

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
รายการตาราง	ณ
รายการรูปประกอบ	ญ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 สมมติฐาน	3
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	4
1.8 นิยามศัพท์	5
<b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>6</b>
2.1 การสอนปฏิบัติการทดลอง	6
2.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการทดลอง	8
2.3 ใบงานการทดลอง	10
2.4 การสร้างใบงานการทดลอง	13
2.5 การออกแบบการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง	15
2.6 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง	16
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current motor)	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current motor)	30
2.9 อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์	33
2.10 การสร้างเครื่องมือในการวัดประเมนผล	36
2.11 การสร้างแบบทดสอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	39
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	43
<b>3. วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>45</b>
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างศึกษา	46
3.2 การออกแบบและการสร้างเครื่องมือในกสนวิจัย	46
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	49
3.4 วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือในการวิจัย	50
3.5 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล	50
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย	51
<b>4. ผลการวิจัย</b>	<b>55</b>
4.1 การสร้างชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	55
4.2 การประเมินคุณภาพของชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายใน มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส โดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน	58
4.3 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	61
<b>5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	<b>66</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	66
5.2 การอภิปรายผล	69
5.3 ข้อเสนอแนะ	71
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>73</b>

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>ภาคผนวก</b>	
ก. รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ	76
ข. ขอบเขตเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพชุดทดลอง	78
ค. แบบประเมินคุณภาพความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	84
ง. รายงานการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ	89
จ. แบบประเมินคุณภาพความคิดเห็นสำหรับนักศึกษา	94
ฉ. แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง	99
ช. รายงานการประเมินความพึงพอใจนักศึกษากลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม	101
ซ. ผลการหาค่าสถิติความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test (Independent samples)	111
ฌ. บทความทางวิชาการ	136
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>143</b>

## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง	13
4.1	ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้างทั่วไปของชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	58
4.2	ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพ ด้านการออกแบบของชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	59
4.3	ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพด้านการใช้งานของชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	59
4.4	ตารางแสดงผลการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของนักเรียนกลุ่มที่ใช้ชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส กับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช้ชุดฝึกการต่อวงจรขดลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	61
ค.1	ตารางตัวอย่างแบบประเมิน	87
ค.2	ตารางแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	88
ง.1	แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ	91
ง.2	แสดงความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมิน โดยแสดงค่าร้อยละของความคิดเห็นผู้ตอบแบบประเมิน	93
จ.1	ตารางตัวอย่างแบบประเมิน	97
จ.2	ตารางแบบประเมินความคิดเห็นนักศึกษา	98
ฉ.1	ทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองการต่อขดลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส	100
ช.1	แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของนักศึกษากลุ่มทดลอง	103
ช.2	แสดงความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มทดลอง โดยแสดงค่าร้อยละของความคิดเห็นผู้ตอบแบบประเมิน	104
ช.3	แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของนักศึกษากลุ่มควบคุม	108
ช.4	แสดงความคิดเห็นของนักศึกษากลุ่มควบคุม โดยแสดงค่าร้อยละของความคิดเห็นผู้ตอบแบบประเมิน	109
ช.1	การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้าน โครงสร้างทั่วไป หัวข้อชุดทดลองมีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	113

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ช.2 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านโครงสร้างทั่วไป หัวข้อชุดทดลองมีความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	115
ช.3 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านโครงสร้างทั่วไป หัวข้อชุดทดลองมีความแข็งแรงคงทนต่อการนำไปใช้งาน ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	117
ช.4 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการออกแบบ หัวข้อระบบกลไกการทำงานมีความเหมาะสม ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	119
ช.5 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการออกแบบ หัวข้อการติดตั้งอุปกรณ์มีความเหมาะสม ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	121
ช.6 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการออกแบบ หัวข้อการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	123
ช.7 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการใช้งาน หัวข้อใช้งานได้สะดวกต่อการปฏิบัติการทดลอง ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	125
ช.8 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการใช้งาน หัวข้อเข้าใจการต่อวงจรภายในมอเตอร์ 3 เฟสได้มากขึ้น ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	127
ช.9 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการใช้งาน หัวข้อใช้งานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	129
ช.10 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการใช้งาน หัวข้อมีความปลอดภัยในการทำงาน ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	131

