงวิชาชีพ เช่น มอเตอร์ไม่หมุน ต้องตรวจสอบวงจรได้				
7.กิจกรรมการเรียนรู้ถูกวางลำดับขั้นตาม Stage 3 โดยเริ่มจากการปูพื้นฐานให้เห็นผลลัพธ์สุดท้ายก่อนการปฏิบัติ				
8.แบบทดสอบและใบงานสามารถวัดผลการเรียนรู้ได้ตรงตามมาตรฐานสมรรถนะที่กำหนดในตอนแรก				

ด้านที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิคและการควบคุมมอเตอร์

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนที่กำหนด	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม (+1)	ไม่ แน่ใจ (0)	ไม่ เหมาะสม (-1)	
1.เนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ				
2.วงจรกำลัง (Power Circuit) ที่ใช้ในชุดฝึกมีความถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้าและการต่อสายเข้ามอเตอร์ (L1, L2, L3) ถูกต้อง				
3.วงจรควบคุม (Control Circuit) เช่น Start-Stop มีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริง				
4.วงจรควบคุมทิศทางการหมุน (Forward/Reverse) มีระบบ Interlock ป้องกันการทำงานผิดพลาดและปลอดภัย				
5.วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ DOL มีความถูกต้องและปลอดภัย				
6.วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta มีความถูกต้องตามหลักการลดกระแสสตาร์ท				

7.วงจรแบบเรียงลำดับ (Sequential Start) มีการออกแบบลำดับการทำงานถูกต้อง และมีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ				
8.การเลือกใช้ Magnetic Contactor และ Overload Relay มี ขนาด และ พิกัด เหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้ในชุดฝึก				
9.การจัดเนื้อหาในหนังสือ/คู่มือมีความเหมาะสม ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานจริง				

ด้านที่ 3 แบบประเมินโครงสร้างและคุณลักษณะของชุดฝึก

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนที่กำหนด	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม (+1)	ไม่ แน่ใจ (0)	ไม่ เหมาะสม (-1)	
1.สัญลักษณ์และป้ายกำกับอุปกรณ์บนแผงชุดฝึกมีความชัดเจน อ่านง่าย และไม่ลบลื่อนง่าย				
2.แผงชุดฝึกมีการจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบและเป็นระบบ สอดคล้องกับการเรียนรู้และการต่อวงจร				
3.ระยะห่างของจุดต่อสาย (Terminal) มีความเหมาะสม ไม่แออัดจนเสี่ยงต่อการลัดวงจร				
4.ชุดฝึกมีอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย เช่น เบรกเกอร์ ฟิวส์ หรือโอเวอร์โวลต์รีเลย์ และใช้งานได้จริง				
5.ชุดฝึกมีระบบความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (RCD/ELCB) หรือระบบป้องกันไฟเกิน				

6.โครงสร้างชุดฝึกมีความแข็งแรง ทนทาน เหมาะสมกับการใช้งานซ้ำในการเรียนการสอน				
7.ชุดฝึกมีขนาดเหมาะสม เคลื่อนย้าย สะดวก หรือติดตั้งได้มั่นคงขณะมอเตอร์ ทำงาน				
8.ระบบสายไฟภายในตู้/แผงมีการจัด ระเบียบเรียบร้อย ลดความเสี่ยงต่อการ ชำรุดและการเกิดอุบัติเหตุ				

ด้านที่ 4 แบบประเมินใบงาน การวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนที่กำหนด	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม (+1)	ไม่ แน่ใจ (0)	ไม่ เหมาะสม (-1)	
1.คำสั่งและขั้นตอนการปฏิบัติในใบงานมี ความชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย				
2.ใบงานมีการเรียงลำดับขั้นตอนการต่อ วงจรอย่างเป็นระบบ เหมาะสมกับผู้เรียน ระดับ ปวช.				
3.ใบงานมีการกำหนดกิจกรรมปฏิบัติที่ สอดคล้องกับวงจรจริงและการใช้งานจริง ในสถานประกอบการ				
4.แบบประเมินทักษะปฏิบัติมีเกณฑ์การให้ คะแนน (Rubric) ชัดเจน เช่น ความ ถูกต้องของวงจร ความปลอดภัย ความ เรียบร้อย				
5.แบบประเมินทักษะสามารถสะท้อน สมรรถนะการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียนได้				
6.ใบงานมีคำถามท้ายใบงานที่กระตุ้นให้ ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และอธิบายเหตุผล เช่น				

