

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองดุษฎีนิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

โดย นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา

..... รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสาวณิต สุขภารังษี)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.เสถียร ธัญญศรีรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากูล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ปฏิยุทธ พรามแก้ว)

ชื่อ : นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี
ชื่อดุษฎีนิพนธ์ : การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล
อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน
ปีการศึกษา : 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม 3) ศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 80/80 และ 4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม การวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) กลุ่มตัวอย่างเป็นช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS จำนวน 5 กิจกรรม แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบบประเมินความพึงพอใจ สื่อประกอบการฝึกอบรม และชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ E1/E2 และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS ที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานจริง 2) ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์หลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 26.50 คะแนน (ร้อยละ 53.00) เป็น 45.67 คะแนน (ร้อยละ 91.34) 3) ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.50/82.67 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และ 4) ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.69) สรุปได้ว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม การคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติงานจริง

(มีจำนวนทั้งสิ้น 214 หน้า)

คำสำคัญ : กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ งานซ่อมบำรุงไฟฟ้า

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลัก

Name : Mr. Prasongsuk Songsree

Dissertation Title : Development of a Learning Activity Package Based on the Creative Problem-Solving (CPS) Process: A Case Study of Electrical Maintenance Problems in Industrial Factories

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

Dissertation Advisor : Assistant Professor Dr. Chaiyapol Thongchaisurutkul

Co-Advisor : Assistant Professor Dr. Pakkawee Hayamin

Academic Year : 2026

ABSTRACT

This research aimed to: (1) develop a learning activity package based on the Creative Problem Solving (CPS) process for electrical maintenance problems in industrial factories; (2) compare trainees' achievement before and after training; (3) evaluate the package efficiency according to the 80/80 criterion; and (4) assess trainees' satisfaction. This Research and Development (R&D) study involved 33 industrial maintenance technicians in Samut Prakan Province selected through purposive sampling. The research instruments included five CPS-based learning activities, achievement tests, a satisfaction questionnaire, training materials, and a practical control and automation training kit. Data were analyzed using mean, standard deviation, E1/E2 efficiency indices, and a dependent-samples t-test.

The results showed that the developed CPS-based learning activity package was appropriate for actual industrial work contexts. Trainees' post-training achievement was significantly higher than their pre-training achievement at the .05 level, increasing from 26.50 (53.00%) to 45.67 (91.34%). The package achieved an E1/E2 efficiency of 80.50/82.67, meeting the 80/80 criterion. Overall satisfaction was at a high level (M = 4.16, SD = 0.69). These findings indicate that the CPS-based learning activity package can effectively enhance training achievement, analytical thinking, creative problem-solving, teamwork, and technology application in industrial electrical maintenance.

(Total 214 Pages)

Keywords: Creative Problem Solving, Learning Activity, Electrical Maintenance

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา ความอนุเคราะห์ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิดทางวิชาการ ตลอดจนสละเวลาในการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่และความเมตตาอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่ระดับปริญญาโทจนถึงระดับปริญญาเอก นอกจากนี้ ท่านยังเป็นแบบอย่างของครู นักวิชาการ และนักวิจัยที่ผู้วิจัยยึดถือเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานและการดำเนินชีวิต ซึ่งผู้วิจัยจะระลึกถึงพระคุณของท่านตลอดไป

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาทางวิชาการ ตลอดจนให้กำลังใจและให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและความเอื้อเฟื้อของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกด้านการศึกษาตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยศึกษาในหลักสูตร

ขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานประกอบการ ผู้เชี่ยวชาญ และช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และการเข้าร่วมการทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ตลอดจนเพื่อนร่วมงาน เพื่อนร่วมศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนในทุกด้านตลอดระยะเวลาของการศึกษา จนผู้วิจัยสามารถก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องแสดงความกตัญญูกตเวทีแด่บูรพาจารย์ บิดา มารดา ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ประสงค์ศักดิ์ สองศรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 5
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น 5
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 5
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา 7
2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ 11
2.3 รูปแบบการเรียนการสอน 12
2.4 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ Creative Problem Solving 16
2.5 ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน 20
2.6 การวิเคราะห์ 27
2.7 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) 29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 47
3.1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล 48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม 57
3.3 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 61
3.4 การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 62
3.5 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 65
3.6 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 66
3.7 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 85
3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 89
บทที่ 4 ผลการวิจัย 93
4.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 93
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 102
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 103
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 103
4.5 สรุปผลการวิจัย 106
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 107
5.1 สรุปผลการวิจัย 108
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 109
5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย 112
บรรณานุกรม 114
ภาคผนวก 117
ภาคผนวก ก หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย 118
ภาพผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 124

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ.....134
ภาพผนวก ง ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 145
ภาคผนวก จ ภาพการดำเนินการวิจัยและการฝึกอบรม 163
ภาคผนวก ฉ บทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ 173
ประวัติผู้เขียน.....214

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ขั้นตอนของกระบวนการ CPS และการประยุกต์ใช้ในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า 18
ตารางที่ 2-2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและความเชื่อมโยงกับงานวิจัยปัจจุบัน 45
ตารางที่ 3-1 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 55
ตารางที่ 3-2 รายละเอียดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 57
ตารางที่ 3-3 ผลการสำรวจสภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม..... 59
ตารางที่ 3-4 ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 82
ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม (จำนวน 33 คน)..... 102
ตารางที่ 4-2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)..... 103
ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)..... 104

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 แผนภูมิความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างการวิจัยการศึกษากับการวิจัย..... 8
ภาพที่ 2-2 ระดับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ตามแนวคิดของ Bloom..... 13
ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)..... 16
ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในด้านต่าง ๆ 30
ภาพที่ 2-5 การเชื่อมต่อ Sensor ⟶ ESP32 ⟶ Cloud ⟶ Dashboard ⟶ Motor..... 32
ภาพที่ 2-6 แผนภาพการเชื่อมต่อ ESP32 ⟶ Wi-Fi ⟶ Blynk Cloud ⟶ Smartphone..... 33
ภาพที่ 2-7 ระบบควบคุมไฟและเครื่องปรับอากาศ..... 36
ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมและระบบ Internet of Things (IoT) ได้แก่ (ก) Arduino Uno (ข) Arduino Mega 2560 และ (ค) ESP32.. 38
ภาพที่ 2-9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno..... 39
ภาพที่ 2-10 ขาต่าง ๆ ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 NodeMCU..... 40
ภาพที่ 2-11 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นเมื่อปุ่ม Close แสดงขึ้น และทดสอบใช้งานโปรแกรม 41
ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 49
ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 50
ภาพที่ 3-3 โครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 53
ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Forms สำหรับสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม..... 58
ภาพที่ 3-5 กระบวนการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม..... 66
ภาพที่ 3-6 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 68
ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม..... 70
ภาพที่ 3-8 ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 71

ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างใบงานการทดลองประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 72
ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างใบกิจกรรมท้ายหน่วยเรียน 73
ภาพที่ 3-11 ตัวอย่างแบบทดสอบ 74
ภาพที่ 3-12 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม 75
ภาพที่ 3-13 การทดลองเป็นกลุ่มด้วยชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 77
ภาพที่ 3-14 ตัวอย่างสื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ 78
ภาพที่ 3-15 ชุดทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และระบบ Internet of Things (IoT) ที่ใช้ในการฝึกอบรม 79
ภาพที่ 3-16 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE และการแสดงผลผ่านจอ TFT 2.8 นิ้ว โดยใช้ ESP32-S3 80
ภาพที่ 3-17 การสอบปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 81
ภาพที่ 3-18 การประยุกต์ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม 81
ภาพที่ 3-19 หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รหัสโครงการ SCPHYLIRB-2569/453 ที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร จังหวัดยะลา 86
ภาพที่ 3-20 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 87
ภาพที่ 3-21 การจัดกิจกรรมการฝึกอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 88
ภาพที่ 4-1 ใบความรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 95
ภาพที่ 4-2 แบบฝึกหัดประจำกิจกรรมการเรียนรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 96
ภาพที่ 4-3 ใบกิจกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 97
ภาพที่ 4-4 แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรมประจำกิจกรรมการเรียนรู้ 98
ภาพที่ 4-5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม 99
ภาพที่ 4-6 สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint) 99

ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้และการวิจัย 100
ภาพที่ 4-8 ใบงานปฏิบัติการประกอบชุดฝึกปฏิบัติการการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 101
ภาพที่ 4-9 การจัดกิจกรรมการฝึกอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 101
ภาพที่ ข-1 ปกคู่มือการฝึกอบรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม 125
ภาพที่ ข-2 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและโครงสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 126
ภาพที่ ข-3 ตัวอย่างใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 127
ภาพที่ ข-4 ตัวอย่างใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 128
ภาพที่ ข-5 ตัวอย่างใบปฏิบัติการประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 129
ภาพที่ ข-6 ตัวอย่างแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม 130
ภาพที่ ข-7 ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 131
ภาพที่ ข-8 ตัวอย่างใบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียน 132
ภาพที่ ข-9 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม 133
ภาพที่ ข-10 ตัวอย่างสื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint) 133
ภาพที่ ค-1 ชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการวิจัย 135
ภาพที่ ค-2 แบบจำลองชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ 136
ภาพที่ ค-3 มุมมองด้านข้างและมิติของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ 136
ภาพที่ ค-4 แบบแผงวงจรส่วนควบคุมของชุดฝึกปฏิบัติการ 137
ภาพที่ ค-5 แบบแผงวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบ IoT 137
ภาพที่ ค-6 ลักษณะด้านข้างของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ 138
ภาพที่ ค-7 ลักษณะภายนอกของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ 138
ภาพที่ ค-8 องค์ประกอบของแผงควบคุมด้านบนของชุดฝึกปฏิบัติการ 139
ภาพที่ ค-9 องค์ประกอบของแผงควบคุมด้านล่างของชุดฝึกปฏิบัติการ 140

ภาพที่ ค-10 ชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) 141
ภาพที่ ค-11 การออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) 142
ภาพที่ ค-12 ชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electrical Trainer) 143
ภาพที่ ค-13 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (มัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อกและดิจิทัล) 143
ภาพที่ ค-14 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ (DC Power Supply) 144
ภาพที่ จ-1 การแนะนำชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม 164
ภาพที่ จ-2 การอธิบายหลักการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการระหว่างการฝึกอบรม 165
ภาพที่ จ-3 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการ 165
ภาพที่ จ-4 การฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์และแก้ปัญหาวงจรควบคุมไฟฟ้า 166
ภาพที่ จ-5 การให้คำแนะนำระหว่างการฝึกปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม 166
ภาพที่ จ-6 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติงานร่วมกันตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) 167
ภาพที่ จ-7 การสาธิตการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (Solar–Peltier IoT) 167
ภาพที่ จ-8 การสาธิตการตรวจสอบและวิเคราะห์วงจรควบคุมไฟฟ้า 168
ภาพที่ จ-9 การสาธิตการใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าระหว่างการฝึกอบรม 168
ภาพที่ จ-10 การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 169
ภาพที่ จ-11 การบรรยายเนื้อหาและการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม 169
ภาพที่ จ-12 การสาธิตการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electrical Trainer) 170
ภาพที่ จ-13 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติงานร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม 170
ภาพที่ จ-14 การติดตามและให้คำปรึกษาแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม 171
ภาพที่ จ-15 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม 171
ภาพที่ จ-16 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินการสรุปผลการฝึกอบรมและการประเมินผล 172

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบัน อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและห่วงโซ่อุปทานของประเทศ โดยมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและระบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การดำเนินงานของโรงงานอุตสาหกรรมจึงพึ่งพาระบบไฟฟ้า เครื่องจักร และระบบควบคุมการผลิตที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งผลให้บุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงต้องมีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา เพื่อให้ระบบการผลิตสามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และปลอดภัย

อุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์ ระบบไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพและความต่อเนื่องของสายการผลิต การซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมต้องอาศัยการวิเคราะห์ที่แม่นยำและการแก้ไขปัญหาที่รวดเร็ว เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ปัจจุบัน ช่างเทคนิคหรือบุคลากรที่รับผิดชอบมักประสบปัญหาในการวินิจฉัยและแก้ไขข้อขัดข้องทางไฟฟ้า เนื่องจากขาดแนวทางการคิดเชิงระบบและกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ส่งผลให้การซ่อมบำรุงล่าช้าและอาจไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยของ Wang และ Chen (2021) ชี้ให้เห็นว่า ความล่าช้าในการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญของการหยุดชะงักของสายการผลิต และอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และต้นทุนการดำเนินงาน แม้ว่าจะมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยี อุปกรณ์ หรือกระบวนการซ่อมบำรุงเป็นสำคัญ ขณะที่การพัฒนาศักยภาพของบุคลากรผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในบริบทของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งนับเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่การวิจัยครั้งนี้มุ่งแก้ไข

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาโดย อเล็กซ์ เอฟ ออสบอร์น (Alex F. Osborn) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1952 โดยมุ่งเน้นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ร่วมกับการคิดเชิงเหตุผลในการค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ (Osborn, 1957; Treffinger, 1995) ต่อมา Arbesman และ Puccio (2001) ได้อธิบายว่ากระบวนการ CPS เป็นการบูรณาการระหว่างการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งมุ่งสร้างแนวทางหรือคำตอบที่หลากหลาย และการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ ประเมิน และคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแก้ปัญหา นอกจากนี้ Treffinger, Isaksen และ Puccio et al. (2020) ได้พัฒนากระบวนการ CPS ให้เป็นแนวทางที่สามารถประยุกต์ใช้ในการ

เรียนรู้และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้แนวคิดดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม

จากการศึกษาสภาพปัญหาและการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า บุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าและเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์หลายแห่งยังขาดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะที่เพียงพอในการจัดการระบบไฟฟ้าและเครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากการขาดการฝึกอบรมที่เหมาะสม การขาดโอกาสในการเข้าถึงเทคโนโลยีสมัยใหม่ ตลอดจนการขาดการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างบุคลากร ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต ความปลอดภัยในการทำงาน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ เช่น เครื่องจักรหยุดทำงานบ่อยครั้งจากการบำรุงรักษาที่ไม่ถูกต้อง หรือเกิดอุบัติเหตุจากความผิดพลาดในการจัดการระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่อาจทำให้สถานประกอบการไม่สามารถปรับตัวและแข่งขันในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความซับซ้อนของระบบการผลิตในภาคอุตสาหกรรมส่งผลให้บุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความรู้ ทักษะ และความสามารถให้สอดคล้องกับลักษณะงานที่เปลี่ยนแปลงไป Pettersson et al. (2026) ศึกษาคุณลักษณะและความต้องการด้านการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง พบว่า ช่างซ่อมบำรุงจำเป็นต้องมีสมรรถนะที่ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถ และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังพบข้อจำกัดและโอกาสในการปรับปรุงระบบการฝึกอบรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการฝึกอบรมที่เป็นระบบและสอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน เพื่อให้บุคลากรสามารถปรับตัวและปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมการผลิตที่มีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรมสมัยใหม่มิได้จำกัดอยู่เพียงการเพิ่มพูนความรู้และทักษะทางเทคนิค แต่ควรส่งเสริมความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ วินิจฉัยสาเหตุของปัญหา พิจารณาทางเลือก และตัดสินใจแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าที่ผู้ปฏิบัติงานต้องเผชิญกับปัญหาที่มีความซับซ้อนและแตกต่างกันตามสถานการณ์จริง แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ความสำคัญกับสมรรถนะและการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุง แต่การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เข้ากับการฝึกปฏิบัติด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ฝึกวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์การปฏิบัติงานจริง ยังเป็นประเด็นที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS สำหรับปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมความรู้ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลองสำหรับงานซ่อมบำรุงระบบ

ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการทำงานเป็นทีมของบุคลากร โดยมุ่งหวังให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่ได้รับในการปฏิบัติงานจริง อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการซ่อมบำรุง ความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต และการยกระดับสมรรถนะของบุคลากรให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในยุคดิจิทัล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง สำหรับเสริมสร้างสมรรถนะด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ที่พัฒนาขึ้น โดยประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีมของบุคลากรในโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.3 เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมในชุดกิจกรรม CPS ในด้านความรู้และทักษะที่ได้รับ รวมถึงความรู้สึกต่อความเป็นประโยชน์ของกิจกรรมต่อการจัดการระบบไฟฟ้าและเครื่องจักร

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง สำหรับงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพและความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

1.3.2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบุคลากรภายหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.4 บุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลองอยู่ในระดับมาก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลองสำหรับงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประยุกต์ใช้กระบวนการ CPS ของ Osborn และ Treffinger ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1.4.1.1 การระบุปัญหา (Objective Finding)

1.4.1.2 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ (Fact Finding)

1.4.1.3 การกำหนดปัญหา (Problem Finding)

1.4.1.4 การสร้างแนวคิด (Idea Finding)

1.4.1.5 การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา (Solution Finding)

1.4.1.6 การค้นหาแนวทางการยอมรับและนำไปปฏิบัติ (Acceptance Finding)

1.4.2 นวัตกรรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง สำหรับงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย

1.4.2.1 คู่มือครู ประกอบด้วย

1.4.2.1.1 แผนการจัดการเรียนการสอน

1.4.2.1.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.4.2.1.3 ใบเนื้อหา

1.4.2.1.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.4.2.2 สื่อการสอนประกอบด้วย

1.4.2.3 สื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

1.4.2.4 โปรแกรมจำลอง

1.4.2.5 ชุดสื่อปฏิบัติการ (ชุดจำลองสถานการณ์)

1.4.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.4.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ พนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นโรงงานที่มีพนักงานตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ครอบคลุมพนักงานฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายบรรจุภัณฑ์ และฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

1.4.3.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานจำนวน 33 คน ที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในการวิจัย

1.4.4 ตัวแปรในการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.4.4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

1.4.4.1.1 รูปแบบชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1.4.4.1.2 ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.4.4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

1.4.4.2.1 ระดับความเหมาะสมของรูปแบบชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น

1.4.4.2.2 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น

1.4.4.2.3 ผลการเปรียบเทียบผลการฝึกอบรมก่อนกับหลังฝึกอบรม

1.4.4.2.4 ระดับความพึงพอใจของผู้ฝึกอบรมต่อชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.5.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

1.5.2 ชุดสื่อปฏิบัติการจำลองสถานการณ์งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาชุดสื่อปฏิบัติการที่บูรณาการเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โปรแกรมจำลอง และอุปกรณ์ทดลอง เพื่อใช้เป็นสื่อในการฝึกปฏิบัติและจำลองสถานการณ์จริงในการเรียนรู้ด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นการต่อยอดจากผลงานวิจัยของผู้วิจัยที่ได้พัฒนาชุดสาธิตระบบควบคุมและตรวจสอบการทำงานด้วยเทคโนโลยี IoT และพลังงานสะอาด

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนเป็นบุคลากรที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม และมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด รวมทั้งให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมกิจกรรมตลอดระยะเวลาการวิจัย

1.6.2 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีพื้นฐานความรู้ด้านระบบไฟฟ้าและงานซ่อมบำรุงในระดับที่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติตามขั้นตอนของชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ได้

1.6.3 การดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรม อุปกรณ์ สื่อการเรียนรู้ ระยะเวลา และสภาพแวดล้อมในการฝึกอบรม ได้รับการควบคุมให้มีมาตรฐานเดียวกันตลอดการวิจัย เพื่อไม่ให้ส่งผลต่อผลการทดลอง

1.6.4 แบบทดสอบ แบบประเมิน และแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย เป็นเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นแล้ว จึงสามารถใช้วัดผลการวิจัยได้อย่างเหมาะสม

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1.7.1 ชุดกิจกรรมหมายถึง กิจกรรมที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา วิธีการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และการประเมินผลไว้อย่างชัดเจน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ทักษะ และสมรรถนะตามเป้าหมายที่กำหนด

1.7.2 ชุดกิจกรรมตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) หมายถึง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้แนวคิดกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) การระบุปัญหา (Objective Finding)

2) การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ (Fact Finding)

3) การกำหนดปัญหา (Problem Finding)

4) การสร้างแนวคิด (Idea Finding)

5) การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา (Solution Finding)

6) การค้นหาแนวทางการยอมรับและนำไปปฏิบัติ (Acceptance Finding)

1.7.3 ชุดสื่อการเรียนรู้ หมายถึง สื่อและเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย คู่มือผู้สอน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา โปรแกรมจำลอง ชุดปฏิบัติการจำลองสถานการณ์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งใช้ร่วมกันเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.7.4 ชุดฝึกปฏิบัติการ หมายถึง ชุดฝึกระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อใช้จำลองสถานการณ์งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ฝึกวิเคราะห์ วินิจฉัย และแก้ไขปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)

1.7.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการฝึกอบรม ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับความรู้และความเข้าใจด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.7.6 ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ซึ่งประเมินจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ครอบคลุมด้านเนื้อหา กิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และประโยชน์ที่ได้รับ

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับใช้ในการฝึกอบรมงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

1.8.2 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าสามารถวิเคราะห์ วินิจฉัย และแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

1.8.3 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับการส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการทำงานเป็นทีม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงได้

1.8.4 ได้ชุดฝึกปฏิบัติการระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับใช้จำลองสถานการณ์และฝึกวิเคราะห์แก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า

1.8.5 สถานประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้และแนวทางการฝึกอบรมไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสมรรถนะของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้จะมุ่งพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ศึกษาและสังเคราะห์เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ โดยครอบคลุมกรอบแนวคิด 8 ด้านหลัก ดังนี้

2.1 การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา
2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้
2.3 รูปแบบการเรียนการสอน
2.4 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)
2.5 ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน
2.6 การวิเคราะห์ Creative Problem Solving
2.7 อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (IoT)
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

2.1.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา นักการศึกษาได้ศึกษาและให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