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ซ.11 การทดสอบหาค่าความพึงพอใจระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test (independent samples) ในด้านการใช้งาน หัวข้อความคุ้มค่าในการลงทุน ( $\alpha = 0.05$ , $df = 28$ , $t(\text{criteria}) = 1.701$ )	133

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
2.1	แผนภูมิชนิดของมอเตอร์	18
2.2	สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor)	19
2.3	โรเตอร์แบบกรงกระรอก	20
2.4	สเตเตอร์	20
2.5	ร่องสลอต	21
2.6	สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	21
2.7	ฝาครอบมอเตอร์	21
2.8	คาปาซิเตอร์มอเตอร์	22
2.9	โรเตอร์แบบกรงกระรอก	22
2.10	ชุดสตาร์ทและชุดรันพันอยู่ด้วยกัน	23
2.11	ฝาครอบมอเตอร์	23
2.12	คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์	23
2.13	ลิฟต์ชั้นมอเตอร์	24
2.14	สเตเตอร์ของลิฟต์ชั้นมอเตอร์	24
2.15	โรเตอร์ของลิฟต์ชั้นมอเตอร์	24
2.16	แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน	25
2.17	ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์	25
2.18	ขั้วสนามแม่เหล็ก	26
2.19	อาร์เมเจอร์	26
2.20	แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน	26
2.21	ซีดเคดโพลมอเตอร์	27
2.22	ขดลวดและการต่อขดลวดตัวนำมอเตอร์ 3 เฟส	28
2.23	โรเตอร์อินดักชั่นมอเตอร์แบบกรงกระรอก	29
2.24	อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด	29
2.25	ซิงโครนัสมอเตอร์	29
2.26	เฟรมหรือโยค	30
2.27	ตัวโรเตอร์	31

## รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูป	หน้า	
2.28	วงจรมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม	32
2.29	วงจรมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน	32
2.30	มอเตอร์กระแสตรงแบบผสม	33
2.31	เซอร์กิตเบรกเกอร์	34
2.32	ฟิวส์	34
2.33	โอเวอร์โหลดรีเลย์ (over load relay)	34
2.34	วงจรควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์	35
3.1	แผนภูมิวิธีดำเนินการวิจัยชุดฝึกการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	45
3.2	Block Diagramวงจรการต่อมอเตอร์ 3 เฟส	47
3.3	ส่วนประกอบต่างๆของชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	47
3.4	ชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้านหน้าและด้านหลัง	47
3.5	ชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ด้านข้างขวา- ซ้าย	48
3.6	ชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	48
4.1	ไดอะแกรมการลงขลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส 55	
4.2	การพันขลวดภายในมอเตอร์ 3 เฟส	56
4.3	การสร้างชุดฝึกการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	56
4.4	การติดตั้งชุดควบคุมวงจรมอเตอร์ให้สตาร์ทหรือหยุดการทำงาน	57
4.5	การนำปลายสายของมอเตอร์ที่ไม่มีการต่อวงจรมาต่อเข้ากับแผงชุดฝึก	57
4.6	แสดงวิธีการต่อแบบสตาร์ทและเคลด้า	57
4.7	ปฏิบัติการต่อวงจรขลวดมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (กลุ่มควบคุม)	62
4.8	ปฏิบัติการต่อชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส (กลุ่มทดลอง)	63
4.9	วัดค่ากระแสการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	64
4.10	แสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้ชุดทดลองฝึกการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	65
ช.1	แผนภูมิแสดงความพึงพอใจกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของผู้ใช้ชุดทดลองการต่อวงจรขลวดภายในมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	135