เหตุผลของ Interlock หรือการทำงานของ Overload				
7.แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้				
8.ภาพประกอบ/แผนผังการต่อสาย (Wiring Diagram) มีความคมชัด ถูกต้อง และตรงกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก				
9.ใบงานและแบบประเมินสามารถนำไปใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการได้				
10.แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนสามารถแสดงให้เห็นได้ถึง ความมั่นใจในการนำชุดฝึกไปใช้งาน และ ความง่ายในการเรียนรู้ของผู้เรียน				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมิน ด้านที่ 1 ความสอดคล้องกับหลักการสอนแบบย้อนกลับ

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	วัตถุประสงค์การเรียนรู้ของชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ชัดเจนและมุ่งเน้น ความเข้าใจที่คงทนมากกว่าการท่องจำ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	วัตถุประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชาการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (ปวช.)	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	ชุดฝึกกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สะท้อนทักษะวิชาชีพ เช่น การวิเคราะห์วงจรและแก้ปัญหาการทำงานของมอเตอร์	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
4	ใบงานและกิจกรรมปฏิบัติออกแบบให้ผู้เรียนต้องสร้างความเข้าใจจากการลงมือทำจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	การประเมินผลในชุดฝึก (แบบทดสอบ/ใบงาน/ประเมินทักษะ) ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	ใบงานมีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาเชิงวิชาชีพ เช่น มอเตอร์ไม่หมุน ต้องตรวจสอบวงจรได้	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
7	กิจกรรมการเรียนรู้ถูกวางลำดับขึ้นตาม Stage 3 โดยเริ่มจากการปูพื้นฐานให้เห็นผลลัพธ์สุดท้ายก่อนการปฏิบัติ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	แบบทดสอบและใบงานสามารถวัดผลการเรียนรู้ได้ตรงตามมาตรฐานสมรรถนะที่กำหนดในตอนแรก	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ ง.2 ผลการประเมิน ด้านที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องของเนื้อหาทางเทคนิคและการควบคุมมอเตอร์

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	เนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
2	วงจรกำลัง (Power Circuit) ที่ใช้ในชุดฝึกมีความถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า และการต่อสายเข้ามอเตอร์ (L1, L2, L3) ถูกต้อง	0	1	1	1	1	4	0.8 0	ใช้ได้
3	วงจรควบคุม (Control Circuit) เช่น Start-Stop มีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
4	วงจรควบคุมทิศทางการหมุน (Forward/Reverse) มีระบบ Interlock ป้องกันการทำงานผิดพลาดและปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
5	วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ DOL มีความถูกต้องและปลอดภัย	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
6	วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta มีความถูกต้องตามหลักการลดกระแสสตาร์ท	1	1	1	1	1	5	1.0 0	ใช้ได้
7	วงจรแบบเรียงลำดับ (Sequential Start) มีการออกแบบลำดับการทำงานถูกต้อง และมีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	1	1	1	0	1	4	0.8 0	ใช้ได้
8	การเลือกใช้ Magnetic Contactor และ Overload Relay มีขนาดและพิกัดเหมาะสมกับมอเตอร์ที่ใช้ในชุดฝึก	1	0	1	1	1	4	0.8 0	ใช้ได้

9	การจัดเนื้อหาในหนังสือ/คู่มือมีความเหมาะสม ครอบคลุมทั้งทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
---	--	---	---	---	---	---	---	------	--------