การวิจัยและพัฒนา คือ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ในโรงเรียน ซึ่งผลิตภัณฑ์จากการวิจัยและพัฒนายังหมายรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ฝึกอบรม วัสดุที่ใช้ในการเรียนรู้ การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สื่อการสอน และระบบการจัดการ การวิจัยและพัฒนายังครอบคลุมถึงการกำหนดจุดประสงค์ ลักษณะของบุคคล และระยะเวลาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากการวิจัยและพัฒนาจะเป็นไปตามต้องการ และขึ้นอยู่กับรายละเอียดที่ต้องการ

การวิจัยและพัฒนา คือ กระบวนการที่นำมาพัฒนา และตรวจสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา คำว่าผลิตภัณฑ์ในที่นี้ไม่ได้หมายความเพียงแต่สิ่งที่อยู่ในหนังสือ ในภาพยนตร์ประกอบการสอน จุดเน้นของโครงการวิจัยและพัฒนาในปัจจุบันปรากฏในฐานของโครงการพัฒนาโปรแกรมนี้เป็นระบบการเรียนที่สลับซับซ้อน ที่รวมเอาการพัฒนาทางวัตถุ และการอบรมบุคลากรเพื่อให้สามารถทำงานได้ในบริบทเฉพาะ

การวิจัยและพัฒนาเป็นกระบวนการในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Product) โดยทำการทดสอบในสภาพจริง และดำเนินการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลาย ๆ รอบจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ดังนั้น เป้าหมายหลักหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนา คือ ผลิตภัณฑ์นั่นเอง

การวิจัยและพัฒนา (Research and Development; R&D) เป็นการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาผลผลิต (Product) ซึ่งผลผลิตนี้ในทางธุรกิจอาจเรียกว่า “ผลิตภัณฑ์” ที่เป็นตัวสินค้า

ในทางการศึกษาอาจเรียกว่า “นวัตกรรม” ที่อาจเป็นวัตถุ (Material) หรืออาจเป็นหลักการ (Principle) แนวคิด (Concept) หรือทฤษฎี (Theory) ที่สะท้อนให้เห็นถึงเทคนิคหรือวิธีการ เพื่อการปฏิบัติด้วยขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและการพัฒนาทางการศึกษาตรงกับภาษาอังกฤษ ว่า Educational Research and Development (R&D) เป็นการพัฒนาการศึกษาโดยพื้นฐานการ วิจัย (Research Based Educational Development) เป็นกลยุทธ์หรือวิธีการสำคัญวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษา โดยเน้นหลักเหตุผลและตรรกวิทยา เป้าหมาย หลักคือ ใช้เป็นกระบวนการในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Educational Products)



ภาพที่ 2-1 แผนภูมิความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างการวิจัยการศึกษากับการวิจัยและการพัฒนาทางการศึกษา

จากการศึกษาความหมายของการวิจัยและพัฒนาจากนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ พบว่า การวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) เป็นกระบวนการวิจัยที่มุ่งสร้างและพัฒนานวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงอย่างเป็นระบบก่อนนำไปใช้จริง โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงใช้แนวคิดการวิจัยและพัฒนาเป็นกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลองสำหรับงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

2.1.2 นักการศึกษาและนักวิชาการได้จำแนกประเภทของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

การวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีจุดเน้นสำคัญ 3 ประการ คือ การแสวงหาความรู้หรือความเข้าใจใหม่ ด้วยการทำวิจัย (Research) การสร้างต้นแบบหรือผลิตนวัตกรรมด้วยการดำเนินงานพัฒนาและการขยายผลจากต้นแบบการพัฒนาไปสู่ผู้ใช้ด้วยการเผยแพร่ (Dissemination) ด้วยเหตุนี้เองในบางครั้ง จึงมีผู้เรียกการวิจัยและพัฒนา (R&D) ว่า “การวิจัยเพื่อพัฒนาและเผยแพร่” หรือ “RD&D”

นักวิชาการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาที่มีชื่อเสียง ได้จำแนกการวิจัยและพัฒนาตามระยะของการดำเนินงานได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.1.2.1 การวิจัยพื้นฐานหรือการวิจัยพื้นฐาน (Basic Research) การจำแนกให้การวิจัยและพัฒนาเป็นการวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยบริสุทธิ์เกิดจากฐานคิดความเชื่อที่ว่าการวิจัยประเภทนี้มุ่งแสวงหา หรือสรรค์สร้างความรู้ และความเข้าใจเชิงธรรมชาติด้วยแง่มุมใหม่ ๆ ในแต่ละสาขาวิชา โดยอาศัยวิธีการแสวงหา (Method) ที่ทำให้ได้มาซึ่งความรู้หรือความเข้าใจดังกล่าวนั้นตามวิธีวิทยา (Methodology) ของการศึกษาค้นคว้าที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบ และเชื่อถือได้ และ/หรือคณะบุคคล ในสาขาวิชานั้นกำหนดไว้ หรือยอมรับ ดังนั้น ความรู้ หรือความเข้าใจใหม่ที่ได้คือ “หัวใจ” ของการวิจัยและพัฒนา และไม่ค่อยให้ความสนใจมากนักว่าจะมีใครเป็นผู้นำความรู้ หรือความเข้าใจจากการแสวงหาที่ได้ ไปใช้ทำอะไร และอย่างไรบ้าง จุดเน้นสำคัญอยู่ตรงที่เป็นการ “ต่อยอด” เพิ่มพูนองค์ความรู้หรือขยายพรมแดนแห่งความเข้าใจใหม่ ๆ โดยเฉพาะที่แสดงในรูปแนวคิดทฤษฎีในสาขาวิชาด้านพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ หรือด้านอื่น ๆ ให้กว้างไกลออกไปสู่ชุมชนทางวิชาการ

2.1.2.2 การวิจัยประยุกต์ (Applied Research) เป็นการจำแนกการวิจัย และพัฒนาตามฐานคติความเชื่อที่ว่าการวิจัยประเภทนี้มีลักษณะตรงกันข้ามกับฐานคติแบบแรกกล่าวคือเป็นการวิจัยที่มุ่ง ก่อให้เกิดผลทางด้านการปฏิบัติโดยนำความรู้ หรือความเข้าใจที่แสวงหา หรือสรรค์สร้างขึ้นใหม่มาทำการศึกษาวิจัยต่อในเชิงประยุกต์โดยมุ่งหวังที่จะนำไปใช้พัฒนาการปฏิบัติงาน หรือปรับปรุงแก้ไข ปัญหา ดังนั้น การวิจัย และพัฒนาตามฐานคตินี้จะสนใจในเรื่องประโยชน์ใช้สอยที่ได้จากการวิจัย และพัฒนามากกว่าการสร้างความรู้ หรือความเข้าใจในสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งโดยตรง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือมุ่งเน้นการสรรค์สร้างผลผลิตในรูปผลิตภัณฑ์ หรือสิ่งประดิษฐ์/นวัตกรรมใหม่ พัฒนากระบวนการ ดำเนินงานใหม่ ตลอดจนแสวงหาระบบ และวิธีการบริการใหม่โดยอาศัยการวิจัยเป็นฐานสำหรับการ พัฒนา (Research-base Development)

2.1.2.3 การวิจัยพัฒนา (Development Research) เป็นการจำแนกตามฐานคติความเชื่อที่ว่า การวิจัยประเภทนี้มุ่งเน้นการ “แปรเปลี่ยน” ความรู้ หรือความเข้าใจที่ไม่เคยมีมาก่อนซึ่งได้จากการ วิจัยพื้นฐาน และการวิจัยประยุกต์ที่ให้อยู่ในรูปผลผลิต/นวัตกรรม กระบวนการ หรือการบริการที่ พัฒนาขึ้นใหม่ หรือปรับปรุง “โฉมใหม่” ของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จากที่มีอยู่เดิมแล้วก็ได้ ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ในทางปฏิบัติจริง ๆ รวมทั้งมีคุณค่าตามการรับรู้ และประเมินของผู้ต้องการใช้ และมีมูลค่าเชิงพาณิชย์ ผลลัพธ์ที่ออกมาของการวิจัย และพัฒนาประเภทนี้สามารถ

นำไปใช้ลงมือดำเนินงานได้ทันทีซึ่งแตกต่างไปจากผลลัพธ์ของการวิจัย และพัฒนาสองประเภทแรกที่ต้องรอคอยเวลายาวนานก่อนที่จะให้ผลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติได้จริง

กล่าวโดยสรุป การวิจัยและพัฒนาสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การวิจัยพื้นฐาน การวิจัยประยุกต์ และการวิจัยพัฒนา ซึ่งแต่ละประเภทมีวัตถุประสงค์และบทบาทแตกต่างกัน แต่มีความเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะการวิจัยพัฒนา ซึ่งมุ่งสร้างและปรับปรุงนวัตกรรมให้สามารถนำไปใช้ได้จริง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาเป็นกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับชุดปฏิบัติการและโปรแกรมจำลอง เพื่อให้ได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3 กระบวนการวิจัยและพัฒนา

กองวิจัยทางการศึกษากรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ได้พัฒนาผลงานที่เรียกว่าหลักสูตรการอบรมวิจัยปฏิบัติ เรื่อง การวิจัยเชิงพัฒนาระดับโรงเรียน ซึ่งมีขั้นตอนหลักของวงจร R&D ที่ใช้ในการสร้างหลักสูตรการวิจัยเชิงพัฒนาระดับโรงงานอุตสาหกรรม ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหาทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ
2. การออกแบบนวัตกรรม
3. การสร้าง หรือพัฒนานวัตกรรมตามแนว หรือกรอบของรูปแบบนวัตกรรมที่กำหนดไว้
4. การทดลอง แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ การนำนวัตกรรมไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในสถานการณ์จริง
5. การประเมินผล

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1. การศึกษาปัญหาการเรียนการสอน
2. การกำหนด และจัดทำนวัตกรรมการเรียนการสอน
3. การจัดทำเครื่องมือประเมินคุณภาพ และประสิทธิภาพนวัตกรรมการเรียนการสอน
4. การทดลองศึกษาคุณภาพ และประสิทธิภาพนวัตกรรมการเรียนการสอน
5. การนำนวัตกรรมการเรียนการสอนไปใช้แก้ปัญหา/พัฒนาผู้เรียน
6. การเขียนรายงานผลการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน
7. การเผยแพร่ผลการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน

กระบวนการของการวิจัยและพัฒนา มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นศึกษาผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลงานที่ต้องพัฒนา
2. ขั้นสร้างผลงานบนฐานของการวิจัย
3. ขั้นทดลองภาคสนามที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันที่จะนำไปใช้จริง
4. ขั้นแก้ไขปรับปรุงผลงานเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องจากที่พบในการทดสอบภาคสนาม

ขั้นตอนสำคัญของการวิจัยและพัฒนามี 11 ขั้น คือ

1. กำหนดผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาที่จะทำการพัฒนา
2. รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. วางแผนการวิจัยและพัฒนา
4. พัฒนารูปแบบขั้นต้นของผลิตภัณฑ์
5. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1
6. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1
7. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 2
8. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 2
9. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 3
10. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 3 (ครั้งสุดท้าย)
11. เผยแพร่ผลิตภัณฑ์

กล่าวโดยสรุป แนวคิดการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษามีความเกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ในฐานะกรอบแนวทางสำหรับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยนำกระบวนการวิจัยและพัฒนามาใช้ตั้งแต่การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการ การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรม การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ การปรับปรุงแก้ไข และการนำไปทดลองใช้กับช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ดังนั้น แนวคิดการวิจัยและพัฒนาจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและทำให้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีการตรวจสอบและประเมินอย่างเป็นระบบก่อนนำไปใช้ในการฝึกอบรม

2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) หมายถึง แนวคิดหรือหลักการทางวิชาการที่อธิบายกระบวนการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยลำดับขั้นของการเรียนรู้จากง่ายไปสู่ยาก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมตามลักษณะของแต่ละศาสตร์ ทั้งนี้ การเรียนรู้เกิดจากประสบการณ์และการลงมือปฏิบัติ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ทักษะ และพฤติกรรม (ทิศนา, 2554)

ทฤษฎีการเรียนรู้เป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เนื่องจากช่วยกำหนดแนวทางการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาความรู้ ทักษะ และการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 2 แนวคิดหลัก ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นการรับรู้และการเชื่อมโยงความคิดของแฮร์บาร์ต (Herbart's Apperception Theory)

มีแนวทางการสอนเริ่มต้นจากการทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนที่จะได้รับความรู้ใหม่ และการให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ จนได้ข้อสรุปที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาที่มีสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้ถูกต้องและอย่างเหมาะสม

2.2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้โดยแบ่งผู้เรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ให้มีการทำงานร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือกัน มีความรับผิดชอบทั้งส่วนตัวและส่วนรวมเพื่อให้ตนเองและสมาชิกในกลุ่มประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีที่เน้นการรับรู้และการเชื่อมโยงความคิดของแฮร์บาร์ต ซึ่งมุ่งเน้นการทบทวนความรู้เดิมก่อนการเรียนรู้ใหม่ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ จนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รวมทั้งรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองและสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ร่วมกัน

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยกำหนดให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมกับสถานการณ์ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้า เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ วิเคราะห์สาเหตุและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาตามขั้นตอนของ CPS ตลอดจนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กระบวนการดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการออกแบบใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ และสถานการณ์ปัญหาในชุดกิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถสร้างความรู้จากประสบการณ์ วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และประยุกต์ใช้ความรู้กับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในสถานการณ์จริงได้

2.3 รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอน (Instructional Model) หมายถึง การจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอน โดยจะใช้วิธีการและเทคนิคการสอนที่เป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการหรือความเชื่อต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด

2.3.1 ประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนสามารถแบ่งออกตามลักษณะของวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบการเรียนการสอนเป็น 5 ประเภท โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางที่มีการจัดกิจกรรมที่พัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัยรวมถึงทักษะกระบวนการทางสติปัญญา ดังนี้

2.3.1.1 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ที่มีจุดประสงค์ที่เน้นการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญา ที่แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ

3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า จากข้อมูลในรูปแบบข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอด



ภาพที่ 2-2 ระดับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ตามแนวคิดของ Bloom

2.3.1.2 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) มีจุดประสงค์ในการพัฒนาเจตคติ ค่านิยม คุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน โดยมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้สึก ความเชื่อ และค่านิยมผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสะท้อนผลการเรียนรู้ จนนำไปสู่การแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอน

2.3.1.3 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) มีจุดประสงค์ในการพัฒนาความสามารถด้านการปฏิบัติ การใช้ทักษะการเคลื่อนไหว และการประสานงานระหว่างความคิดกับการปฏิบัติ โดยผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริงอย่างต่อเนื่องจนเกิดความชำนาญ ความถูกต้อง และสามารถประยุกต์ใช้ทักษะในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม เทคโนโลยี และวิชาชีพที่เน้นการฝึกทักษะปฏิบัติ

2.3.1.4 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาทักษะกระบวนการ (Process Skill) มีจุดประสงค์ในการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและการแสวงหาความรู้ของผู้เรียน โดยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การสืบค้นข้อมูล การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา และการคิดสร้างสรรค์ผ่านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ค้นหาคำตอบ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้สามารถนำกระบวนการคิดไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้

2.3.1.5 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ (Integration) มีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการองค์ความรู้จากศาสตร์ที่หลากหลายมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ทั้งความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ร่วมกับการทำงานเป็นทีม การระดมสมอง การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบองค์รวมและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบและส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอน องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

2.3.2.1 หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน เป็นส่วนที่แสดงถึงแนวคิด ความเชื่อ หรือทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน และขั้นตอนการดำเนินงานของรูปแบบการเรียนการสอน

2.3.2.2 จุดประสงค์ เป็นส่วนที่ระบุผลลัพธ์หรือความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

2.3.2.3 เนื้อหา เป็นส่วนที่กำหนดสาระการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้

2.3.2.4 กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการ เป็นส่วนที่กำหนดลำดับขั้นตอน วิธีการ และกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

2.3.2.5 การวัดและประเมินผล เป็นส่วนที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้เป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบกรอบความคิด เป็นการกำหนดกรอบแนวคิดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนการสอน โดยอาศัยการศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ และรูปแบบการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการเรียนการสอน เป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจากกรอบแนวคิดที่ได้กำหนดไว้ โดยกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนและกระบวนการจัดการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อให้รูปแบบการเรียนการสอนสามารถนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน เป็นการนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ (Tryout) กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน หลังการทดลองใช้ ผู้วิจัยอาจปรับปรุงองค์ประกอบหรือกิจกรรมการเรียนการสอนตามผลการประเมิน เพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.4 แนวคิดการจัดการเรียนรู้

การเลือกรูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และแนวคิดในการเลือกรูปแบบการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

2.3.4.1 เป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Goals and Objectives Being Sought) ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่กำหนดแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการมอบหมายกิจกรรมให้แก่ผู้เรียน ดังนั้น รูปแบบการเรียนการสอนจึงควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.4.2 แรงจูงใจของผู้เรียน (Motivation of Students) แรงจูงใจของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนและประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน ผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น โดยใช้สื่อการเรียนการสอนและวิธีการสอนที่หลากหลาย สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถ และความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ความกระตือรือร้น และมีแรงจูงใจในการเรียนรู้ อันจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และการบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

2.3.4.3 หลักการเรียนรู้ (Principle of Learning) ผู้สอนควรประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ควบคู่กับการพิจารณาลักษณะพัฒนาการของผู้เรียน ทั้งด้านสติปัญญา แรงจูงใจ การเสริมแรง พัฒนาการด้านเจตคติ และความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและเตรียมการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับศักยภาพและความแตกต่างของผู้เรียน

2.3.4.4 สิ่งอำนวยความสะดวก อุปกรณ์ และทรัพยากร (Equipment and Resources) การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องคำนึงถึงความพร้อมของสิ่งอำนวยความสะดวก อุปกรณ์ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง ทั้งด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ เทคโนโลยีและสื่อการเรียนการสอน เพื่อสนับสนุนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม ลดข้อจำกัดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนการสอน และส่งเสริมให้การดำเนินกิจกรรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

สรุปได้ว่า การเลือกรูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ แรงจูงใจของผู้เรียน ตลอดจนความพร้อมด้านสื่อ อุปกรณ์ และทรัพยากรที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนด จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แนวคิดในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการลงมือปฏิบัติจริง การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะ และสมรรถนะในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ Creative Problem Solving



ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการเผชิญกับสถานการณ์จริง ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ แนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) จึงได้รับการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา สร้างแนวทางการแก้ไขที่หลากหลาย และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2.4.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1952 โดย อเล็กซ์ เอฟ ออสบอร์น (Alex F. Osborn) ผู้ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็น “บิดาแห่งการระดมสมอง” และเป็นผู้ที่ทำให้คำว่า “การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์” เป็นที่รู้จักในวงการจิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive Psychology) Osborn (1957) อธิบายว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นกรอบแนวคิดที่อาศัยการวิเคราะห์ การจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ในการค้นหาทางเลือก เพื่อพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และเหมาะสมที่สุด

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือ การคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบด้วย การสร้างความคิดที่หลากหลายเพื่อช่วยขยายกรอบความคิด และการคิดวิจารณญาณ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงเหตุผลเพื่อนำมาเปรียบเทียบ หาผลกระทบ และทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับอาร์เบสแมนและพุชชี่โอ ที่ได้เสนอว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นการทำงาน

ร่วมกันระหว่างความคิดสองประการ ได้แก่ ความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) และความคิดเอกนัย (Convergent Thinking)

เทรฟฟิงเกอร์ ไอแซคเซน และดอร์วอล ยังได้เสนอว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นการเชื่อมโยงความสามารถในการสร้างสรรค์ (Creativity) กับกระบวนการแก้ปัญหา (Problem-Solving Approaches) เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงความคิดสร้างสรรค์เข้ากับกระบวนการคิดเพื่อการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

จากนิยามของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาซึ่งต้องประยุกต์ใช้ทั้งความคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงเหตุผล เน้นการคิดหาทางเลือกที่หลากหลาย แตกต่างจากวิธีการหรือรูปแบบเดิม ๆ แล้วพิจารณาว่าทางเลือกใดที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในขณะนั้น การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพมากกว่าการแก้ปัญหาโดยทั่วไป

จากการศึกษานิยามและแนวคิดของนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่บูรณาการการคิดสร้างสรรค์ร่วมกับการคิดเชิงเหตุผล เพื่อสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา วิเคราะห์และประเมินทางเลือกอย่างเป็นระบบ จนนำไปสู่การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แนวคิดดังกล่าวเป็นกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา วางแผน ตัดสินใจ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2 ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดของ Osborn และ Parnes ซึ่งพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ โดยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาเป้าหมาย (Objective Finding) 2) การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) 3) การค้นหาปัญหา (Problem Finding) 4) การค้นหาแนวคิด (Idea Finding) 5) การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา (Solution Finding) และ 6) การค้นหาแนวทางนำไปปฏิบัติ (Acceptance Finding) ผู้วิจัยได้นำกระบวนการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเชื่อมโยงแต่ละขั้นตอนกับบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ขั้นตอนของกระบวนการ CPS และการประยุกต์ใช้ในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า

ขั้นตอน	ชื่อขั้นตอน	ชื่อภาษาอังกฤษ	กิจกรรมหลักในบริบทโรงงาน
1	การระบุปัญหา	Objective Finding	ระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายในการแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
2	การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์	Fact Finding	รวบรวมข้อมูล ตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า วิเคราะห์ข้อมูลจากระบบควบคุม และตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์
3	การกำหนดปัญหา	Problem Finding	วิเคราะห์สาเหตุรากของปัญหา (Root Cause Analysis) และกำหนดปัญหาที่แท้จริงของระบบไฟฟ้า
4	การสร้างแนวคิด	Idea Finding	ระดมสมองเพื่อสร้างแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย โดยประยุกต์ใช้ความรู้ด้านระบบควบคุมไฟฟ้าและเทคโนโลยี IoT
5	การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา	Solution Finding	ประเมิน เปรียบเทียบ และคัดเลือกแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดตามหลักวิศวกรรมและความเป็นไปได้ในการใช้งาน
6	การค้นหาแนวทางการยอมรับ	Acceptance Finding	วางแผนนำแนวทางที่เลือกไปปฏิบัติ ทดลองและตรวจสอบผลด้วยชุดฝึกปฏิบัติการระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสร่วมกับระบบ IoT และปรับปรุงแนวทางแก้ไขให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