ตารางที่ ง.3 ผลการประเมิน ด้านที่ 3 แบบประเมินโครงสร้างและคุณลักษณะของชุดฝึก

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	สัญลักษณ์และป้ายกำกับอุปกรณ์บนแผงชุดฝึกมีความชัดเจน อ่านง่าย และไม่ลบลื่อนง่าย	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2	แผงชุดฝึกมีการจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบและเป็นระบบ สอดคล้องกับการเรียนรู้และการต่อวงจร	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3	ระยะห่างของจุดต่อสาย (Terminal) มีความเหมาะสม ไม่แออัดจนเสี่ยงต่อการลัดวงจร	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
4	ชุดฝึกมีอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย เช่น เบรกเกอร์ ฟิวส์ หรือ โอเวอร์โวลต์รีเลย์ และใช้งานได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	ชุดฝึกมีระบบความปลอดภัย เช่น อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (RCD/ELCB) หรือระบบป้องกันไฟเกิน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	โครงสร้างชุดฝึกมีความแข็งแรงทนทาน เหมาะสมกับการใช้งานซ้ำในการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	ชุดฝึกมีขนาดเหมาะสม เคลื่อนย้ายสะดวก หรือติดตั้งได้มั่นคงขณะมอเตอร์ทำงาน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	ระบบสายไฟภายในตู้/แผงมีการจัดระเบียบเรียบร้อย ลดความเสี่ยงต่อการชำรุดและการเกิดอุบัติเหตุ	1	1	1	0	1	5	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ ง.4 ผลการประเมิน ด้านที่ 4 แบบประเมินใบงาน การวัดผลปฏิบัติและความพึงพอใจ

ลำดับ	หัวข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ(คนที่)					รวม	IOC	ความหมาย
		1	2	3	4	5			
1	คำสั่งและขั้นตอนการปฏิบัติในใบงานมีความชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	ใบงานมีการเรียงลำดับขั้นตอนการต่อวงจรอย่างเป็นระบบเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ปวช.	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	ใบงานมีการกำหนดกิจกรรมปฏิบัติที่สอดคล้องกับวงจรจริงและการใช้งานจริงในสถานประกอบการ	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	แบบประเมินทักษะปฏิบัติมีเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) ชัดเจน เช่น ความถูกต้องของวงจร ความปลอดภัย ความเรียบร้อย	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	แบบประเมินทักษะสามารถสะท้อนสมรรถนะการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียนได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	ใบงานมีคำถามท้ายใบงานที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และอธิบายเหตุผล เช่น เหตุผลของ Interlock หรือการทำงานของ Overload	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	ภาพประกอบ/แผนผังการต่อสาย (Wiring Diagram) มีความคมชัด	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

	ถูกต้อง และตรงกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก								
9	ใบงานและแบบประเมินสามารถนำไปใช้จริงในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการได้	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน สามารถแสดงให้เห็นถึงความมั่นใจในการนำชุดฝึกไปใช้งาน และ ความง่ายในการเรียนรู้ของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

แบบประเมินความพึงพอใจการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
ด้วยชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยวิธีการสอนแบบย้อนกลับ
ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความพึงพอใจ

เกณฑ์การประเมิน ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง มาก
ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง น้อย ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design)					
1 เนื้อหาในชุดฝึกมีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนจนเกินไป					
2 ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ทำให้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ได้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น					
3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างลึกซึ้ง					
4 ปริมาณเนื้อหาและจำนวนใบงานมีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน					
ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน (Hardware & Media)					
1. อุปกรณ์บนชุดฝึก เช่น Magnetic Contactor, Overload Relay มีความเหมาะสมและใช้งานง่าย					
2. สัญลักษณ์และไดอะแกรมบนชุดฝึกมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และไม่ทำให้สับสน					
3. อุปกรณ์ประกอบ เช่น สายเสียบ ขั้วต่อ มีความแข็งแรง และมั่นคงขณะปฏิบัติงาน					
4. คู่มือการใช้งานหรือใบงานมีภาพประกอบที่ชัดเจน และสอดคล้องกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก					
การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย (Practice & Safety)					
1. ชุดฝึกช่วยให้ฝึกทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ได้สะดวกและรวดเร็ว					
2. ระบบป้องกันอันตรายในชุดฝึกทำให้รู้สึกมั่นใจและปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน					
3. ชุดฝึกส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา เช่น การไล่วงจรเมื่อมอเตอร์ไม่ทำงาน					

4. ขนาดของชุดฝึกและการจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ					
เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits)					
1. การเรียนด้วยชุดฝึกทำให้รู้สึกสนุกและน่าสนใจมากกว่าการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว					
2. ชุดฝึกช่วยให้มีความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ					
3. ต้องการให้มีการนำชุดฝึกในลักษณะนี้ไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ ต่อไป					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ตารางที่ จ.1 ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาและลำดับการเรียนรู้ (สอดคล้องกับ Backward Design)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1 เนื้อหาในชุดฝึกมีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อนจนเกินไป	4.32	0.65	มาก
2 ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ทำให้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ได้ชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้น	4.45	0.59	มาก
3 กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ได้อย่างลึกซึ้ง	4.55	0.60	มากที่สุด
4 ปริมาณเนื้อหาและจำนวนใบงานมีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน	4.27	0.72	มาก
โดยรวม	4.40	0.65	มาก

ตารางที่ จ.2 ด้านที่ 2 ด้านคุณภาพของชุดฝึกและสื่อการสอน (Hardware & Media)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. อุปกรณ์บนชุดฝึก เช่น Magnetic Contactor, Overload Relay มีความเหมาะสมและใช้งานง่าย	4.50	0.60	มาก
2. สัญลักษณ์และไดอะแกรมบนชุดฝึกมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และไม่ทำให้สับสน	4.55	0.51	มากที่สุด
3. อุปกรณ์ประกอบ เช่น สายเสียบ ขั้วต่อ มีความแข็งแรงและมั่นคงขณะปฏิบัติงาน	4.41	0.59	มาก
4. คู่มือการใช้งานหรือใบงานมีภาพประกอบที่ชัดเจน และสอดคล้องกับอุปกรณ์จริงบนชุดฝึก	4.50	0.60	มาก
โดยรวม	4.49	0.58	มาก

ตารางที่ จ.3 ด้านที่ 3 การฝึกปฏิบัติและความปลอดภัย (Practice & Safety)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. ชุดฝึกช่วยให้ฝึกทักษะการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ได้สะดวกและรวดเร็ว	4.64	0.49	มากที่สุด
2. ระบบป้องกันอันตรายในชุดฝึกทำให้รู้สึกมั่นใจและปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ชุดฝึกส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา เช่น การไล่วงจรเมื่อมอเตอร์ไม่ทำงาน	4.45	0.60	มาก

4. ขนาดของชุดฝึกและการจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	4.56	0.54	มากที่สุด

ตารางที่ ฉ.4 ด้าน 4 เจตคติและประโยชน์ที่ได้รับ (Attitude & Benefits)

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S. D.	ระดับคุณภาพ
1. การเรียนด้วยชุดฝึกทำให้รู้สึกสนุกและน่าสนใจมากกว่าการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว	4.68	0.48	มากที่สุด
2. ชุดฝึกช่วยให้มีความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ	4.59	0.50	มากที่สุด
3. ต้องการให้มีการนำชุดฝึกในลักษณะนี้ไปใช้กับรายวิชาอื่นๆ ต่อไป	4.55	0.59	มากที่สุด
โดยรวม	4.61	0.51	มากที่สุด

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล

1.1 ภาษาไทย (นาย/นาง/นางสาว) นายชัยยันต์ แฮ้วชิน

1.2 ภาษาอังกฤษ (Mr./Mrs./Miss.) Chaibun Haewchin

2. สังกัดสาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์

วิทยาเขต ขอนแก่น

3. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 457 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน รัตนเขต

แขวง/ตำบล ในเมือง เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด ยโสธร

รหัสไปรษณีย์ 35000

โทรศัพท์มือถือ 0629099041

อีเมล chaibun916@gmail.com

4. วุฒิการศึกษา

- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ยโสธรพิทยาคม พ.ศ. 2550 – 2553

- ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคยโสธร

สาขา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2553 –

2556

- ระดับปริญญาบัณฑิต ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น