จากตารางที่ 2-1 จะเห็นได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นกระบวนการที่ดำเนินการอย่างเป็นลำดับขั้น เริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การกำหนดปัญหาที่แท้จริง การสร้างและคัดเลือกแนวทางการแก้ไข ไปจนถึงการวางแผนและนำแนวทางที่เลือกไปปฏิบัติ กระบวนการดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมุ่งให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) และการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงได้อย่างเป็นระบบ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง CPS ช่วยพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การทำงานร่วมกัน การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา การสร้างนวัตกรรม และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบแนวทางการแก้ไข ทดลองปฏิบัติ และประเมินผลการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

2.4.4 แนวทางการวัดและประเมินผลชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)

การวัดและประเมินผลเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากมุ่งประเมินทั้งความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และสมรรถนะในการปฏิบัติงานของผู้เรียนในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แนวทางการวัดและประเมินผล ดังนี้

2.4.4.1 การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้จากการปฏิบัติงาน การแสดงพฤติกรรม หรือการสร้างผลงานของผู้เรียนในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง เพื่อสะท้อนความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และเจตคติของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

2.4.4.2 การประเมินผลการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) เป็นการประเมินสมรรถนะของผู้เรียนจากการลงมือปฏิบัติงานตามภารกิจหรือสถานการณ์ที่กำหนด โดยพิจารณาความถูกต้องของกระบวนการทำงาน คุณภาพของผลงาน และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวทางดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดให้การประเมินผลครอบคลุมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การปฏิบัติงาน และความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อสะท้อนประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ได้อย่างครบถ้วน

2.4.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนและการจัดการเรียนการสอนหลายประการ ดังนี้

2.4.5.1 ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม โดยสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

2.4.5.2 ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และเกิดเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพด้านระบบควบคุมอัตโนมัติและงานซ่อมบำรุงในภาคอุตสาหกรรม

2.4.5.3 ผู้เรียนสามารถบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบ และแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นระบบ

2.4.5.4 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างภาคทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการปฏิบัติงาน รวมทั้งการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน

ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน (Instructional Package) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ความพร้อม ความสามารถ และความสนใจของผู้เรียนแต่ละคน ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้แบบกลุ่ม และการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนโดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะ และสมรรถนะได้อย่างเต็มศักยภาพ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักวิชาการหลายท่านได้อธิบายหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

2.5.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนการสอน

หลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

2.5.1.1 ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences Theory) ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคน ทั้งด้านความสามารถ ความถนัด ความสนใจ และอัตราการเรียนรู้ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง จึงถือว่าทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอน

2.5.1.2 หลักการใช้สื่อประสม (Multimedia Principle) ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการบูรณาการสื่อการเรียนรู้หลายรูปแบบเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เช่น เอกสารประกอบการเรียน ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสื่อดิจิทัล เพื่อให้สื่อแต่ละประเภทสนับสนุนซึ่งกันและกัน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน

2.5.1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนอาศัยหลักการของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้รับข้อมูลย้อนกลับอย่างต่อเนื่อง และเกิดการเสริมแรงเมื่อประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ถูกจัดลำดับจากง่ายไปยากตามความสามารถของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.1.4 หลักการวิเคราะห์ระบบ (Systems Approach) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินการตามหลักการวิเคราะห์ระบบ โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ วิเคราะห์เนื้อหา ออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ ทดลองใช้ ปรับปรุง และประเมินผลอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้ทุกองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์และสนับสนุนซึ่งกันและกัน อันนำไปสู่การบรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

จากหลักการและทฤษฎีดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนจำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างผู้เรียน การเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อย่างเหมาะสม หลักการเรียนรู้ และกระบวนการพัฒนาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการเรียนรู้ สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับความแตกต่างของผู้เรียน เน้นการลงมือปฏิบัติจริง และใช้กระบวนการพัฒนาอย่างเป็นระบบเพื่อให้ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริง

2.5.2 ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน (Instructional Package หรือ Learning Package) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ให้เป็นระบบ โดยในระยะแรกนิยมใช้คำว่า “ชุดการสอน” (Instructional Package) เนื่องจากมุ่งเน้นบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ต่อมาเมื่อแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner-Centered Learning) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย จึงมีการใช้คำว่า “ชุดการเรียน” (Learning Package) มากขึ้น เพื่อสะท้อนบทบาทของผู้เรียนในการแสวงหาความรู้และเรียนรู้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม นักการศึกษาหลายท่านนิยมใช้คำว่า “ชุดการเรียนการสอน” เพื่อให้ครอบคลุมทั้งบทบาทของครูและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์ ทบวงมหาวิทยาลัย ได้ให้เหตุผลในการใช้คำว่า “ชุดการเรียนการสอน” ว่า การเรียนรู้เป็นกิจกรรมของผู้เรียน ส่วนการสอนเป็นกิจกรรมของผู้สอน ซึ่งทั้งสองส่วนต้องดำเนินควบคู่กันเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้คำว่า “ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน” เพื่อให้ครอบคลุมบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนตลอดกระบวนการเรียนรู้

จากการศึกษาแนวคิดและความหมายของนักการศึกษาหลายท่าน สามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน หมายถึง นวัตกรรมหรือเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยเนื้อหา สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลที่มีความสัมพันธ์กัน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง ทั้งในรูปแบบ

การเรียนรู้รายบุคคลและการเรียนรู้ร่วมกัน โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และติดตามผลการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยให้ความหมายของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนว่า เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับการออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยบูรณาการเนื้อหา สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการปฏิบัติ และการวัดประเมินผล ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา และสมรรถนะด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านการลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริง

2.5.3 ประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนสามารถจำแนกตามลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ 3 ประเภท ได้แก่ ชุดการสอนแบบบรรยาย ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม และชุดการสอนสำหรับการเรียนรู้รายบุคคล โดยแต่ละประเภทมีลักษณะและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.5.3.1 ชุดการสอนแบบบรรยาย เป็นชุดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ออกแบบสำหรับการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียนกลุ่มใหญ่ โดยผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการถ่ายทอดความรู้ผ่านการบรรยาย พร้อมทั้งกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้น สื่อที่ใช้มักเป็นสื่อประสม (Multimedia) เช่น เอกสารประกอบการบรรยาย สื่อการนำเสนอ ภาพประกอบ วิดีโอ และสื่อดิจิทัลอื่น ๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

2.5.3.2 ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม เป็นชุดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) โดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ประมาณ 5–7 คน ผ่านการอภิปราย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการร่วมกันแก้ปัญหา ชุดกิจกรรมแต่ละชุดประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ที่เพียงพอต่อจำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่ม เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการทำงานเป็นทีม

2.5.3.3 ชุดการสอนสำหรับการเรียนรู้รายบุคคล เป็นชุดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามลำดับขั้นของเนื้อหา โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ทั้งด้านความสามารถ ความสนใจ และอัตราการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเอง พร้อมทั้งประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ผ่านแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบในแต่ละหน่วยการเรียน ส่วนผู้สอนมีบทบาทในการให้คำปรึกษา แนะนำ และติดตามผลการเรียนรู้ตามความเหมาะสม

จากการศึกษาประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว จะเห็นได้ว่าแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ทั้งการเรียนรู้แบบบรรยาย การเรียนรู้แบบร่วมมือ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะของการเรียนรู้แบบกิจกรรมกลุ่มร่วมกับการลงมือปฏิบัติจริง โดยประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกัน

วิเคราะห์ปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ออกแบบแนวทางการแก้ไข และปฏิบัติงานด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างเป็นระบบ

2.5.4 องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนที่ได้รับการออกแบบให้มีความสัมพันธ์และสนับสนุนซึ่งกันและกัน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการถ่ายทอดความรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลการเรียนรู้ ทั้งนี้ องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนอาจแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น ชุดการสอนแบบบรรยาย ชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม และชุดการสอนแบบรายบุคคล โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

2.5.4.1 คู่มือครู (Teacher's Manual) คู่มือครูเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยประกอบด้วยคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม บทบาทของผู้สอนและผู้เรียน แผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการวัดและประเมินผล ตลอดจนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อให้ผู้สอนสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด

2.5.4.2 ใบมอบหมายงาน (Assignment Sheet) ใบมอบหมายงานเป็นเอกสารที่กำหนดแนวทางและขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน โดยระบุวัตถุประสงค์ของกิจกรรม คำชี้แจง ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และผลลัพธ์ที่คาดหวัง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าและปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างเป็นลำดับขั้น พร้อมทั้งส่งเสริมความรับผิดชอบและการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.5.4.3 เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ (Learning Content and Instructional Media) เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของเอกสารประกอบการเรียน โปรแกรมจำลอง วิดีโอ ภาพประกอบ แบบฝึกปฏิบัติ ชุดทดลอง หรือสื่อดิจิทัลอื่น ๆ โดยได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมที่กำหนด เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และลงมือปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.4.4 การวัดและประเมินผล (Assessment and Evaluation) การวัดและประเมินผลเป็นองค์ประกอบที่ใช้ตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยอาจประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด การประเมินการปฏิบัติงาน และการประเมินชิ้นงาน เพื่อประเมินทั้งความรู้ ทักษะ และสมรรถนะของผู้เรียน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว จะเห็นได้ว่าแต่ละองค์ประกอบมีบทบาทสำคัญและทำงานเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวางแผนการจัดการเรียนรู้ การกำหนดกิจกรรม การจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ ไปจนถึงการวัดและประเมินผล เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ตามที่กำหนด สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยประกอบด้วยคู่มือผู้สอน ใบมอบหมายงาน เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้สำหรับการปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตลอดจนเครื่องมือวัดและประเมินผล เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.5 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนการสอน การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกระบวนการที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและประเมินผล เพื่อให้ชุดกิจกรรมสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนไว้ 10 ขั้นตอน ดังนี้

2.5.5.1 กำหนดหมวดหมู่ของเนื้อหาและประสบการณ์การเรียนรู้ กำหนดขอบเขตของเนื้อหาและประสบการณ์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตร รายวิชา และผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ต้องการพัฒนา โดยอาจกำหนดเป็นรายวิชาหรือบูรณาการข้ามศาสตร์ตามความเหมาะสม

2.5.5.2 กำหนดหน่วยการเรียนรู้ แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ตามลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหา เพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมภายในแต่ละช่วงเวลา

2.5.5.3 กำหนดหัวข้อเรื่อง กำหนดหัวข้อของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระสำคัญของเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ได้

2.5.5.4 กำหนดมโนมติหรือหลักการสำคัญ สรุปแนวคิด หลักการ หรือมโนมติสำคัญของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

2.5.5.5 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ โดยระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ผู้เรียนสามารถแสดงออกได้หลังสิ้นสุดการเรียนรู้

2.5.5.6 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติ และแก้ปัญหาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

2.5.5.7 กำหนดการวัดและประเมินผล ออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยอาจใช้แบบทดสอบ แบบประเมินการปฏิบัติงาน หรือการประเมินผลงาน เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุม

2.5.5.8 เลือกและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ คัดเลือกหรือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสื่อดิจิทัลที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้และลักษณะของผู้เรียน เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ

2.5.5.9 ตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน นำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้และประเมินประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ชุดกิจกรรมมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.5.10 นำชุดกิจกรรมการเรียนการสอนไปใช้ เมื่อชุดกิจกรรมผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว จึงนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย พร้อมทั้งติดตามและประเมินผลการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

จากขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการพัฒนาชุดกิจกรรมที่มีคุณภาพจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวิเคราะห์เนื้อหา การกำหนด

วัตถุประสงค์ การออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ตลอดจนการตรวจสอบประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้จริง สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวทางดังกล่าวในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่การกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ การสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผล การตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรม และการประเมินประสิทธิภาพก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.5.6 การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยนำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้น เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง หากผลการประเมินแสดงว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดกิจกรรมดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนนิยมใช้เกณฑ์ E1/E2 ซึ่งเป็นการประเมินทั้งประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ (Process Efficiency: E1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ (Product Efficiency: E2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process Efficiency: E1) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้เรียนได้รับจากการทำกิจกรรม แบบฝึกหัด หรือการประเมินระหว่างเรียนตลอดกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการดำเนินกิจกรรมตามชุดกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Product Efficiency: E2) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ผู้เรียนได้รับจากแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนการสอน และสะท้อนถึงระดับการบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียน

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 จะขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหา ระดับของผู้เรียน และวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ โดยทั่วไป หากค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะถือว่าชุดกิจกรรมการเรียนการสอนมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ในการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยประเมินจากคะแนนระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมและคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อพิจารณาว่าชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2.5.7 หลักจิตวิทยาที่นำมาใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอน การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนอาศัยหลักการทางจิตวิทยาการเรียนรู้เป็นพื้นฐานสำคัญ เพื่อส่งเสริมให้

ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยหลักจิตวิทยาที่นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบด้วย

2.5.7.1 การคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนในด้านความสามารถ ความถนัด ความสนใจ และอัตราการเรียนรู้ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของตนเอง และบรรลุผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

2.5.7.2 การยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner-Centered Learning) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการศึกษาค้นคว้า การคิดวิเคราะห์ การลงมือปฏิบัติ และการแก้ปัญหา โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำตลอดกระบวนการเรียนรู้

2.5.7.3 การใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย การเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมและหลากหลาย เช่น เอกสารประกอบการเรียน โปรแกรมจำลอง สื่อดิจิทัล วิดีโอ และชุดทดลองปฏิบัติ จะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหา และเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้

2.5.7.4 การส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน รวมทั้งระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ผ่านการอภิปราย การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการทำงานร่วมกัน เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากหลักการทางจิตวิทยาดังกล่าว การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนควรจัดลำดับกิจกรรมจากง่ายไปสู่ยาก เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) อย่างต่อเนื่อง และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจเมื่อสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จ ซึ่งจะช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง การทำงานร่วมกัน การใช้สื่อและชุดทดลองที่หลากหลาย ตลอดจนการได้รับข้อมูลย้อนกลับระหว่างการปฏิบัติงาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการพัฒนาสมรรถนะด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.8 คุณประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนการสอน แฮริส เบอร์เกอร์ กล่าวถึงคุณประโยชน์ของชุดกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ 5 ประการ ดังนี้

2.5.8.1 ผู้เรียนสามารถประเมินความรู้พื้นฐานของตนเองก่อนเริ่มเรียน และเลือกศึกษาประเด็นที่ยังขาดความเข้าใจได้อย่างเหมาะสม ทำให้การเรียนรู้เป็นไปตามความต้องการและศักยภาพของแต่ละบุคคล

2.5.8.2 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลาและทุกสถานที่ตามความสะดวกของตนเอง ส่งผลให้เกิดความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ และสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตามต้องการ

2.5.8.3 ผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ทันทีหลังจากศึกษาแต่ละหน่วยการเรียน ทำให้ทราบผลการเรียนรู้และสามารถปรับปรุงข้อบกพร่องได้อย่างต่อเนื่อง

2.5.8.4 การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนช่วยให้ผู้สอนมีเวลาในการให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาในการเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากผู้เรียนสามารถศึกษาบางส่วนได้ด้วยตนเอง

2.5.8.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนขึ้นอยู่กับความสามารถและความพยายามของแต่ละบุคคล ผู้เรียนสามารถศึกษาทบทวนเนื้อหาเดิมจนกว่าจะบรรลุผลการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

จากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียนการสอน (Instructional Package) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ได้รับการออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ คู่มือผู้สอน เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบฝึกปฏิบัติ และเครื่องมือวัดและประเมินผล ซึ่งทำงานเชื่อมโยงกันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนจำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล หลักจิตวิทยาการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม และการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทั้งนี้ การตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมนิยมใช้เกณฑ์ E1/E2 เพื่อประเมินทั้งประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยชุดกิจกรรมประกอบด้วยคู่มือผู้สอน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ชุดปฏิบัติการ สื่อการเรียนรู้ เครื่องมือวัดและประเมินผล และแบบทดสอบก่อนเรียน–หลังเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ ทักษะการปฏิบัติงาน การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานด้านระบบควบคุมไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 การวิเคราะห์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับการพัฒนาขึ้นจากการศึกษาสภาพการจัดฝึกอบรมด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งใช้เป็นหน่วยงานกรณีศึกษาในการวิจัย โดยหลักสูตรฝึกอบรมมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะการปฏิบัติงาน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานด้านระบบควบคุมไฟฟ้าและงานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.1 การวิเคราะห์สภาพปัญหาของการฝึกอบรม

จากการศึกษาสภาพการจัดฝึกอบรมด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า และการสำรวจข้อมูลจากผู้สอนและผู้เข้ารับการฝึกอบรม พบว่า การฝึกอบรมยังประสบปัญหาหลายประการ ได้แก่ เครื่องมือและสื่อการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พื้นฐาน ขาดความทันสมัยและไม่เอื้อต่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ เอกสารประกอบการฝึกอบรมเน้นเนื้อหาทฤษฎีเป็นหลัก และมีเนื้อหาที่ผู้เรียนเคยศึกษามาแล้ว ส่งผลให้ผู้เรียนขาดความสนใจ ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ และมีโอกาสฝึกทักษะการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงค่อนข้างจำกัด

นอกจากนี้ รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของช่างซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมยังขาดความมั่นใจในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาและการสำรวจความต้องการของผู้สอนและผู้เข้ารับการฝึกอบรม ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้เป็นสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติ และการทำงานร่วมกัน โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานด้านระบบควบคุมไฟฟ้าและงานซ่อมบำรุงในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6.2 คำอธิบายรายวิชาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษางานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ได้รับการออกแบบและพัฒนาจากการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของสถานประกอบการ โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจและการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุง วิศวกร และผู้จัดการฝ่ายผลิต เพื่อให้เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับลักษณะงานและสมรรถนะที่จำเป็นของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

การออกแบบชุดกิจกรรมยึดกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นกรอบในการจัดการเรียนรู้ โดยประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหา การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การคัดเลือกแนวทางแก้ไข และการนำแนวทางไปทดลองปฏิบัติและประเมินผล เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ วางแผน และตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบในสถานการณ์จริงของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า เนื้อหาการเรียนรู้ครอบคลุมพื้นฐานงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า การวิเคราะห์วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส การตรวจสอบและวินิจฉัยความผิดปกติของระบบ การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สำหรับการเฝ้าติดตามและควบคุมระบบแบบเรียลไทม์ ตลอดจนการปฏิบัติงานภายใต้หลักความปลอดภัยทางไฟฟ้า เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการปฏิบัติงานด้านระบบควบคุมไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กำหนดระยะเวลารวม 135 ชั่วโมง ประกอบด้วย ภาคทฤษฎี 30 ชั่วโมง ภาคปฏิบัติ 30 ชั่วโมง และการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 75 ชั่วโมง โดยชุดกิจกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ คู่มือการฝึกอบรม แผนการจัดการเรียนรู้ สื่อการนำเสนอ และชุดปฏิบัติการ ซึ่งได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการ CPS และสนับสนุนการเรียนรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างเป็นระบบ

จากการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา ผู้วิจัยกำหนดให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะการปฏิบัติ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา ผ่านการเรียนรู้จากสถานการณ์จำลองและการปฏิบัติจริง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ วินิจฉัย และแก้ไขปัญหาของระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวในการปฏิบัติงานด้านระบบควบคุมไฟฟ้าและงานซ่อมบำรุงในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.7 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบอัตโนมัติและการควบคุมในภาคอุตสาหกรรม โดยเป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ แอคชูเอเตอร์ (Actuator) ไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบประมวลผล เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถรับ–ส่งข้อมูล ตรวจสอบสถานะ และสั่งการอุปกรณ์จากระยะไกลได้แบบเรียลไทม์ ส่งผลให้การบริหารจัดการระบบควบคุมและงานซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ เทคโนโลยี IoT ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การตรวจสอบสถานะของระบบ การติดตามข้อมูลการทำงาน และการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของ Industrial Internet of Things (IIoT) ที่ถูกนำมาใช้ในระบบอัตโนมัติของโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

2.7.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) หมายถึง เทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจักร เซนเซอร์ และระบบควบคุมต่าง ๆ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ประมวลผล และสั่งการทำงานระหว่างอุปกรณ์ได้โดยอัตโนมัติผ่านเครือข่ายสื่อสาร โดยอุปกรณ์แต่ละชนิดสามารถระบุตัวตนผ่านหมายเลขประจำเครื่องหรือหมายเลข IP (IP Address) และสื่อสารระหว่างกันในลักษณะ Machine-to-Machine Communication (M2M) ภายใต้โปรโตคอลการสื่อสารที่เหมาะสม

ในภาคอุตสาหกรรม เทคโนโลยี IoT ถูกนำมาใช้ในการติดตามสถานะเครื่องจักร การตรวจวัดค่าจากเซนเซอร์ การควบคุมระบบอัตโนมัติ การแจ้งเตือนความผิดปกติ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวางแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดระยะเวลาหยุดเครื่องจักร และลดต้นทุนการดำเนินงาน

ดังนั้น IoT จึงเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของระบบอัตโนมัติยุคใหม่ โดยช่วยให้เครื่องจักร อุปกรณ์ควบคุม และระบบสารสนเทศสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนา Industrial Internet of Things (IIoT) และ Industry 4.0



ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในด้านต่าง ๆ

Internet of Things หรือ IoT จึงเป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ หลากหลายชนิด ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติ ทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

IoT อาจถือเป็นแนวคิดใหม่ที่มีการกล่าวถึงไม่นานมานี้ แต่ IoT เป็นผลสืบเนื่องของการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างโครงข่ายเพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ที่มีมาตรฐานแตกต่างกันให้สามารถ สื่อสารกันได้ โดย IoT จะเปิดโอกาสให้มีการเชื่อมต่อในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และรองรับอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตที่มีเทคโนโลยีแตกต่างกันมากกว่าเดิม ในปัจจุบันสามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ตามรูปแบบดังต่อไปนี้

2.7.1.1 การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น (Short-range Devices) เป็นรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ในระยะสั้นมากโดยใช้กำลังส่งต่ำมาก เหมาะสำหรับการสื่อสารในพื้นที่ครอบคลุมขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ (Peer-to-peer) หรือการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายก็ได้ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น WiFi, Bluetooth, Z-Wave และ ZigBee เป็นต้น การเชื่อมต่อประเภทนี้เหมาะสำหรับระบบควบคุมภายในโรงงานหรือห้องปฏิบัติการที่ต้องการความหน่วงต่ำ (Low Latency) เช่น การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 กับอุปกรณ์ควบคุมหรือเซนเซอร์ผ่านเครือข่าย Wi-Fi หรือ Bluetooth

2.7.1.2 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นรูปแบบการให้บริการที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้าง โดยอาศัยการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องลูกข่าย IoT เข้ากับโครงสร้างพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่แล้ว ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น เทคโนโลยี NB-IoT และ LTE-M เป็นต้น

2.7.1.3 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายกำลังส่งต่ำบริเวณกว้าง Low Power Wide Area Network (LPWAN) โดยเน้นใช้งานในลักษณะการสื่อสารแบบ Narrow Band หรือ Ultra Narrow Band ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำมาก ประหยัดพลังงานมาก และมีราคา อุปกรณ์ต่อหน่วยที่ต่ำ ตัวอย่างของการเชื่อมต่อในลักษณะดังกล่าว เช่น LoRaWAN, SigFox และ Ingenu เป็นต้น

2.7.1.4 การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารดาวเทียม เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อที่เหมาะสมกับการใช้งานที่มีพื้นที่ครอบคลุมการให้บริการที่กว้างมาก แต่การเชื่อมต่อดังกล่าวจะมีระยะเวลาการตอบสนอง (Latency) ช้ากว่าการเชื่อมต่อรูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางไป-กลับ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสาร ภาคพื้นโลกและดาวเทียม

2.7.2 การประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

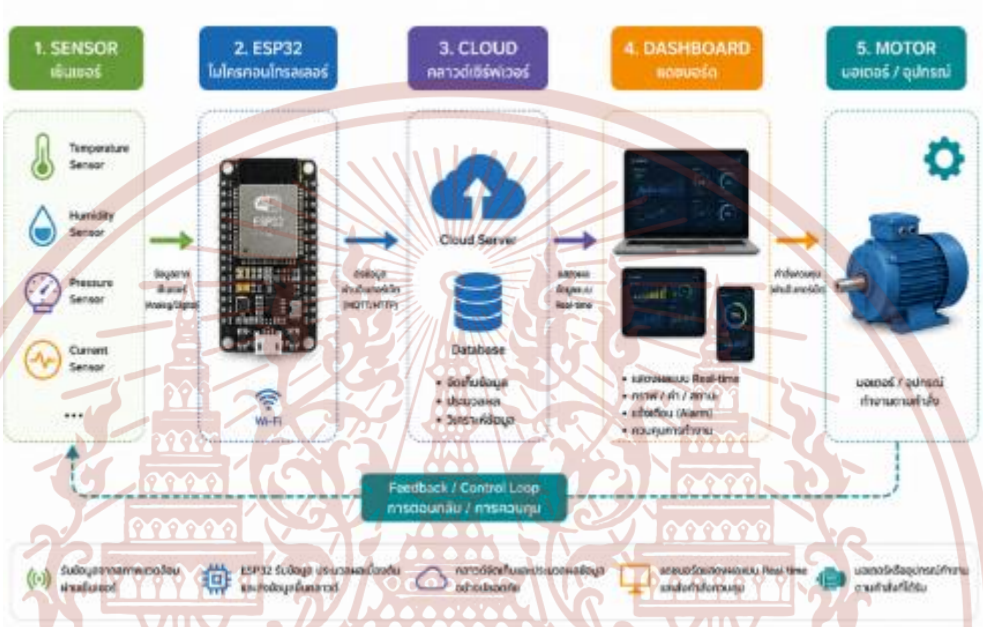
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ เครื่องจักร และระบบควบคุมเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถรวบรวมข้อมูล ประมวลผล และสั่งการอุปกรณ์ได้จากระยะไกล เทคโนโลยีดังกล่าวจึงได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลายภาคส่วน ทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ การขนส่ง อาคารอัจฉริยะ และการเกษตรอัจฉริยะ โดยข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ IoT สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบฐานข้อมูลและเทคโนโลยี Big Data เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการบริหารจัดการได้แบบเวลาจริง (Real-time)

สำหรับงานวิจัยนี้ เทคโนโลยี IoT ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นอุปกรณ์หลักในการรับ–ส่งข้อมูลและเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม Blynk เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะและควบคุมการทำงานของระบบผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันเทคโนโลยี Industrial Internet of Things (IIoT) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการเครื่องจักรและระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่าย และแพลตฟอร์มประมวลผลข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรแบบเวลาจริง (Real-time) เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ ความเร็วรอบของมอเตอร์ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์

ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังระบบฐานข้อมูลหรือแพลตฟอร์ม Cloud เพื่อใช้ในการติดตาม ตรวจสอบ วิเคราะห์แนวโน้ม และแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติของเครื่องจักร ทำให้สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาการหยุดเครื่องจักร (Downtime) และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาการตรวจสอบสถานะของระบบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IIoT ในโรงงานอุตสาหกรรมยุคใหม่



ภาพที่ 2-5 การเชื่อมต่อ Sensor ⟶ ESP32 ⟶ Cloud ⟶ Dashboard ⟶ Motor

อินเทอร์เน็ตอุตสาหกรรม (Industrial Internet) หรือ Industrial Internet of Things (IIoT) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในภาคอุตสาหกรรม โดยเชื่อมโยงเครื่องจักร อุปกรณ์ควบคุม เซนเซอร์ เครื่องมือวัด และระบบสารสนเทศเข้าด้วยกันผ่านโครงข่ายการสื่อสารข้อมูล เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ตรวจสอบสถานะ และควบคุมการทำงานของระบบได้แบบเวลาจริง (Real-time) ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีความแม่นยำ มีความต่อเนื่อง และลดการพึ่งพาการปฏิบัติงานด้วยแรงงานคนในขั้นตอนที่สามารถทำงานอัตโนมัติได้

การรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ เช่น อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า การสั่นสะเทือน ความเร็วรอบของมอเตอร์ และสถานะการทำงานของเครื่องจักร ทำให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจจับความผิดปกติ และวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) รวมถึงการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดระยะเวลาหยุดเครื่องจักร (Downtime) ลดต้นทุนด้านการบำรุงรักษา และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

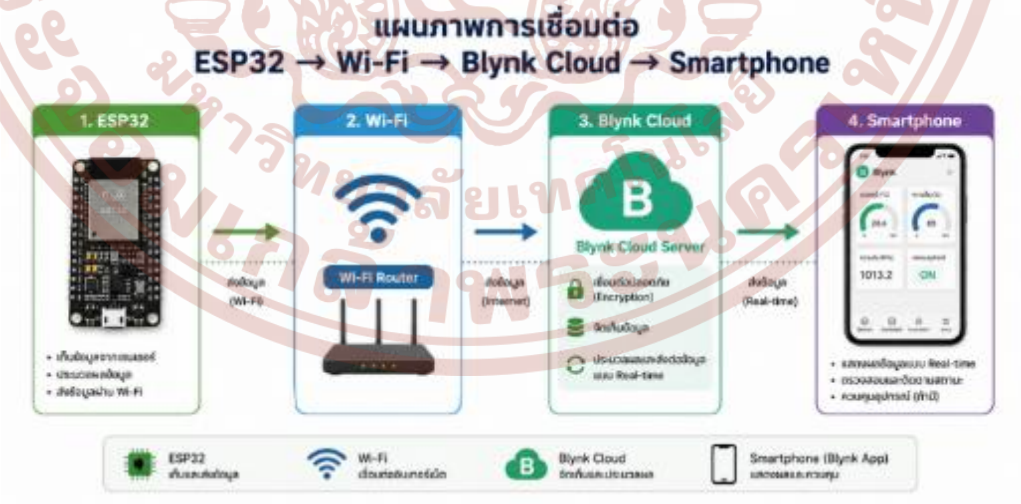
นอกจากนี้ การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบการผลิต ระบบคลังสินค้า ระบบโลจิสติกส์ และระบบบริหารจัดการองค์กร ทำให้สามารถติดตามข้อมูลและบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างเป็นระบบ สนับสนุนการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูล (Data-driven Decision Making) และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ อุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0) ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและระบบอัตโนมัติเพื่อยกระดับประสิทธิภาพการผลิต

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Industrial Internet of Things (IIoT) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นอุปกรณ์หลักในการเชื่อมต่อระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบสถานะของระบบ วิเคราะห์ข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่านแพลตฟอร์ม IoT ได้ ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้านระบบควบคุมอัตโนมัติและงานซ่อมบำรุงในบริบทของโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและงานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ควบคุม และแพลตฟอร์มประมวลผลข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องจักรและควบคุมระบบได้แบบเวลาจริง (Real-time)

ข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ ความเร็วรอบของมอเตอร์ และสถานะของอุปกรณ์ควบคุม สามารถส่งไปยังระบบ Cloud หรือแพลตฟอร์ม IoT เพื่อแสดงผลผ่าน Dashboard และแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถติดตาม วิเคราะห์ และวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาการหยุดเครื่องจักร (Downtime) และเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบการผลิต

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับแพลตฟอร์ม Blynk IoT เพื่อเชื่อมต่อระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนสามารถตรวจสอบสถานะของระบบ สั่งการควบคุมอุปกรณ์ และติดตามผลการทำงานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่หรือคอมพิวเตอร์ได้แบบเวลาจริง ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาในบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2-6 แผนภาพการเชื่อมต่อ ESP32 ⟶ Wi-Fi ⟶ Blynk Cloud ⟶ Smartphone
ที่มา: ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์จากแนวคิดการทำงานของ Blynk IoT Platform

ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ร่วมกับระบบสื่อสารข้อมูล เซนเซอร์ อุปกรณ์ตรวจวัด และระบบควบคุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ทั้งด้านการผลิต การส่ง การจำหน่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้า

โดยสามารถตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แบบเวลาจริง (Real-time) ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า (Demand Forecasting) และควบคุมการจ่ายพลังงานให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการบริหารจัดการพลังงานแล้ว เทคโนโลยี IoT ยังสนับสนุนการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า การติดตามคุณภาพกำลังไฟฟ้า การแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวางแผนบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นคงของระบบ ลดการสูญเสียพลังงาน และเพิ่มความน่าเชื่อถือในการจ่ายไฟฟ้า

สำหรับภาคอุตสาหกรรม ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะสามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่าย Internet of Things (IoT) ทำให้สามารถติดตามสถานะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบควบคุม และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้จากระยะไกล พร้อมทั้งสนับสนุนการตัดสินใจด้านการบำรุงรักษาและการจัดการพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะมาประยุกต์ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และแพลตฟอร์ม Blynk IoT เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) โดยผู้เรียนสามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์จำลอง ซึ่งสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในระบบควบคุมไฟฟ้าและระบบอัตโนมัติของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในระบบสาธารณสุข เพื่อสนับสนุนการติดตามและบริหารจัดการข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยแบบเวลาจริง (Real-time) โดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจวัดทางการแพทย์ เซนเซอร์ และอุปกรณ์สวมใส่ (Wearable Devices) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อุณหภูมิร่างกาย ระดับออกซิเจนในเลือด และข้อมูลการเคลื่อนไหว ก่อนส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังระบบฐานข้อมูลหรือแพลตฟอร์ม Cloud เพื่อใช้ในการติดตาม วิเคราะห์ และประเมินสุขภาพของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง

ข้อมูลที่รวบรวมได้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการวินิจฉัยโรค การแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติ การเฝ้าระวังสุขภาพจากระยะไกล (Remote Health Monitoring) และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวางแผนด้านสาธารณสุข ทำให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถให้บริการได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แม้ว่าการประยุกต์ใช้ IoT ในระบบสาธารณสุขจะมีวัตถุประสงค์แตกต่างจากภาคอุตสาหกรรม แต่หลักการสำคัญยังคงอยู่บนพื้นฐานเดียวกัน คือ การใช้เซนเซอร์และระบบสื่อสารข้อมูลในการรวบรวม วิเคราะห์ และส่งข้อมูลแบบเวลาจริง เพื่อสนับสนุนการติดตามสถานะและการตัดสินใจ ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับการประยุกต์ใช้ IoT ในระบบควบคุมและงานซ่อมบำรุงในภาคอุตสาหกรรม

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องอาศัยแพลตฟอร์มสำหรับการรับ–ส่งข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การแสดงผล และการสั่งการอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยแพลตฟอร์มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภาคสนาม (Field Devices) เช่น เซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ควบคุม กับผู้ใช้งาน

ผ่านระบบเครือข่าย ทำให้สามารถติดตามสถานะของระบบและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้แบบเวลาจริง (Real-time)

ปัจจุบันมีแพลตฟอร์ม IoT ที่รองรับการพัฒนาระบบควบคุมและระบบติดตามข้อมูลหลายรูปแบบ เช่น Blynk, MQTT Dashboard และแพลตฟอร์ม Cloud IoT ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Dashboard พร้อมทั้งแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติของระบบ และรองรับการสั่งการอุปกรณ์จากระยะไกลผ่านคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ ส่งผลให้การบริหารจัดการระบบควบคุมและการบำรุงรักษาเครื่องจักรมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ Blynk IoT เป็นแพลตฟอร์มในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส โดยผู้เรียนสามารถตรวจสอบสถานะของระบบ แสดงผลข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล และการแก้ปัญหาในบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบการจัดการภายในบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ภายในบ้านและระบบควบคุมต่าง ๆ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดตาม ตรวจสอบ และสั่งการอุปกรณ์จากระยะไกลผ่านสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ Smart Home ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น ระบบแสงสว่าง เครื่องซักผ้า กลอนประตูอัจฉริยะ ระบบรักษาความปลอดภัย กล้องวงจรปิด และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ โดยอาศัยเซนเซอร์และอุปกรณ์ควบคุมในการตรวจจับสถานะการทำงาน รวมถึงการรับ–ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การเปิด–ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ และการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในระบบ Smart Home ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต ลดการใช้พลังงานโดยไม่จำเป็น เพิ่มความปลอดภัยในการอยู่อาศัย และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แม้ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในระบบ Smart Home จะมุ่งเน้นการอำนวยความสะดวกในการอยู่อาศัย แต่หลักการสำคัญยังคงอยู่บนพื้นฐานของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การรับ–ส่งข้อมูล และการควบคุมอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตลอดจนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบสำนักงานอัจฉริยะ (Smart Office) เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสำนักงาน ทั้งด้านการใช้พลังงาน การรักษาความปลอดภัย และการบริหารทรัพยากรภายในองค์กร โดยอาศัยการเชื่อมโยงอุปกรณ์ เซนเซอร์ และระบบควบคุมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถตรวจสอบและสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แบบเวลาจริง (Real-time)

การประยุกต์ใช้ IoT ในสำนักงานครอบคลุมการควบคุมระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบรักษาความปลอดภัย การจัดการห้องประชุม การติดตามทรัพย์สิน การบริหารจัดการเอกสาร ตลอดจนการสนับสนุนการฝึกอบรมบุคลากรด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุนการดำเนินงาน และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ทั้งนี้ มีรายงานจาก McKinsey Global Institute ระบุว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในสำนักงานสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในระบบสำนักงานอัจฉริยะจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการองค์กร แต่หลักการสำคัญยังคงอาศัยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การรับ–ส่งข้อมูล และการควบคุมระบบผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับงานวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส



ภาพที่ 2-7 ระบบควบคุมไฟและเครื่องปรับอากาศ

สรุปได้ว่า เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในหลายภาคส่วน ทั้งด้านการเกษตร อุตสาหกรรม การคมนาคม การบริหารจัดการเมือง สาธารณสุข การค้าปลีก ที่อยู่อาศัย และสำนักงานอัจฉริยะ โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ลดต้นทุน เพิ่มความสะดวก ความปลอดภัย และสนับสนุนการตัดสินใจจากข้อมูลที่ได้รับแบบเวลาจริง (Real-time) ผ่านการเชื่อมโยงอุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบ IoT ควรคำนึงถึงความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล ความน่าเชื่อถือของระบบ และความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งานควบคู่ไปด้วย

การพัฒนาระบบ IoT ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ส่วนซอฟต์แวร์ (Software) โดยส่วนฮาร์ดแวร์ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ อุปกรณ์รับ–ส่งข้อมูล อุปกรณ์ขับมอเตอร์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ส่วนซอฟต์แวร์เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ การสื่อสารข้อมูล และการประมวลผลข้อมูล ซึ่งสามารถพัฒนาได้ด้วยภาษาโปรแกรมหลายภาษา ทั้งนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการพัฒนาระบบ IoT เนื่องจากมีขนาดเล็ก ราคาประหยัด ประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้หลากหลาย และสามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบ โดยสามารถรับข้อมูลจากเซนเซอร์ ประมวลผลตามโปรแกรมที่กำหนด และสั่งการอุปกรณ์เอาต์พุต เช่น รีเลย์ มอเตอร์ ไฟฟ้า หลอดไฟ หรืออุปกรณ์แสดงผลต่าง ๆ ได้อย่างอัตโนมัติ จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม การศึกษา งานวิจัย และการพัฒนานวัตกรรม

ปัจจุบันมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลายประเภทที่ได้รับความนิยม เช่น Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Nano และ ESP32 ซึ่งแต่ละรุ่นมีคุณลักษณะและสมรรถนะที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน โดยบอร์ด Arduino เป็นแพลตฟอร์มแบบเปิด (Open Source Platform) ที่ได้รับการออกแบบให้ใช้งานง่าย รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย จึงเหมาะสำหรับการเรียนการสอน การพัฒนาโครงงาน และงานต้นแบบด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ

สำหรับบอร์ด ESP32 ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการประยุกต์ใช้งานด้าน Internet of Things (IoT) โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูง พร้อมโมดูล Wi-Fi และ Bluetooth ภายในตัว ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์สื่อสารได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริม อีกทั้งยังรองรับการเชื่อมต่อเซนเซอร์ อุปกรณ์ควบคุม และแพลตฟอร์ม IoT ต่าง ๆ เช่น Blynk IoT, MQTT และ Cloud Platform จึงเหมาะสำหรับการพัฒนาระบบควบคุมและระบบติดตามข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-time Monitoring)

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ด ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลักของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง รองรับการสื่อสารผ่านเครือข่าย Wi-Fi และสามารถเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม Blynk IoT เพื่อควบคุมและติดตามการทำงานของระบบมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสผ่าน

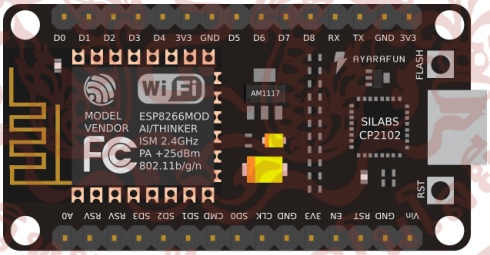
เครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของระบบอัตโนมัติและอุตสาหกรรมอัจฉริยะ (Industry 4.0)



ก) Arduino Uno R3



ข) Arduino Mega 2560

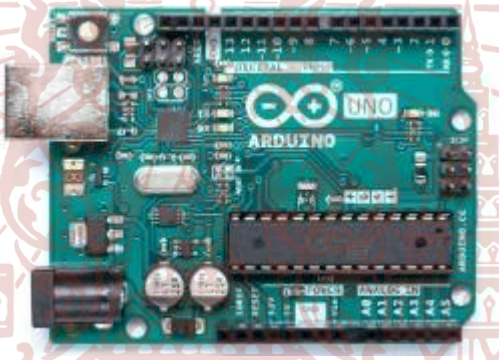


ค) ESP8266 NodeMCU

ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมและระบบ Internet of Things (IoT) ได้แก่ (ก) Arduino Uno (ข) Arduino Mega 2560 และ (ค) ESP32

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ใช้งานได้ง่าย ราคาประหยัด และเหมาะสำหรับการเรียนรู้ การพัฒนาโครงงาน ตลอดจนการสร้างต้นแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ นอกจากนี้ ยังมีไลบรารี (Library) และอุปกรณ์ต่อพ่วง (Module) ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับการใช้งานร่วมกับบอร์ด Arduino Uno เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ได้อย่างหลากหลาย

บอร์ด Arduino Uno สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รุ่น ตามลักษณะของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ Arduino Uno แบบ DIP (Dual Inline Package) ซึ่งใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ โดยติดตั้งผ่านซ็อกเก็ต (Socket) บนแผงวงจร และ Arduino Uno แบบ SMD (Surface Mount Device) ซึ่งใช้ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บัดกรีติดกับแผงวงจร ทำให้ไม่สามารถถอดเปลี่ยนชิปได้ แม้ว่าบอร์ด Arduino Uno ทั้งสองรุ่นจะมีความแตกต่างกันในลักษณะการติดตั้งชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ทั้งสองรุ่นมีคุณสมบัติด้านการทำงานเหมือนกัน ทั้งในด้านการเขียนโปรแกรมภาษาโปรแกรมที่ใช้ ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยความแตกต่างที่สำคัญคือ บอร์ด Arduino Uno แบบ DIP สามารถถอดเปลี่ยนชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ จึงมีราคาสูงกว่าบอร์ด Arduino Uno แบบ SMD ซึ่งไม่สามารถถอดเปลี่ยนชิปได้

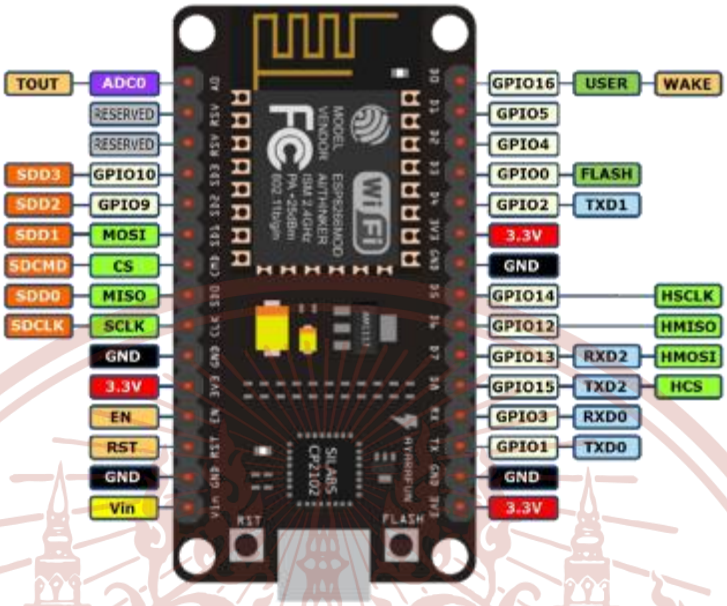


ภาพที่ 2-9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno

2.8.3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำชิพโมดูล ESP8266 สำหรับติดต่อสื่อสารบนมาตรฐาน Wi-Fi นิยมใช้งานร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เนื่องด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ได้ทั้งแบบอัตโนมัติ และแบบออนไลน์โดยผู้ใช้ผ่านอินเทอร์เน็ตร่วมกับอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็ปเล็ต เป็นต้น โดยทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6 V ทำงานใช้กระแสโดยเฉลี่ย 80 mA รองรับคำสั่ง Deep Sleep เพื่อการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสน้อยกว่า 10 μA สามารถเรียกการกลับมาส่งข้อมูลใช้เวลาน้อยกกว่า 2 ms ภายในมีชุด Low Power MCU 32 bit ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ มีวงจร Analog Digital Converter ทำให้สามารถอ่านค่าจาก Analog ได้ในความละเอียด 10 bit ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125°C

เมื่อนำชิพ ESP8266 มาผลิตเป็นโมดูลหลาย ๆ รุ่นแล้ว มักจะขึ้นต้นด้วย ESP8266 แล้วตามด้วยรุ่น เช่น ESP-01, ESP-03, ESP-07, ESP-12E และ ESP8266 ติดต่อกับ Wi-Fi แบบ Serial ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมลงไปในชิพ โดยใช้ Arduino IDE ได้เลย ทำให้การเขียนโปรแกรม และใช้งานเป็นเรื่องง่าย คล้ายคลึงกับการใช้ Arduino รุ่นอื่น ๆ และสามารถติดต่ออุปกรณ์ หรือเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่สามารถรอบรับคำสั่งจาก Arduino ได้อย่างรวดเร็ว

โมดูล ESP8266 มีหลายรุ่น และมีรุ่นใหม่พัฒนาออกมาเรื่อย ๆ โดยโครงสร้าง และขาที่ใช้งานจะมีลักษณะคล้ายกันตามคุณลักษณะของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 NodeMCU มีดังนี้



ภาพที่ 2-10 ขาต่าง ๆ ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 NodeMCU

GPIO0 เป็นขาสำหรับเลือกโหมด โดยเมื่อต่อกับ GND จะเข้าโหมดโปรแกรม เมื่อต้องการให้ทำงานปกติก็ไม่ต้องต่อ

GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เพื่อให้โมดูลทำงาน

CH_PD หรือ EN เป็นขาที่ต้องต่อไฟ VCC เพื่อ Pull Up สัญญาณ ให้โมดูลทำงาน (โมดูลบางรุ่นไม่มีขา Reset มาให้ เมื่อต้องการรีเซต ให้ต่อขา CH_PD กับ GND)

Reset ต่อกับไฟ VCC เพื่อ Pull Up สัญญาณ โดยเมื่อต้องการรีเซต ให้ต่อกับไฟ GND

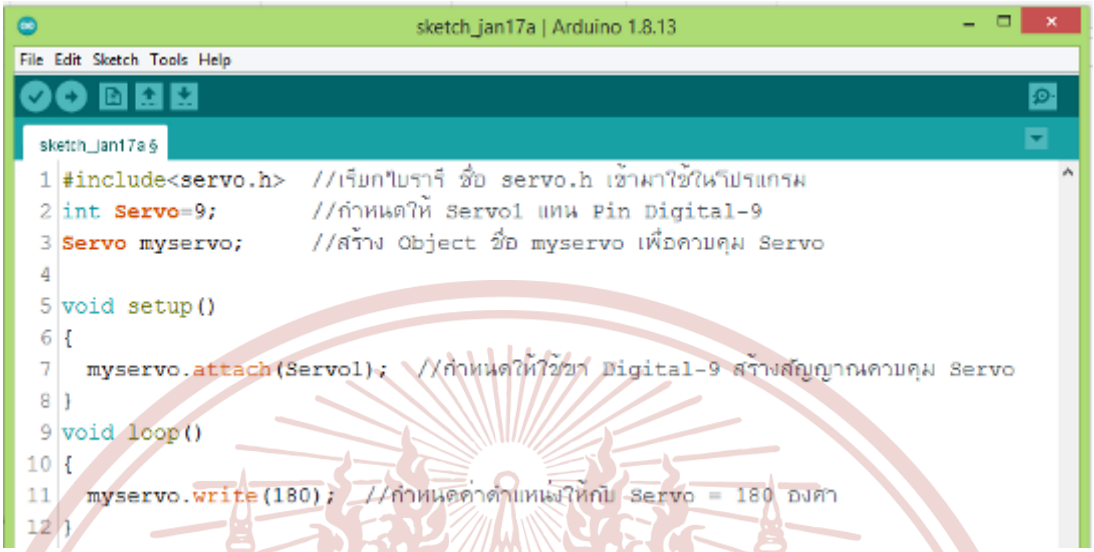
VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไฟเลี้ยง ใช้ไฟเลี้ยง 3.0-3.6 V

GND ต่อกับไฟ 0V

GPIO เป็นขาดิจิตอล INPUT/OUTPUT ทำงานที่ไฟ 3.3 V

ADC เป็นขา Analog INPUT รับแรงดันสูงสุด 1V ความละเอียด 10 bit หรือ 1024 ค่า

2.8.3.3 ภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมของ Arduino คือ ภาษาที่ใช้กับ Arduino แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักคือโครงสร้างภาษา (Structure) ตัวแปรค่าคงที่และฟังก์ชั่น (Function) ภาษาของ Arduino จะอ้างอิงตามภาษา C/C++ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino คือการเขียนโปรแกรมภาษาซี (C Language for Programming) โดยเรียกใช้ฟังก์ชัน และไลบรารีที่ทาง Arduino ได้เตรียมไว้ให้ เมื่อนำฟังก์ชั่น มารวมเข้าด้วยกัน จึงเรียกว่าโปรแกรม โดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino ทุก ๆ โปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชัน จำนวน 2 ฟังก์ชัน คือ setup() และ loop()



ภาพที่ 2-11 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นเมื่อปุ่ม Close แสดงขึ้น และทดสอบใช้งานโปรแกรม

จากภาพที่ 2-11 โครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับ Arduino ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. Header ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม ซึ่งส่วนของ Header เช่น ส่วนที่เป็น Compiler Directive ต่าง ๆ รวมถึงส่วนของการประกาศตัวแปร และค่าคงที่ต่าง ๆ ที่จะใช้ในโปรแกรม

2. setup() ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุก ๆ โปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรมจะไม่ต้องการใช้งาน แต่จำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใด ๆ ไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา {} ที่ใช้เป็นตัวกำหนดของเขตของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่คำสั่งเกี่ยวกับการ Setup ค่าการทำงานต่าง ๆ เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของ PinMode และการกำหนดค่า Baud Rate สำหรับใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

3. loop() เป็นส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุก ๆ โปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชัน setup() โดยฟังก์ชัน loop()จะใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำ ๆ กันไปไม่รู้จบ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับรูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือ ฟังก์ชัน main() นั่นเอง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำองค์ความรู้ แนวคิด วิธีดำเนินการวิจัย ตลอดจนผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เครื่องมือวิจัย และการวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ. ด้านวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเชิงวิพากษ์. ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้นอย่างชัดเจน ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้และเกณฑ์การประเมินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

อาภรณ์ ศรีสวัสดิ์ (2563) ได้ศึกษาผลของ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของพนักงานในอุตสาหกรรมการผลิต ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.5/82.3 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.51) ผลการวิจัยดังกล่าวสนับสนุนแนวคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS สามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาชุดกิจกรรมสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ณัฐวุฒิ ประสงค์ธรรม (2562) ได้ศึกษาการใช้ กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ในการฝึกอบรมช่างอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า การนำกระบวนการ CPS มาใช้ช่วยลดระยะเวลาในการแก้ปัญหางานบำรุงรักษาเครื่องจักรได้เฉลี่ย ร้อยละ 35 และเพิ่มความถูกต้องในการวินิจฉัยปัญหาได้ ร้อยละ 42 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอบรม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกระบวนการ CPS ในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาสำหรับบุคลากรด้านอุตสาหกรรม

ประเสริฐ ฤทธิ์พฤกษ์ (2561) ได้พัฒนา ชุดการสอนเรื่องการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าโรงงานสำหรับนักศึกษาช่างไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนมีประสิทธิภาพ 79.8/81.2 และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าสามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการวิจัยครั้งนี้

อาร์คิรา สมหวัง, คณอกวรรณ รัตนวงษ์ และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล (2562) ได้นำเสนอการพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรมด้วยรูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมด้วยรูปแบบการสอนแบบ

สะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า (1) หลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.34 (2) หลักสูตรมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และ (3) ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.46 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมด้วยรูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่สนับสนุนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้

Wang และ Chen (2021) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Creative Problem Solving in Industrial Maintenance Training ในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไต้หวัน โดยเปรียบเทียบผลการฝึกอบรมระหว่างกลุ่มที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) กับกลุ่มที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยกระบวนการ CPS สามารถลดระยะเวลาการหยุดการผลิต (Downtime) ของสายการผลิตได้เฉลี่ยร้อยละ 28 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ CPS ในการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรด้านการซ่อมบำรุงในภาคอุตสาหกรรม

Puccio, Mance and Murdock (2011) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Creative Leadership: Skills That Drive Change โดยพบว่า บุคลากรที่ผ่านการฝึกอบรมตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีทักษะด้านการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และภาวะผู้นำสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังสามารถบริหารจัดการปัญหาที่มีความซับซ้อนภายในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการ CPS ไม่เพียงแต่ส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์เท่านั้น แต่ยังช่วยพัฒนาศักยภาพในการตัดสินใจและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

Alciatore and Histand (2019) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้โปรแกรมจำลอง Programmable Logic Controller (PLC) ในการฝึกอบรมช่างอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยโปรแกรมจำลองมีความสามารถในการวินิจฉัยและแก้ไขปัญหาระบบ PLC สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกอบรมด้วยวิธีการบรรยายเพียงอย่างเดียว และสามารถลดระยะเวลาในการฝึกอบรมลงได้ประมาณร้อยละ 40 ผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะวิชาชีพของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

Treffinger, Isaksen, and Dorval (2000) ได้รายงานว่า รูปแบบกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Model) ที่ประยุกต์ใช้ในบริบทของภาคอุตสาหกรรมมีความยืดหยุ่นสูง และสามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่หลากหลาย โดยเฉพาะงานที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และการแก้ไขปัญหาเชิงเทคนิคอย่างเป็นระบบ ซึ่งส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพและสามารถรับมือกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น

ศรีวรรณ ฉัตรสุริยวงศ์ (2559) ได้นำเสนอการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา (STEM Education) บูรณาการท้องถิ่น ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้จากปัญหาและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการวางแผนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้น ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม

แนวทางดังกล่าวอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประภัสสร วงษ์ดี (2562) ได้นำเสนอ รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาครูสาขาช่างอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า (1) ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นต่อรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีมาก (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติสามารถส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณพงศ์ วรรณพิรุณ (2559) ได้นำเสนอ รูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) เพื่อเสริมสร้างทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายสามารถพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการฝึกอบรม ล้วนส่งผลเชิงบวกต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และสมรรถนะด้านวิชาชีพของผู้เรียนและบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดและผลการวิจัยดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อยกระดับสมรรถนะของพนักงานช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

สรุปและช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap)

ตารางที่ 2-2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและความเชื่อมโยงกับงานวิจัยปัจจุบัน

ผู้วิจัย/ปี	ประเด็นวิจัย	ผลการวิจัยสำคัญ	ความเชื่อมโยงกับงานวิจัยปัจจุบัน
สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554)	ชุดกิจกรรม CPS วิศวกรรม	ผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม สูงกว่ากลุ่มควบคุม (p<.05)	แนวทางการออกแบบชุดกิจกรรม CPS
ณัฐวุฒิ ประสงค์ธรรม (2562)	CPS ในการฝึกอบรมช่างอุตสาหกรรม	ลดเวลาซ่อมบำรุง 35%	การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของช่างซ่อมบำรุง
ประเสริฐ ฤทธิ์พฤกษ์ (2561)	ชุดการสอนซ่อมบำรุงไฟฟ้าโรงงาน	ประสิทธิภาพ 79.8/81.2	แนวทางการพัฒนาเนื้อหาด้านระบบไฟฟ้า
อาภรณ์ ศรีสวัสดิ์ (2563)	CPS เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	E1/E2 = 80.5/82.3	เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม
Wang & Chen (2021)	CPS ในงานซ่อมบำรุงอุตสาหกรรม	ลด Downtime 28%	ประยุกต์ใช้ CPS ในงานซ่อมบำรุง
Isaksen et al. (2000)	CPS ในบริบทอุตสาหกรรม	โมเดลมีความยืดหยุ่นสูง	กรอบแนวคิดของกระบวนการ CPS

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตลอดจนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะของผู้เรียนหรือบุคลากรในภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในบริบทของการพัฒนาบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ยังพบช่องว่างขององค์ความรู้ (Research Gap) ที่สำคัญ ดังนี้

1. งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาการประยุกต์ใช้กระบวนการ CPS ในบริบทของการศึกษาการพัฒนาทักษะทั่วไป หรืออุตสาหกรรมการผลิตโดยรวม แต่ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการนำกระบวนการ CPS มาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาสมรรถนะด้านการควบคุมและซ่อมบำรุงมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ค่อนข้างจำกัด

2. แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและ Internet of Things (IoT) ในภาคอุตสาหกรรม รวมถึงงานวิจัยด้านการพัฒนาการเรียนรู้ด้วย CPS แต่ยังขาดการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทของการปฏิบัติงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม

3. จากผลการศึกษาของผู้วิจัยในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และการพัฒนาการฝึกอบรมในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ พบว่ายังไม่มีการศึกษาที่บูรณาการองค์ความรู้ดังกล่าวเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) เพื่อพัฒนาสมรรถนะของพนักงานช่างซ่อมบำรุงในบริบทของโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ จังหวัดสมุทรปราการอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าว โดยพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ที่บูรณาการองค์ความรู้ด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และกรณีศึกษาจากสถานการณ์จริงของโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการปฏิบัติงานของพนักงานช่างซ่อมบำรุงให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในยุคดิจิทัล

สรุป

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การสร้างแนวทางแก้ปัญหา การตัดสินใจ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ขณะเดียวกัน การจัดการเรียนรู้และการฝึกอบรมด้านวิศวกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติร่วมกับเทคโนโลยีระบบควบคุมและ Internet of Things (IoT) มีส่วนสนับสนุนการพัฒนาความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การศึกษาที่บูรณาการกระบวนการ CPS เข้ากับการฝึกปฏิบัติด้านระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและเทคโนโลยี IoT เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในบริบทโรงงานอุตสาหกรรมยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการออกแบบเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เผชิญสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ สร้างและคัดเลือกแนวทางแก้ไข ตลอดจนทดลองแก้ไขปัญหาด้วยชุดฝึกปฏิบัติการ ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS สำหรับปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมและความสามารถในการแก้ปัญหาของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการปฏิบัติงานของพนักงานช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของสถานประกอบการ การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย การทดลองใช้ และการประเมินผล เพื่อให้ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและการวิเคราะห์ความต้องการ (Analysis Phase) ประกอบด้วยการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (Development Phase) ประกอบด้วยการออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) การสร้างเครื่องมือวิจัย และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence) ก่อนนำเครื่องมือไปใช้จริง และ ระยะที่ 3 การทดลองใช้และการประเมินผล (Implementation and Evaluation Phase) ประกอบด้วยการดำเนินการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการประเมินผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อคุ้มครองสิทธิ ความปลอดภัย และสวัสดิภาพของผู้เข้าร่วมการวิจัย ตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ตัวแปรต้นของการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ (1) ความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (2) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนด (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมจากคะแนนก่อนและหลังการฝึกอบรม และ (4) ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปอย่างมีระบบ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และสามารถตอบคำถามการวิจัยได้อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 การสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.4 การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

3.5 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

3.6 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

3.7 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

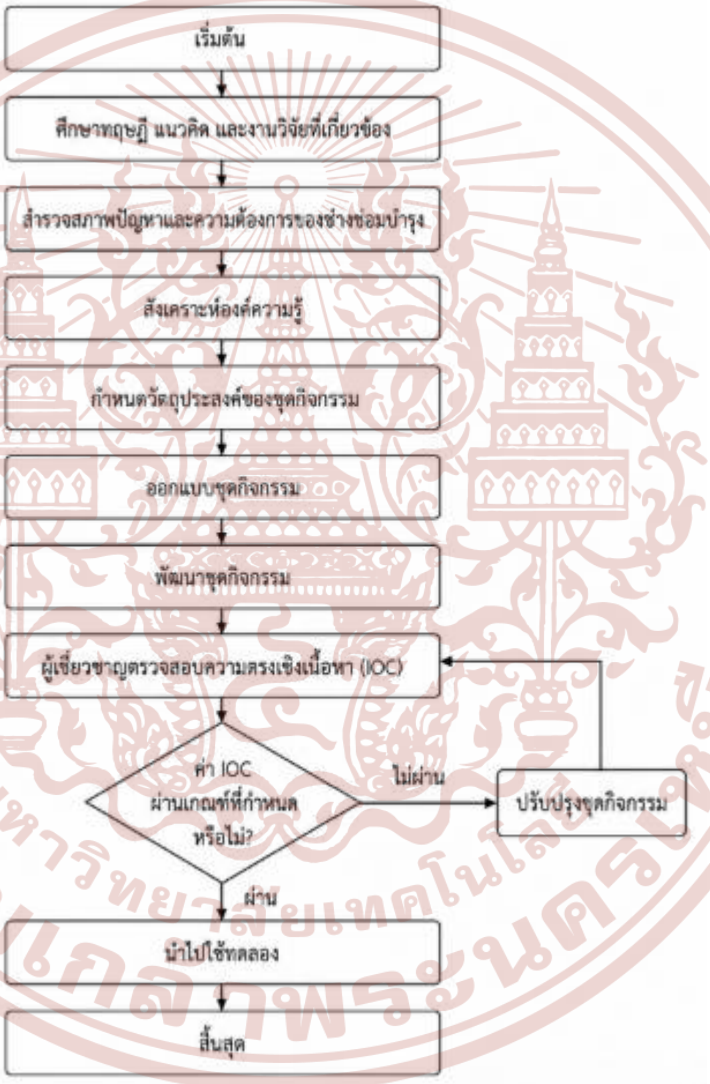
ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยศึกษาทฤษฎี แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนบริบทการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้สำหรับกำหนดโครงสร้าง เนื้อหา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของสถานประกอบการ

การศึกษาและวิเคราะห์ดังกล่าวครอบคลุมทั้งการศึกษาหลักการของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) การวิเคราะห์ลักษณะงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า การสำรวจปัญหาในการปฏิบัติงาน รวมถึงการกำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมพนักงานช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทการทำงานจริง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 3-1

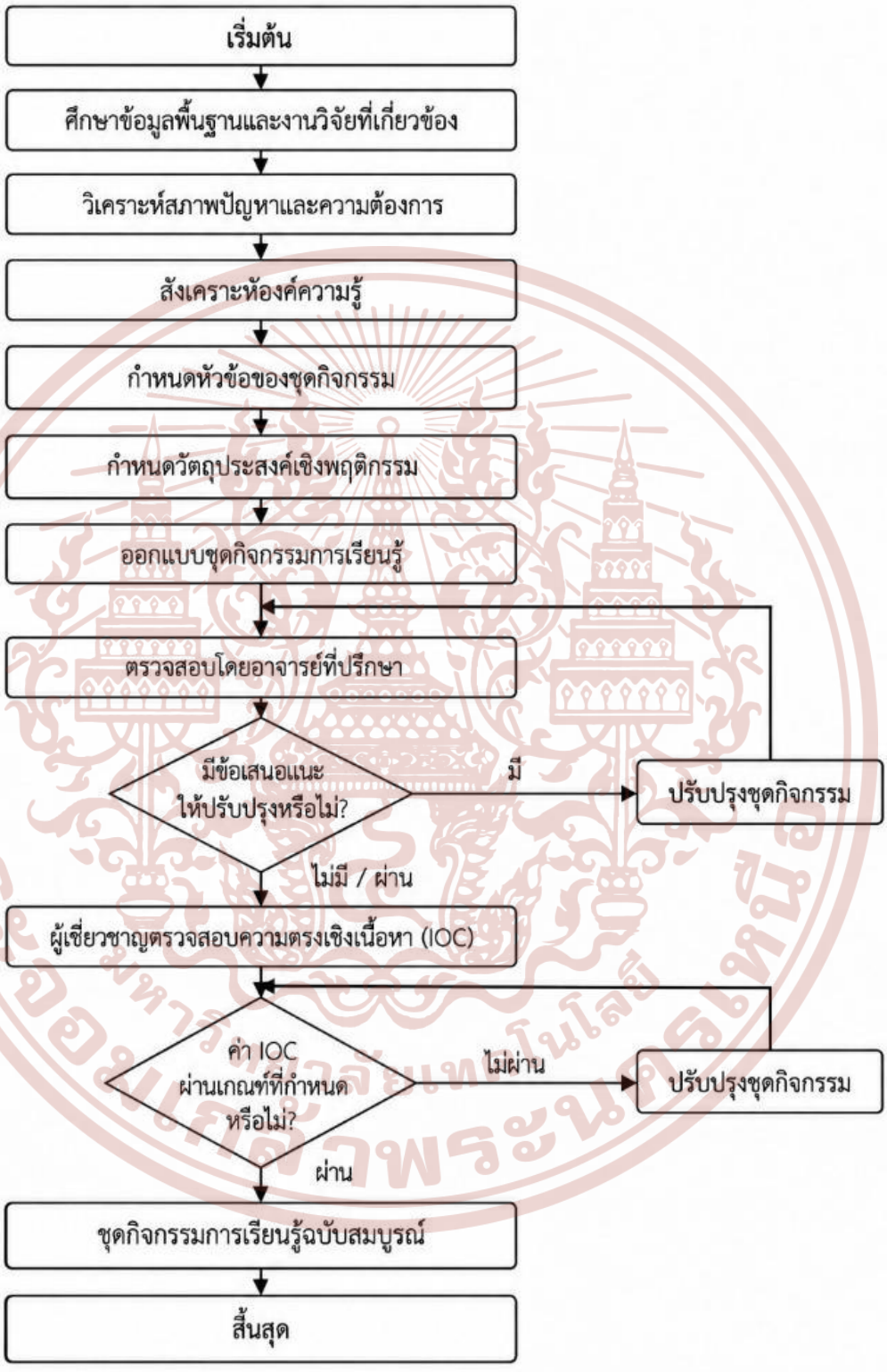
3.1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาชุดกิจกรรม ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎี แนวคิด เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) งานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ควบคู่กับการศึกษาบริบทการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุง พบว่าเนื้อหาและรูปแบบการฝึกอบรมที่ใช้อยู่เดิมยังไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหาจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงนำผลการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดโครงสร้างและเนื้อหาของชุดกิจกรรมให้สอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานของบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ

3.1.2 วิเคราะห์เนื้อหาของชุดกิจกรรม ผู้วิจัยวิเคราะห์เนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารวิชาการ หนังสือ ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลงานวิจัยของผู้วิจัย ผู้เชี่ยวชาญด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า และข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบและกำหนดขอบเขตของเนื้อหาให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยกำหนดโครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 5 หัวเรื่อง ได้แก่ (1) พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม (2) การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า (3) การสร้างแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ (4) การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา และ (5) การนำไปใช้และการประเมินผล (Implementation) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม โดยมีรายละเอียดของกระบวนการพัฒนาดังแสดงใน ภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

จากภาพที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยเริ่ม

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการ การสังเคราะห์องค์ความรู้ การกำหนดหัวข้อและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การออกแบบชุดกิจกรรม ตลอดจนการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของชุดกิจกรรมก่อนจัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การฝึกอบรมบุคลากร งานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบอัตโนมัติ และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อกำหนดขอบเขตองค์ความรู้และแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้

2. การวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการ ผู้วิจัยนำข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงมาวิเคราะห์ เพื่อพิจารณาประเด็นความรู้ ทักษะ และความสามารถที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงาน โดยให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์และวินิจฉัยปัญหาระบบไฟฟ้า การแก้ไขข้อขัดข้อง การตัดสินใจ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การทำงานจริง ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดเนื้อหาและกิจกรรมให้สอดคล้องกับบริบทของงานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

3. การสังเคราะห์องค์ความรู้ ผู้วิจัยสังเคราะห์ข้อมูลจากการทบทวนเอกสารและผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้ด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้ากับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อกำหนดสาระสำคัญและลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสม รวมทั้งพิจารณาการนำชุดฝึกปฏิบัติการระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับระบบ IoT มาใช้สนับสนุนการเรียนรู้และการฝึกแก้ปัญหา

4. การกำหนดหัวข้อของชุดกิจกรรม จากองค์ความรู้ที่สังเคราะห์ได้ ผู้วิจัยกำหนดหัวข้อของชุดกิจกรรมให้ครอบคลุมความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า โดยจัดลำดับเนื้อหาจากพื้นฐานไปสู่การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

5. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละกิจกรรมให้สอดคล้องกับหัวข้อและผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ต้องการ โดยกำหนดพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและประเมินได้ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ การคิดวิเคราะห์ การวินิจฉัยสาเหตุของปัญหา การเลือกแนวทางแก้ไข และการปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบเนื้อหา กิจกรรม และเครื่องมือประเมินผล

6. การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยออกแบบชุดกิจกรรมโดยนำขั้นตอนของกระบวนการ CPS มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ปัญหางานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ฝึกตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดปัญหาที่แท้จริง สร้างแนวทางแก้ไข ประเมินและคัดเลือกแนวทาง ตลอดจนวางแนวทางเพื่อนำไปปฏิบัติ ทั้งนี้ชุดกิจกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบที่สนับสนุนการเรียนรู้ เช่น ใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการสถานการณ์ปัญหา แบบทดสอบ และสื่อประกอบการฝึกอบรม

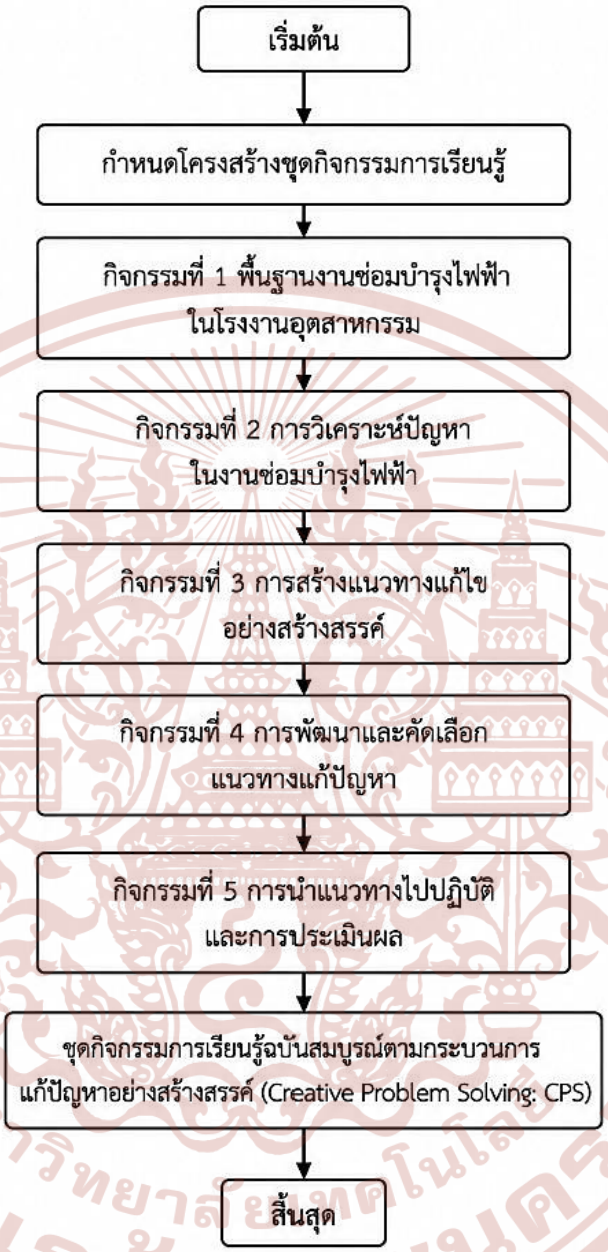
7. การตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ภายหลังการออกแบบชุดกิจกรรม ผู้วิจัยนำร่างชุดกิจกรรมเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในด้านโครงสร้าง เนื้อหา ลำดับกิจกรรม ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และความเหมาะสมในการนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยกำหนดเงื่อนไขว่า หากมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุง ผู้วิจัยจะดำเนินการแก้ไขและนำกลับเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง จนกระทั่งผ่านการพิจารณา จึงดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

8. การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อร่างชุดกิจกรรมผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ผู้วิจัยนำชุดกิจกรรมและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และพิจารณาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของชุดกิจกรรมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) เป็นเกณฑ์ประกอบการพิจารณา

9. เงื่อนไขการปรับปรุงตามผลการตรวจสอบ ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขการดำเนินการตามผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ หากรายการใดไม่ผ่านเกณฑ์ IOC ที่กำหนด ผู้วิจัยจะพิจารณาข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขเนื้อหา กิจกรรม หรือเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำกลับไปตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อให้ชุดกิจกรรมมีความถูกต้อง เหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ส่วนรายการที่ผ่านเกณฑ์จึงนำไปใช้ในการจัดทำชุดกิจกรรมฉบับสมบูรณ์

10. การจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ ภายหลังผ่านกระบวนการตรวจสอบและปรับปรุงตามเงื่อนไขที่กำหนด ผู้วิจัยจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ โดยตรวจสอบความครบถ้วนของเนื้อหา กิจกรรม สื่อ แบบฝึกปฏิบัติ และเครื่องมือประเมินผล เพื่อเตรียมนำไปใช้ในขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลตามกระบวนการวิจัยต่อไป

กล่าวโดยสรุป ขั้นตอนตามภาพที่ 3-2 แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้มิได้ดำเนินการจากการออกแบบเพียงครั้งเดียว แต่เป็นกระบวนการที่เริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลและความต้องการ สังเคราะห์องค์ความรู้ กำหนดวัตถุประสงค์ ออกแบบกิจกรรม และตรวจสอบคุณภาพโดยมี เงื่อนไขการย้อนกลับเพื่อปรับปรุงและตรวจสอบซ้ำ ทั้งในขั้นการพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษาและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ก่อนจัดทำเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ กระบวนการดังกล่าวช่วยให้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเหมาะสมกับบริบทของงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 3-3 โครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

จากภาพที่ 3-3 แสดงโครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสำหรับการฝึกอบรมด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยกำหนดโครงสร้างของชุดกิจกรรมจากการสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้า แนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุง ทั้งนี้ ผู้วิจัยจัดลำดับกิจกรรมจากการสร้างความรู้พื้นฐานไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา การสร้างทางเลือก การคัดเลือกแนวทาง และการนำแนวทางแก้ปัญหาไปปฏิบัติและประเมินผล โดย

แบ่งออกเป็น 5 กิจกรรม ชุดกิจกรรมทั้ง 5 กิจกรรมได้รับการออกแบบให้มีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงกับขั้นตอนของกระบวนการ CPS ตามลำดับ ตั้งแต่การสร้างพื้นฐานความรู้ (กิจกรรมที่ 1) การค้นหาข้อเท็จจริงและปัญหา (กิจกรรมที่ 2 – Fact/Problem Finding) การสร้างแนวคิด (กิจกรรมที่ 3 – Idea Finding) การคัดเลือกแนวทางแก้ไข (กิจกรรมที่ 4 – Solution Finding) จนถึงการนำแนวทางไปปฏิบัติและประเมินผล (กิจกรรมที่ 5 – Acceptance Finding) โดยรายละเอียดเนื้อหา ชั่วโมง และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละกิจกรรมแสดงไว้ในตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2

กล่าวโดยสรุป โครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรมได้รับการออกแบบให้มีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน โดยเริ่มจากการพัฒนาความรู้พื้นฐานและค่อย ๆ เพิ่มระดับไปสู่การใช้ความรู้เพื่อวิเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์งานซ่อมบำรุงไฟฟ้า การจัดโครงสร้างดังกล่าวทำให้กระบวนการ CPS ไม่ได้ถูกนำมาใช้เพียงในเชิงแนวคิด แต่ถูกบูรณาการเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงได้อย่างเป็นระบบ

จากการวิเคราะห์เนื้อหาทั้ง 5 หัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้นโดยเนื้อหาเป็นชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นในรายงานวิจัยครั้งนี้

3.1.3 การกำหนดแหล่งข้อมูลของหัวข้อกิจกรรม ภายหลังจากการกำหนดหัวข้อของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อ 3.1.2 ผู้วิจัยได้กำหนดแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ข้อมูลจากเอกสารวิชาการ หนังสือ ตำรา คู่มือการปฏิบัติงาน งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาตรฐานวิชาชีพ ตลอดจนข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญและข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อกำหนดขอบเขตและรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้า

เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับการพัฒนาโดยอ้างอิงบริบทของโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ กรณีศึกษาบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 135 ชั่วโมง ประกอบด้วย การเรียนรู้ภาคทฤษฎี 30 ชั่วโมง การฝึกปฏิบัติ 30 ชั่วโมง และการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 75 ชั่วโมง โดยกระจายระยะเวลาให้สอดคล้องกับเนื้อหา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ลักษณะของกิจกรรม และขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในแต่ละกิจกรรม ทั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรม โดยเชื่อมโยงกับกระบวนการ CPS ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การกำหนดปัญหา การสร้างแนวคิด การคัดเลือกแนวทางแก้ไข จนถึงการนำแนวทางไปปฏิบัติและประเมินผล ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

กิจกรรม	เรื่อง	ทฤษฎี ชม.	ปฏิบัติ ชม.	ศึกษาด้วยตนเอง	ชั่วโมงรวม
1	พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส	8	4	15	27
2	การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้ CPS	6	4	15	25
3	การสร้างแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์และการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมและ IoT	6	6	15	27
4	การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหาและการทดสอบระบบ	5	8	15	28
5	การนำแนวทางไปประยุกต์ใช้และการประเมินผล	5	8	15	28
	รวม	30	30	75	135

จากตารางที่ 3-1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และกำหนดโครงสร้างของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอ้างอิงบริบทการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ บริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ ผลการวิเคราะห์ทำให้สามารถกำหนดเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ระยะเวลาในการจัดกิจกรรม และลำดับการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่จำเป็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการวิจัย

สำหรับการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาใช้เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมการฝึกอบรม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานจริงผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ร่วมกับองค์ความรู้ด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถวิเคราะห์ปัญหา สร้างแนวทางแก้ไข พัฒนาและคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสม รวมทั้งประเมินผลการปฏิบัติงานจากกรณีศึกษาและสถานการณ์จำลองที่สอดคล้องกับบริบทของโรงงานอุตสาหกรรม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 กิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ (1) พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม (2) การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและการ

ประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) (3) การสร้างแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์โดยประยุกต์ใช้ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) (4) การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา พร้อมทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและอุปกรณ์ IoT และ (5) การนำแนวทางไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงและการประเมินผล (Implementation and Evaluation) โดยรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้แสดงดังตารางที่ 3-1

3.1.4 การประเมินความสำคัญและกำหนดรายละเอียดของเนื้อหา ผู้วิจัยประเมินความสำคัญของหัวข้อกิจกรรมโดยวิเคราะห์ลักษณะงาน (Task Analysis) ควบคู่กับองค์ความรู้และทักษะที่จำเป็น (Related Knowledge) ของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้า จากนั้นกำหนดรายละเอียดเนื้อหาของแต่ละกิจกรรม โดยระบุระดับการเรียนรู้ ได้แก่ การฟื้นคืนความรู้ (Recall: R) การประยุกต์ใช้ความรู้ (Application: A) และการถ่ายโอนความรู้ (Transfer: T) พร้อมทั้งระดับความสำคัญของเนื้อหา (X = สำคัญมาก, I = สำคัญ, O = สำคัญน้อย) เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1.5 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ภายหลังการกำหนดรายละเอียดของเนื้อหา ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถปฏิบัติได้ภายหลังการเรียนรู้ เช่น การอธิบาย การวิเคราะห์ การออกแบบ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผล ทั้งนี้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้รับการกำหนดให้สอดคล้องกับระดับของการเรียนรู้ ได้แก่ การฟื้นคืนความรู้ (R) การประยุกต์ใช้ความรู้ (A) และการถ่ายโอนความรู้ (T) ตลอดจนระดับความสำคัญของเนื้อหา (X–I–O)

3.1.6 การตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำร่างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ของการวิจัย พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

3.1.7 การปรับปรุงและจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ภายหลังได้รับข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงเนื้อหา ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และรายละเอียดของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับบริบทของโรงงานอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผลจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 3-2

3.1.8 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมฉบับสมบูรณ์ เมื่อผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้นำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมาประเมินความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความครอบคลุม สอดคล้องกับตัวชี้วัด และสามารถนำไปใช้เป็นกรอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
1	พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม	1.1 อธิบายหลักการพื้นฐานของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้อง 1.2 จำแนกประเภทของงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องได้ 1.3 ปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง
2	การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า	2.1 วิเคราะห์ปัญหาและอาการขัดข้องของระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้ 2.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการและเครื่องมือที่เหมาะสมได้ 2.3 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างมีเหตุผล
3	การสร้างแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์	3.1 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ 3.2 ออกแบบแนวทางการปรับปรุงระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ได้อย่างเหมาะสม 3.3 เปรียบเทียบข้อดี ข้อจำกัด และความเป็นไปได้ของแนวทางแก้ไขแต่ละทางเลือกได้
4	การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา	4.1 กำหนดเกณฑ์สำหรับประเมินแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม 4.2 ประเมินและเปรียบเทียบแนวทางแก้ปัญหาตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ 4.3 คัดเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล
5	การวางแผนและนำแนวทางแก้ปัญหาไปปฏิบัติ (Acceptance Finding	5.1 วางแผนการดำเนินงานตามแนวทางแก้ปัญหาที่คัดเลือกได้อย่างเป็นระบบ 5.2 นำแนวทางแก้ปัญหาไปทดลองปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย 5.3 ประเมินผลการดำเนินงานและเสนอแนวทางปรับปรุงได้อย่างเหมาะสม

3.2 การสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจสภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม กลุ่มโรงงานขนาดใหญ่ในจังหวัดสมุทรปราการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 100 คน จากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ 10 แห่ง ในปี พ.ศ. 2568 ได้แก่ บริษัท ฮูเวอร์ อุตสาหกรรม (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท แอมคอร์ เฟล็กซิเบิ้ล จำกัด (มหาชน) บริษัท ไทยซัมมิท โอโตพาร์ท อินดัสตรี จำกัด บริษัท โตโยต้า บอดี้ ประเทศไทย จำกัด (บางเสาธง) บริษัท สยามมิชลิน จำกัด (บางปู) บริษัท ศรีไทย มิยากาวา จำกัด บริษัท ซีพีแอนด์เอส คานากาตะ จำกัด บริษัท อินเตอร์

โมลด์ แอนด์ ฮาร์ดแวร์ จำกัด บริษัท มั่นคง แทนเนอรี่ จำกัด และบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Forms ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Forms สำหรับสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อมูลที่ได้รับจากการตอบแบบสอบถามถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการในการฝึกอบรม และประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ให้สอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3-3 ผลการสำรวจสภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
ด้านเนื้อหา			
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้า	2.16	0.64	น้อย
2. ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสม	2.19	0.70	น้อย
3. ความยากง่ายของเนื้อหามีความเหมาะสม	2.23	0.67	น้อย
4. เนื้อหามีความทันสมัยและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรม	2.26	0.58	น้อย
5. เนื้อหาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	2.26	0.68	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	2.22	0.64	น้อย
ด้านรูปแบบการฝึกอบรม			
1. รูปแบบการฝึกอบรมมีความหลากหลาย	2.35	0.84	น้อย
2. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	2.16	0.65	น้อย
3. รูปแบบการฝึกอบรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	2.45	0.85	น้อย
4. สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	2.19	0.67	น้อย
5. รูปแบบการประเมินผลมีความหลากหลาย	2.26	0.78	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	2.32	0.76	น้อย
ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม			
1. สื่อมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	2.16	0.64	น้อย
2. สื่อมีปริมาณเพียงพอต่อการฝึกอบรม	2.29	0.64	น้อย
3. สื่อมีความหลากหลายและน่าสนใจ	2.26	0.68	น้อย
4. สื่อมีความถูกต้องและทันสมัย	2.10	0.65	น้อย
5. สื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน	2.19	0.65	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	2.20	0.65	น้อย
ด้านการวัดและการประเมินผล			
1. การประเมินผลครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	2.58	0.50	ปานกลาง
2. วิธีการประเมินผลมีความหลากหลาย	2.16	0.64	น้อย
3. เกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสม	2.23	0.67	น้อย
4. แบบประเมินมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	2.32	0.65	น้อย
5. การประเมินสามารถสะท้อนสมรรถนะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้	2.19	0.65	น้อย
ค่าเฉลี่ย	2.30	0.62	น้อย
ค่าเฉลี่ยรวม	2.26	0.67	น้อย

จากตารางที่ 3-3 แสดงผลการสำรวจสภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม กลุ่มโรงงานขนาดใหญ่ในจังหวัดสมุทรปราการ โดยประเมินองค์ประกอบของการฝึกอบรม 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านรูปแบบการฝึกอบรม ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ด้านเนื้อหา พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า เนื้อหามีความทันสมัยและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรม และเนื้อหาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน คือ 2.26 รองลงมา ได้แก่ ความยากง่ายของเนื้อหามีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.23 ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 และเนื้อหามีความสอดคล้องกับการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 ตามลำดับ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบด้านเนื้อหาของการฝึกอบรมในสภาพปัจจุบันยังมีประเด็นที่ควรนำมาพิจารณาปรับปรุง โดยเฉพาะการเชื่อมโยงเนื้อหากับการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้า

ด้านรูปแบบการฝึกอบรม พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รูปแบบการฝึกอบรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.45 รองลงมา ได้แก่ รูปแบบการฝึกอบรมมีความหลากหลาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.35 รูปแบบการประเมินผลมีความหลากหลาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 ตามลำดับ ผลการประเมินในภาพรวมที่อยู่ในระดับน้อยแสดงให้เห็นถึงประเด็นที่ควรนำมาพิจารณาในการออกแบบกิจกรรมการฝึกอบรม โดยเฉพาะการเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมและการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา

ด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า สื่อมีปริมาณเพียงพอต่อการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.29 รองลงมา ได้แก่ สื่อมีความหลากหลายและน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 สื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 สื่อมีความสอดคล้องกับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 และสื่อมีความถูกต้องและทันสมัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 ตามลำดับ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสื่อประกอบการฝึกอบรมเป็นองค์ประกอบที่ควรได้รับการพัฒนาโดยเฉพาะความถูกต้อง ความทันสมัย และความสอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทการปฏิบัติงานจริง

ด้านการวัดและประเมินผล พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การประเมินผลครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.58 อยู่ในระดับปานกลาง รองลงมา ได้แก่ แบบประเมินมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 เกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.23 การประเมินสามารถสะท้อนสมรรถนะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 และวิธีการประเมินผลมีความหลากหลาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 ซึ่งอยู่ในระดับน้อย ผล

ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แม้ว่าการประเมินผลจะครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในระดับปานกลาง แต่ยังมีประเด็นที่ควรพัฒนาในด้านความหลากหลายของวิธีการประเมินและความสามารถของเครื่องมือในการสะท้อนสมรรถนะของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

เมื่อพิจารณาผลการสำรวจทั้ง 4 ด้าน พบว่า สภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 อยู่ในระดับน้อย โดยด้านรูปแบบการฝึกอบรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.32 รองลงมา ได้แก่ ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.22 และด้านสื่อประกอบการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 ตามลำดับ ผลการสำรวจดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของการฝึกอบรมในสภาพปัจจุบันตามความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามได้รับการประเมินในระดับน้อยในหลายประเด็น จึงเป็นข้อมูลที่แสดงถึงประเด็นที่ควรนำมาพิจารณาในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการฝึกอบรมให้เหมาะสมกับลักษณะการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำผลการสำรวจดังกล่าวมาใช้เป็น ข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำประเด็นที่ได้รับการประเมินในระดับน้อยมาพิจารณาร่วมกับการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเนื้อหาให้เชื่อมโยงกับการปฏิบัติงานจริง พัฒนาสื่อและชุดปฏิบัติการให้มีความทันสมัย จัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ปัญหา สร้างแนวทางแก้ไข คัดเลือกแนวทาง และนำแนวทางไปทดลองปฏิบัติ รวมทั้งกำหนดวิธีการวัดและประเมินผลให้สามารถสะท้อนผลการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบและพัฒนา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ในขั้นตอนต่อไป

3.3 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมด้านบรรจุภัณฑ์ในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นโรงงานที่มีการใช้ระบบไฟฟ้า เครื่องจักร และระบบควบคุมอัตโนมัติในการผลิต โดยช่างซ่อมบำรุงมีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบ บำรุงรักษา ซ่อมแซม และแก้ไขปัญหาของระบบไฟฟ้าและเครื่องจักร เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานในบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบด้านการตรวจสอบ บำรุงรักษา และแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้า เครื่องจักร และระบบควบคุมภายในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นกลุ่มบุคลากรที่มีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานด้านซ่อมบำรุงไฟฟ้า และสามารถเข้าร่วมการฝึกอบรมตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ได้ตลอดระยะเวลาการ

ดำเนินการวิจัย ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นกลุ่มเดียวกับที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการฝึกอบรม

3.4 การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยดำเนินการตามแนวทางการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยนำผลจากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับผลการสำรวจสภาพการฝึกอบรมของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์สมรรถนะ กำหนดกรอบการเรียนรู้ และออกแบบองค์ประกอบของชุดกิจกรรมให้สอดคล้องกับลักษณะงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและบริบทการปฏิบัติงานจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยวิเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าจากเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผลการสำรวจสภาพการฝึกอบรม เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบในการกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และการวัดและประเมินผล โดยสมรรถนะที่นำมาใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมครอบคลุม 4 ด้าน ดังนี้

3.4.1.1 ความรู้และทักษะทางเทคนิค (Technical Knowledge and Skills) ครอบคลุมความรู้และทักษะเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ระบบควบคุมอัตโนมัติ อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensors) โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) อินเวอร์เตอร์ (Variable Frequency Drive: VFD) และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) รวมถึงการอ่านวงจรไฟฟ้า การใช้เครื่องมือวัด การตรวจสอบความผิดปกติ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการวินิจฉัยปัญหา

3.4.1.2 การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (Analytical Thinking and Problem-Solving Skills) ครอบคลุมความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ รวบรวมข้อมูล ระบุและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา กำหนดประเด็นปัญหา สร้างทางเลือกในการแก้ไข ประเมินทางเลือก และตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสม โดยนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มาใช้เป็นกรอบในการดำเนินกิจกรรม เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบและการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูล

3.4.1.3 การปฏิบัติงานร่วมกันและการสื่อสาร (Collaboration and Communication Skills) ครอบคลุมความสามารถในการทำงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่มและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสื่อสารข้อมูลทางเทคนิค การอภิปรายเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหา การนำเสนอผลการวิเคราะห์ และการรายงานผลการปฏิบัติงาน ซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมกลุ่มเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน

3.4.1.4 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติงาน (Technology Application Skills) ครอบคลุมความสามารถในการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ระบบควบคุมอัตโนมัติ

และเทคโนโลยี IoT ในการตรวจสอบ วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุง โดยผู้วิจัยนำสมรรถนะด้านนี้มาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการฝึกปฏิบัติด้วยชุดปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติงานได้

สมรรถนะทั้ง 4 ด้านดังกล่าวมิได้กำหนดเป็นองค์ประกอบที่แยกออกจากกัน แต่ถูกนำมาบูรณาการในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยความรู้และทักษะทางเทคนิคเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์สถานการณ์ การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการหลักในการดำเนินกิจกรรม การปฏิบัติงานร่วมกันและการสื่อสารสนับสนุนการแลกเปลี่ยนและพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหา ขณะที่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนของการนำความรู้และแนวทางที่เลือกไปทดลองและประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.4.2 การวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้กำหนดลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ วิธีดำเนินกิจกรรม และบทบาทของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเลือกแนวคิดและทฤษฎีที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของบุคลากรด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพุทธิปัญญา การเรียนรู้แบบร่วมมือ และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนี้

3.4.2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพุทธิปัญญา (Cognitive Learning Theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพุทธิปัญญาให้ความสำคัญกับกระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ การจัดระบบข้อมูล และการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมโดยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ศึกษาสถานการณ์ปัญหา รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และเชื่อมโยงความรู้ด้านระบบไฟฟ้าและระบบควบคุมกับสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และตัดสินใจแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

3.4.2.2 การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

การเรียนรู้แบบร่วมมือมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกัน การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และความรับผิดชอบร่วมกัน ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำงานเป็นกลุ่มในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ระดมแนวคิด เสนอทางเลือก เปรียบเทียบแนวทางการแก้ไข ตัดสินใจร่วมกัน และนำเสนอผลการดำเนินงาน เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้า

3.4.2.3 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ผู้วิจัยนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มาใช้เป็นกรอบหลักในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ โดยเชื่อมโยงขั้นตอนของ CPS กับสถานการณ์ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายของปัญหา (Objective Finding) การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล (Fact Finding) การกำหนดปัญหาที่แท้จริง (Problem Finding) การสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหา (Idea Finding) การประเมินและคัดเลือกแนวทางแก้ไข (Solution Finding) และการวางแผนนำแนวทางไปปฏิบัติ (Acceptance Finding)

ในการดำเนินกิจกรรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะได้เผชิญกับกรณีศึกษาหรือสถานการณ์ปัญหาด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า จากนั้นดำเนินการตามกระบวนการ CPS ตั้งแต่การศึกษาสถานการณ์และ

ข้อมูล การวิเคราะห์สาเหตุ การกำหนดปัญหา การสร้างทางเลือกที่หลากหลาย การประเมินและคัดเลือกแนวทาง ตลอดจนการวางแผนและทดลองแนวทางแก้ไขด้วยชุดปฏิบัติการระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสร่วมกับเทคโนโลยี IoT กระบวนการดังกล่าวทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เชื่อมโยงความรู้ทางเทคนิคกับกระบวนการคิดและการปฏิบัติในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง

3.4.3 การกำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

จากผลการวิเคราะห์สมรรถนะ แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ และกระบวนการ CPS ผู้วิจัยนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดกิจกรรมมีความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ เนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ สื่อ และการประเมินผล โดยกำหนดองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) วัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2) เนื้อหาการเรียนรู้ 3) กิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ CPS 4) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้า 5) ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและเทคโนโลยี IoT และ 6) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

องค์ประกอบดังกล่าวได้รับการออกแบบให้เชื่อมโยงกัน โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่มุ่งพัฒนา จากนั้นกำหนดเนื้อหาและสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับบริบทของงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ออกแบบกิจกรรมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินการตามกระบวนการ CPS และใช้ชุดปฏิบัติการเป็นสื่อสำหรับการทดลอง ตรวจสอบ และประยุกต์ใช้แนวทางแก้ไขปัญหา พร้อมทั้งกำหนดการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และผลลัพธ์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

3.4.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำองค์ประกอบที่กำหนดไว้มาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 กิจกรรม โดยจัดลำดับจากการสร้างความรู้พื้นฐานไปสู่การวิเคราะห์ การสร้างแนวทาง การคัดเลือก และการนำแนวทางไปประยุกต์ใช้ ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม มุ่งพัฒนาความรู้และทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า ความปลอดภัย ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา

กิจกรรมที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า มุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์อาการผิดปกติ วิเคราะห์สาเหตุ และกำหนดประเด็นปัญหาที่แท้จริง โดยเชื่อมโยงกับขั้น Objective Finding, Fact Finding และ Problem Finding ของกระบวนการ CPS

กิจกรรมที่ 3 การสร้างแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ มุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมระดมแนวคิดและสร้างทางเลือกในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย โดยประยุกต์ความรู้ด้านระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและเทคโนโลยี IoT เชื่อมโยงกับขั้น Idea Finding

กิจกรรมที่ 4 การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา มุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเปรียบเทียบ ประเมิน และคัดเลือกแนวทางแก้ไขโดยพิจารณาความถูกต้องทางเทคนิค ความปลอดภัย และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ พร้อมทดลองด้วยชุดปฏิบัติการ ซึ่งเชื่อมโยงกับขั้น Solution Finding

กิจกรรมที่ 5 การนำแนวทางไปปฏิบัติและการประเมินผล มุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมวางแผนการดำเนินงาน นำแนวทางที่เลือกไปทดลองปฏิบัติ ตรวจสอบผล สรุปผล และเสนอแนวทางปรับปรุง โดยเชื่อมโยงกับขั้น Acceptance Finding ของกระบวนการ CPS

การออกแบบกิจกรรมทั้ง 5 กิจกรรมดังกล่าวจึงเป็นการบูรณาการ ความรู้และทักษะทางเทคนิค การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันและการสื่อสาร และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ากับกระบวนการ CPS อย่างเป็นลำดับ โดยใช้กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและชุดปฏิบัติการเป็นบริบทในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้พัฒนาความรู้ กระบวนการคิด และทักษะการปฏิบัติงานที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์การทำงานจริงได้

3.5 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ภายหลังจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน การสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรม ตลอดจนการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) แล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยยึดแนวทางการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อให้ชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

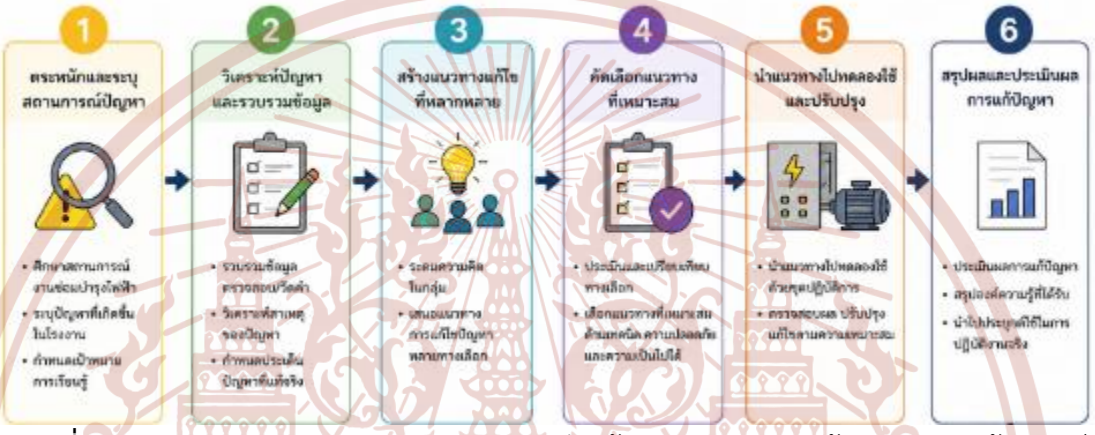
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้อาศัยข้อมูลจากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับผลการสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การตัดสินใจ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาสังเคราะห์เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา รูปแบบกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และวิธีการวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับบริบทของงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงาน โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เข้ากับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา สร้างแนวทางการแก้ไข ตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นระบบ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กำหนดให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ตลอดกระบวนการ โดยใช้กรณีศึกษาจริง การอภิปรายกลุ่ม การปฏิบัติการกับชุดฝึก การทดลองกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และการประยุกต์ใช้ระบบ IoT สำหรับการติดตามและวิเคราะห์การทำงานของระบบไฟฟ้า ทั้งนี้ ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) คอยให้คำแนะนำ กระตุ้นการคิด และสนับสนุนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรม

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้สู่การปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภายหลังการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการฝึกอบรม และด้านวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของชุดกิจกรรม รวมทั้งนำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 กระบวนการออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย แนวคิดการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรม และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง ตรวจสอบคุณภาพ และปรับปรุงเครื่องมือทุกประเภทก่อนนำไปใช้ในการทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.6.1 การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ผลการสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรม รวมทั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.1 มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทของงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และบูรณาการองค์ความรู้ด้านระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เข้ากับกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิด CPS เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานจริง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยคู่มือการฝึกอบรม ตารางวิเคราะห์เนื้อหา ใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังแสดงในภาพที่ 3-6

3.6.1.1 การจัดทำคู่มือการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการฝึกอบรมเพื่อใช้เป็นเอกสารหลักในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับช่างซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยออกแบบให้มีลำดับเนื้อหาและกิจกรรมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและกระบวนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ คู่มือประกอบด้วย หน้าปกคู่มือการฝึกอบรม ตารางวิเคราะห์เนื้อหา ใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พร้อมคำชี้แจงการใช้งาน แนวทางการดำเนินกิจกรรม สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนเกณฑ์การวัดและประเมินผล เพื่อให้วิทยากรสามารถดำเนินการฝึกอบรมได้อย่างเป็นระบบ และผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติ และประเมินผลการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการฝึกอบรม ดังแสดงในภาพที่ 3-6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



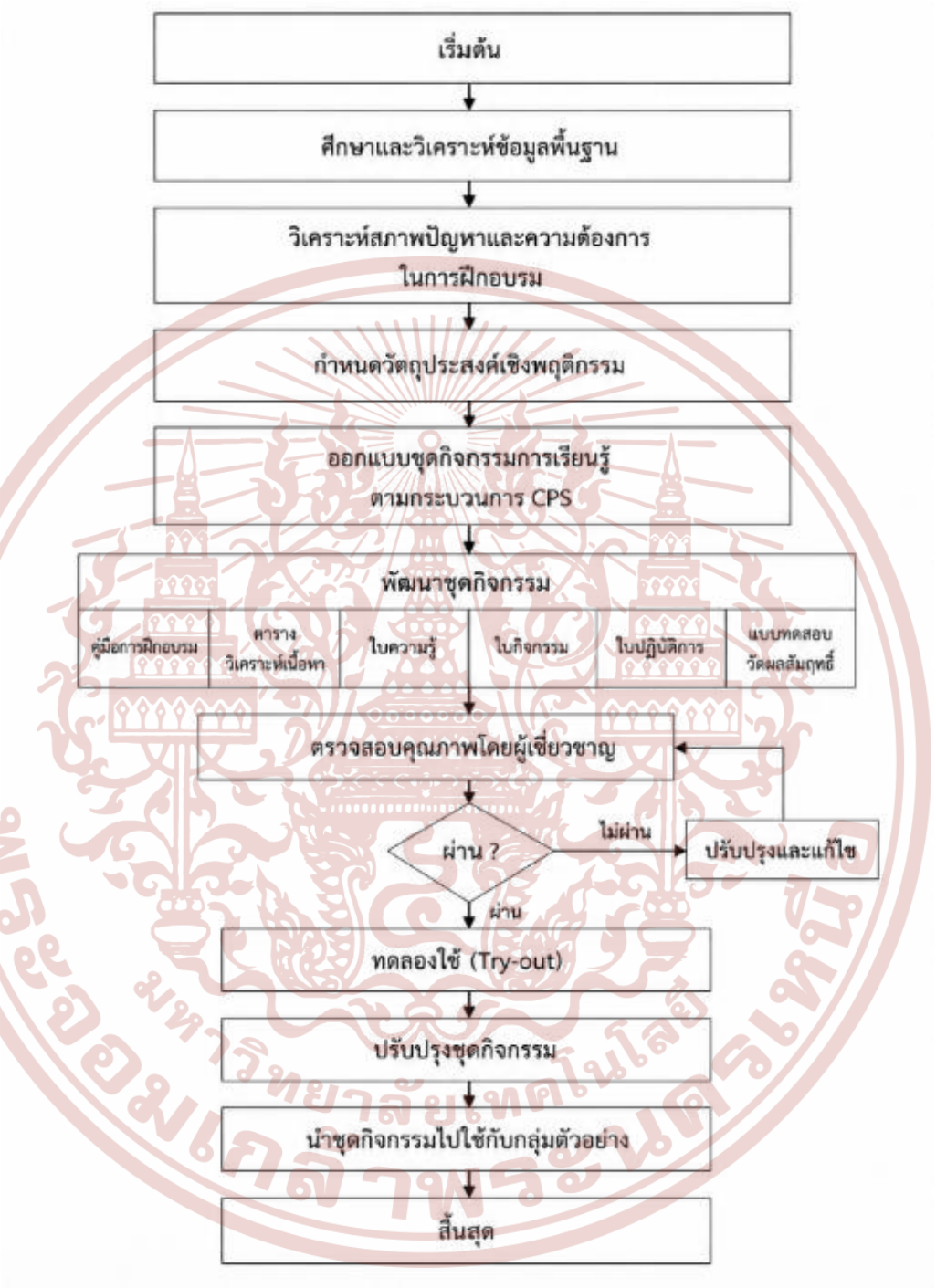
ภาพที่ 3-6 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6.1.2 จัดทำใบความรู้เพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าใน

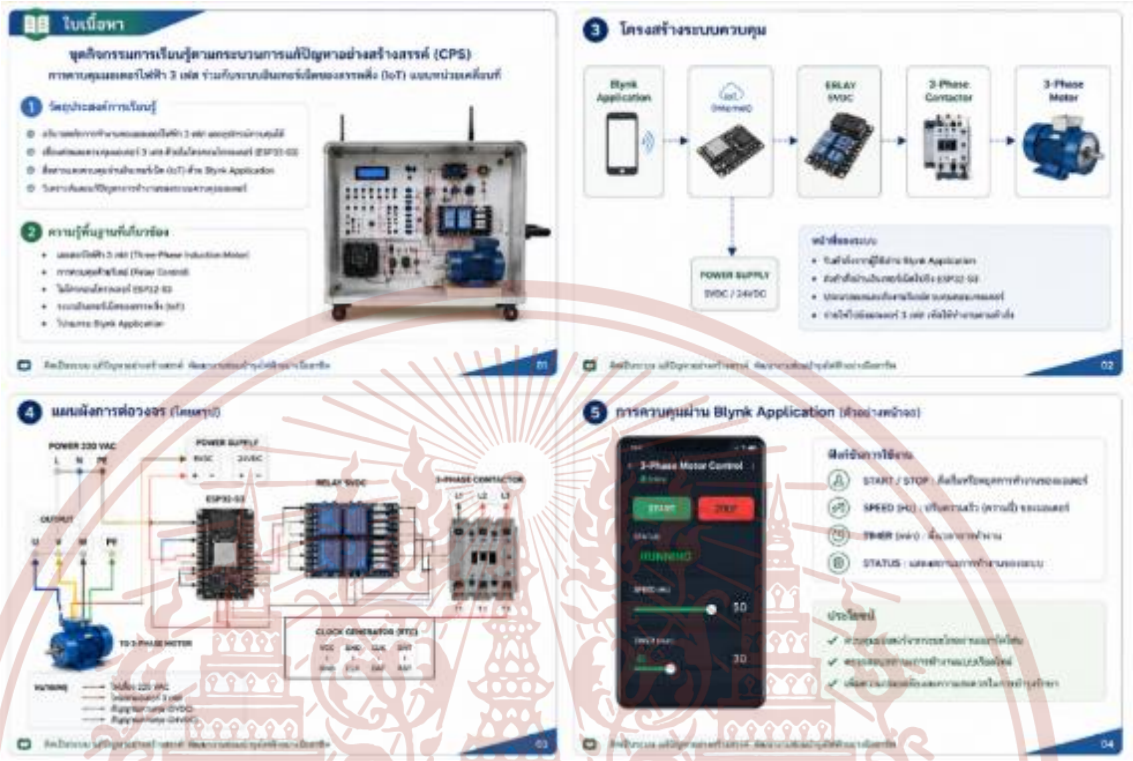
โรงงานอุตสาหกรรม โดยกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในหัวข้อ 3.1 และผลการสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกอบรม เนื้อหาครอบคลุมองค์ความรู้ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า รวมถึงหลักการของกระบวนการ CPS ระบบควบคุมอัตโนมัติ มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส เทคโนโลยี ESP32 และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถศึกษาด้วยตนเองก่อนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงระหว่างการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

การพัฒนาใบความรู้ดำเนินการตามลำดับขั้นของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เริ่มตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ การจัดทำเนื้อหา การตรวจสอบความถูกต้องโดยอาจารย์ที่ปรึกษา การปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และการทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริงในการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 3-7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



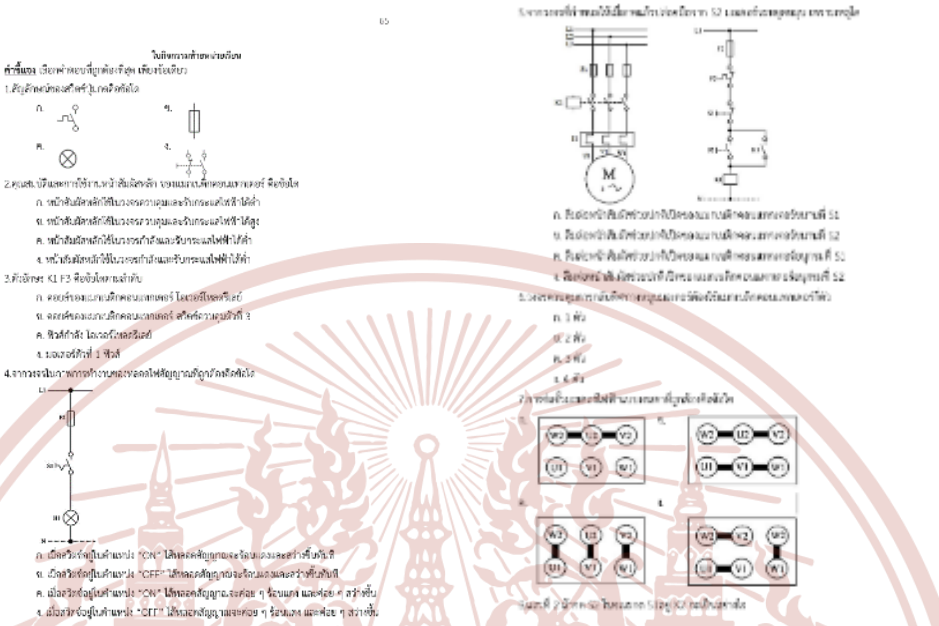
ภาพที่ 3-8 ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6.1.3 ใบงานการทดลอง จำนวน 15 ใบงาน โดยครอบคลุมการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส การตรวจสอบอุปกรณ์ การควบคุมการทำงาน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT โดยตัวอย่างใบงานการทดลองแสดงดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างใบงานการทดลองประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6.1.4 ใบกิจกรรมท้ายหน่วยเรียน มีจำนวน 5 กิจกรรม โดยตัวอย่างของใบกิจกรรมดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างใบกิจกรรมท้ายหน่วยเรียน

3.6.1.5 แบบทดสอบวัดผลระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้ประเมินความรู้ ความเข้าใจ และความก้าวหน้าของผู้เข้ารับการฝึกอบรมภายหลังการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละกิจกรรม โดยแบบทดสอบจัดทำให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) จำนวน 5 ชุด ครอบคลุมกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรม เพื่อใช้ติดตามผลการเรียนรู้และประเมินพัฒนาการของผู้เข้ารับการฝึกอบรมตลอดกระบวนการฝึกอบรม ดังแสดงในภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 ตัวอย่างแบบทดสอบ

3.6.1.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมเพื่อใช้ประเมินความรู้และความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 110 ข้อ ซึ่งครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรม ตัวอย่างแบบทดสอบแสดงดังภาพที่ 3-12

การสร้างแบบทดสอบดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ก) ศึกษาและวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พร้อมจัดทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Table of Specifications) เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหา ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ และความสำคัญของแต่ละวัตถุประสงค์

ข) สร้างข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยกำหนดข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาของแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถวัดความรู้ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างครอบคลุม

ค) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการวัดและประเมินผล และด้านวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา และความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พร้อมนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

ง) ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ ก่อนคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ไปใช้ในการวิจัย

จ) นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ และปรับปรุงแบบทดสอบให้มีความเหมาะสมก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง



ภาพที่ 3-12 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

ช) นำผลการทดลองใช้แบบทดสอบมาวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยพิจารณาค่าความยาก (Difficulty Index: *p*) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index: *r*) ของข้อสอบแต่ละข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ตามเกณฑ์การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ (ใส่อ้างอิง) จากนั้นนำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้วิธี Kuder–Richardson (KR-20) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.630 ทั้งนี้ ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาประกอบการพิจารณาปรับปรุงข้อคำถามก่อนนำแบบทดสอบไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

ซ) นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามมีความ

สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และแบบทดสอบมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

3.6.1.7 การจัดทำสื่อประกอบการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อประกอบการฝึกอบรมเพื่อสนับสนุนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยออกแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และลำดับขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประกอบการฝึกอบรมประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อนำเสนอด้วยโปรแกรม Microsoft PowerPoint ชุดฝึกปฏิบัติระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ชุดทดลอง ESP32 และระบบ Internet of Things (IoT) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความเข้าใจทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้กับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงของงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ก) ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติให้เป็นสื่อหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส และเทคโนโลยี ESP32 ร่วมกับระบบ Internet of Things (IoT) เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงภายใต้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ชุดฝึกปฏิบัติช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในหลายด้าน ได้แก่ (1) กระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ (2) ส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการทดลองและการแก้ไขปัญหาจริง (3) พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การทำงานเป็นทีม และการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ และ (4) ส่งเสริมการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านไฟฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ในการแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในสถานการณ์จริง ทั้งนี้ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) Objective Finding การกำหนดวัตถุประสงค์ (2) Fact Finding การรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (3) Problem Finding การวิเคราะห์และกำหนดปัญหา (4) Idea Finding การสร้างแนวคิดและแนวทางแก้ไขที่หลากหลาย (5) Solution Finding การประเมินและคัดเลือกแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม และ (6) Acceptance Finding การวางแผนและนำแนวทางที่เลือกไปประยุกต์ใช้ โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา สร้างแนวคิด ออกแบบแนวทางแก้ไข ทดลองปฏิบัติ และประเมินผลการดำเนินงาน เพื่อพัฒนาสมรรถนะในการแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 การทดลองเป็นกลุ่มด้วยชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ข) สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรมสำหรับ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เพื่อใช้ประกอบการถ่ายทอดเนื้อหาและการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ โดยออกแบบสื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา และลำดับการเรียนรู้ของแต่ละกิจกรรม สื่อนำเสนอประกอบด้วยข้อความ ภาพประกอบ แผนภาพ ตัวอย่างสถานการณ์ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ระบบควบคุมอัตโนมัติ และเทคโนโลยี (Internet of Things)

สื่อนำเสนอได้รับการจัดลำดับเนื้อหาจากพื้นฐานไปสู่การประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้ภาคทฤษฎีกับการฝึกปฏิบัติและสถานการณ์ปัญหาในการปฏิบัติงาน ตลอดจนใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ปัญหา การอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสร้างแนวทางแก้ไขปัญหา และการประเมินแนวทางที่เหมาะสมตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทั้งนี้ ตัวอย่างสื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม แสดงดังภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 ตัวอย่างสื่อนำเสนอเพาเวอร์พอยต์

3.6.1.8 ชุดฝึกปฏิบัติระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และระบบ Internet of Things (IoT) ผู้วิจัยพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสและระบบ Internet of Things (IoT) เพื่อใช้เป็นสื่อสำหรับการฝึกปฏิบัติประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) โดยมุ่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง ผ่านการวิเคราะห์ปัญหา การทดลอง การตรวจสอบผล และการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

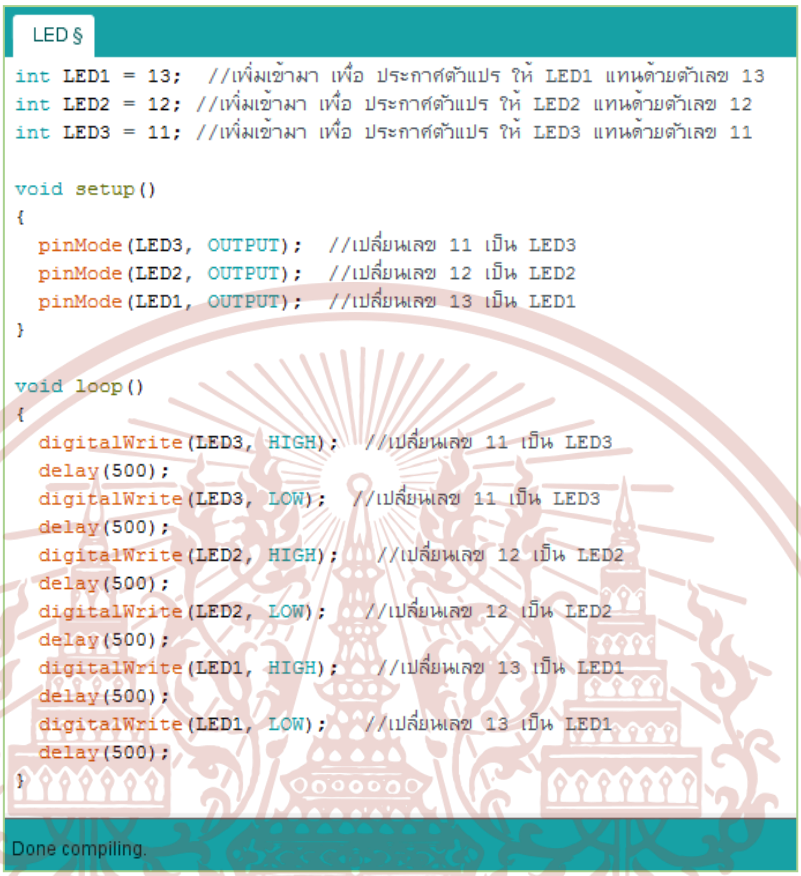
ชุดฝึกปฏิบัติประกอบด้วยระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันทางไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32-S3 อุปกรณ์ตรวจวัดและแสดงผล ตลอดจนระบบ Internet of Things (IoT) สำหรับการรับส่งและติดตามข้อมูล โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติกิจกรรมตามใบปฏิบัติการภายใต้กระบวนการเรียนรู้ที่กำหนด ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา สร้างและคัดเลือกแนวทางแก้ไข ทดลองแนวทางที่เลือก และประเมินผลการดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบ

ก่อนการฝึกปฏิบัติ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมศึกษาคู่มือและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของชุดฝึกปฏิบัติ จากนั้นจึงดำเนินกิจกรรมตามลำดับที่กำหนด ได้แก่ การควบคุมการทำงานของมอเตอร์

ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การควบคุมการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ การเขียนและพัฒนาโปรแกรมควบคุมด้วย Arduino IDE การเชื่อมต่อและประมวลผลข้อมูลด้วย ESP32-S3 การแสดงผลข้อมูล และการติดตามสถานะการทำงานผ่านระบบ IoT เพื่อบูรณาการความรู้ด้านระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมอัตโนมัติ และเทคโนโลยีดิจิทัลในการแก้ไขปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 3-15 ชุดทดลองระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส และระบบ Internet of Things (IoT) ที่ใช้ในการฝึกอบรม



LED §

```
int LED1 = 13;  //เพิ่มเข้ามา เพื่อ ประกาศตัวแปร ให้ LED1 แทนด้วยตัวเลข 13
int LED2 = 12; //เพิ่มเข้ามา เพื่อ ประกาศตัวแปร ให้ LED2 แทนด้วยตัวเลข 12
int LED3 = 11; //เพิ่มเข้ามา เพื่อ ประกาศตัวแปร ให้ LED3 แทนด้วยตัวเลข 11

void setup()
{
  pinMode(LED3, OUTPUT);  //เปลี่ยนเลข 11 เป็น LED3
  pinMode(LED2, OUTPUT);  //เปลี่ยนเลข 12 เป็น LED2
  pinMode(LED1, OUTPUT);  //เปลี่ยนเลข 13 เป็น LED1
}

void loop()
{
  digitalWrite(LED3, HIGH);   //เปลี่ยนเลข 11 เป็น LED3
  delay(500);
  digitalWrite(LED3, LOW);   //เปลี่ยนเลข 11 เป็น LED3
  delay(500);
  digitalWrite(LED2, HIGH);   //เปลี่ยนเลข 12 เป็น LED2
  delay(500);
  digitalWrite(LED2, LOW);   //เปลี่ยนเลข 12 เป็น LED2
  delay(500);
  digitalWrite(LED1, HIGH);   //เปลี่ยนเลข 13 เป็น LED1
  delay(500);
  digitalWrite(LED1, LOW);   //เปลี่ยนเลข 13 เป็น LED1
  delay(500);
}
```

Done compiling.

ภาพที่ 3-16 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE และการแสดงผลผ่านจอ TFT 2.8 นิ้ว โดยใช้ ESP32-S3

ทั้งนี้ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) อย่างเป็นลำดับขั้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) Objective Finding การค้นหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของสถานการณ์ปัญหา (2) Fact Finding การรวบรวมข้อเท็จจริงและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (3) Problem Finding การวิเคราะห์และกำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญ (4) Idea Finding การสร้างแนวคิดและแนวทางแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย (5) Solution Finding การประเมินและคัดเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม และ (6) Acceptance Finding การวางแผนและนำแนวทางที่เลือกไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล ระบุปัญหา สร้างแนวทางแก้ไข ประเมินทางเลือก ทดลองปฏิบัติ และประเมินผลการดำเนินงาน พร้อมทั้งจัดทำรายงานผลการปฏิบัติงาน เพื่อประเมินความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา การแก้ไขปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 การสอบปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ภายหลังจากการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ รูปแบบการฝึกอบรม และสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 33 คน โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อวงจร การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนมีแนวคิดในการพัฒนาและต่อยอดเป็นโครงงานด้านระบบควบคุมมอเตอร์และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ดังแสดงในภาพที่ 3-18



ภาพที่ 3-18 การประยุกต์ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

3.6.1.9 แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบและรายการประเมินให้ครอบคลุมด้านเนื้อหา รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และความเหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกอบรม จากนั้นจึงนำแบบประเมินเสนอ

ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงก่อนนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้

3.6.1.10 การประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ภายหลังจากผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วเสร็จ ได้นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน (รายชื่อแสดงไว้ในภาคผนวก) เพื่อประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ แผนการสอน ใบเนื้อหาประกอบการสอน ชุดฝึกปฏิบัติ โปรแกรมจำลอง สื่อการเรียนการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญแสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
ด้านแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1. รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.50	0.52	มากที่สุด
2. ระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.42	0.51	มาก
3. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)	4.58	0.51	มากที่สุด
4. ลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.25	0.75	มาก
5. วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.83	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.38	0.62	มาก
ด้านใบความรู้ประกอบการเรียนรู้			
1. เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.17	0.72	มาก
2. เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย	4.42	0.51	มาก
3. ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม	4.33	0.65	มาก
4. การลำดับเนื้อหามีความเหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.25	0.87	มาก
5. ภาษา ภาพประกอบ และรูปแบบการนำเสนอมีความเหมาะสม	4.17	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.27	0.67	มาก

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
ด้านชุดฝึกปฏิบัติระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและ Internet of Things (IoT)			
1. ชุดฝึกปฏิบัติสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม	4.25	0.75	มาก
2. โครงสร้างและการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	4.17	0.58	มาก
3. ชุดฝึกปฏิบัติมีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริง	4.33	0.65	มาก
4. ชุดฝึกปฏิบัติใช้งานง่าย ปลอดภัย และสะดวกต่อการบำรุงรักษา	4.50	0.52	มากที่สุด
5. ชุดฝึกปฏิบัติส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการแก้ปัญหาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	4.42	0.51	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	0.60	มาก
ด้านโปรแกรมควบคุมระบบ (Arduino IDE และ ESP32-S3)			
1. โปรแกรมสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม	4.42	0.51	มาก
2. โครงสร้างและการออกแบบโปรแกรมมีความเหมาะสม	4.50	0.52	มากที่สุด
3. ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) มีความเหมาะสม	4.25	0.75	มาก
4. โปรแกรมมีความถูกต้องและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.33	0.65	มาก
5. โปรแกรมสามารถประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีสมัยใหม่และงานอุตสาหกรรมได้	4.67	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.43	0.58	มาก
ด้านสื่อการเรียนรู้ด้วย Microsoft PowerPoint			
1. การนำเสนอเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม	4.50	0.52	มากที่สุด
2. ขนาดตัวอักษร สี และภาพประกอบมีความเหมาะสม	4.25	0.87	มาก
3. การลำดับเนื้อหามีความเป็นระบบและเข้าใจง่าย	4.17	0.72	มาก
4. ปริมาณเนื้อหาและรายละเอียดมีความเหมาะสม	4.33	0.65	มาก
5. สื่อการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้	4.25	0.62	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.30	0.68	มาก
ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
1. ข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.50	0.52	มากที่สุด
2. จำนวนข้อสอบมีความเหมาะสม	4.42	0.51	มาก
3. ข้อคำถามและตัวเลือกคำตอบมีความชัดเจนและเหมาะสม	4.25	0.45	มาก
4. ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบมีความเหมาะสม	4.33	0.78	มาก
5. ระดับความยากง่ายของข้อสอบมีความเหมาะสม	4.25	0.45	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.35	0.54	มาก
ค่าเฉลี่ยของทุกด้าน	4.34	0.62	มาก

จากตารางที่ 3-4 ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม พบผลการประเมินในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.58 รองลงมา คือ รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.62)

ด้านใบความรู้ประกอบการเรียนรู้ พบว่า เนื้อหามีความถูกต้องและทันสมัย มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.42 รองลงมา คือ ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และภาษา ภาพประกอบ และรูปแบบการนำเสนอมีความเหมาะสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.17 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.27, S.D. = 0.67)

ด้านชุดฝึกปฏิบัติระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าและ Internet of Things (IoT) พบว่า ชุดฝึกปฏิบัติใช้งานง่าย ปลอดภัย และสะดวกต่อการบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 รองลงมา คือ ชุดฝึกปฏิบัติส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการแก้ปัญหาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ โครงสร้างและการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.33, S.D. = 0.60)

ด้านโปรแกรมควบคุมระบบ (Arduino IDE และ ESP32-S3) พบว่า โปรแกรมสามารถประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีสมัยใหม่และงานอุตสาหกรรมได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.67 รองลงมา คือ โครงสร้างและการออกแบบโปรแกรมมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.58)

ด้านสื่อการเรียนรู้ด้วย Microsoft PowerPoint พบว่า การนำเสนอเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 รองลงมา คือ ปริมาณเนื้อหาและรายละเอียดมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การลำดับเนื้อหามีความเป็นระบบและเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.68)

ด้านแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.50 รองลงมา คือ จำนวนข้อสอบมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ ข้อคำถามและตัวเลือกคำตอบมีความชัดเจนและเหมาะสม และระดับความยากง่ายของข้อสอบมีความเหมาะสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.25 โดยภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.35, S.D. = 0.54)

โดยสรุป ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.62) แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรม

การเรียนรู้มีคุณภาพทั้งด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหา ชุดฝึกปฏิบัติ โปรแกรมควบคุมระบบสื่อการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติให้เชื่อมต่อวงจรได้สะดวกยิ่งขึ้น และปรับปรุงเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งสอดรับกับเทคโนโลยีระบบควบคุมที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไปใช้ฝึกอบรมต่อไป

3.7 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทั้งนี้ การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.7.1 การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างและจริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา รหัสจริยธรรมการวิจัย SCPHYLIRB-2569/453 โดยได้รับการพิจารณาแบบ Expedited Review และได้รับการรับรองเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2569

ก่อนดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ประสานงานกับสถานประกอบการเพื่อขออนุญาตดำเนินการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาการเข้าร่วม ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ รวมถึงสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบอย่างครบถ้วน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนได้รับเอกสารชี้แจงข้อมูลสำหรับอาสาสมัครวิจัย และมีโอกาสซักถามข้อสงสัยก่อนตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าว (Informed Consent) ด้วยความสมัครใจ และสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ทั้งนี้ การถอนตัวจากการวิจัยจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิทธิประโยชน์หรือการปฏิบัติงานของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่อย่างใด

ผู้วิจัยเก็บรักษาข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นความลับ โดยใช้รหัสแทนชื่อในการบันทึกข้อมูล และนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมโดยไม่เปิดเผยข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนของผู้เข้าร่วมวิจัยได้ เอกสารและข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการจัดเก็บอย่างปลอดภัย และจะดำเนินการทำลายข้อมูลตามแนวทางที่กำหนดไว้ในโครงการวิจัยภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย



AF 04-03

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
เลขที่ 91 ถนนเทศบาล 1 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 โทรศัพท์ 0 7321 2863 ต่อ 131
E-mail: scphyl.irb@yala.ac.th Website: http://www.yala.ac.th/IRB-SCPHYL/

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
รหัสจริยธรรมการวิจัย	SCPHYLIRB-2569/453
ผู้วิจัยหลัก	ประสงค์ศักดิ์ สองศรี
สังกัด	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
วิธีการพิจารณา	Expedited
วันที่ส่ง	24 เมษายน 2569 **วันที่พิจารณา** 08 พฤษภาคม 2569
วันที่รับรอง	22 พฤษภาคม 2569 **วันหมดอายุ** 22 พฤษภาคม 2570

เอกสารที่รับรอง

1. โครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงข้อมูลสำหรับอาสาสมัครวิจัย
4. เอกสารแสดงความยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าว
5. ประวัตินักวิจัย/คณะนักวิจัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ได้พิจารณาโครงการวิจัยแล้ว ตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ตามระเบียบแนวทางและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ:

1. กำหนดส่งรายงานความก้าวหน้า 22 พฤษภาคม 2569 แบบฟอร์ม AF 03-19
2. กำหนดส่งรายงานสิ้นสุดโครงการ 22 มิถุนายน 2570 แบบฟอร์ม AF 03-20
3. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัยหลังได้รับการรับรอง ให้นักวิจัยขอคณุมัติปรับวายละเอียด แบบฟอร์ม AF 06-02
4. หากดำเนินการวิจัยไม่แล้วเสร็จภายในระยะเวลารับรอง ให้นักวิจัยขอคณุมัติขยายระยะเวลา แบบฟอร์ม AF 03-18

(นายอวิรุทธ์ สิงห์กุล)
เลขานุการคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

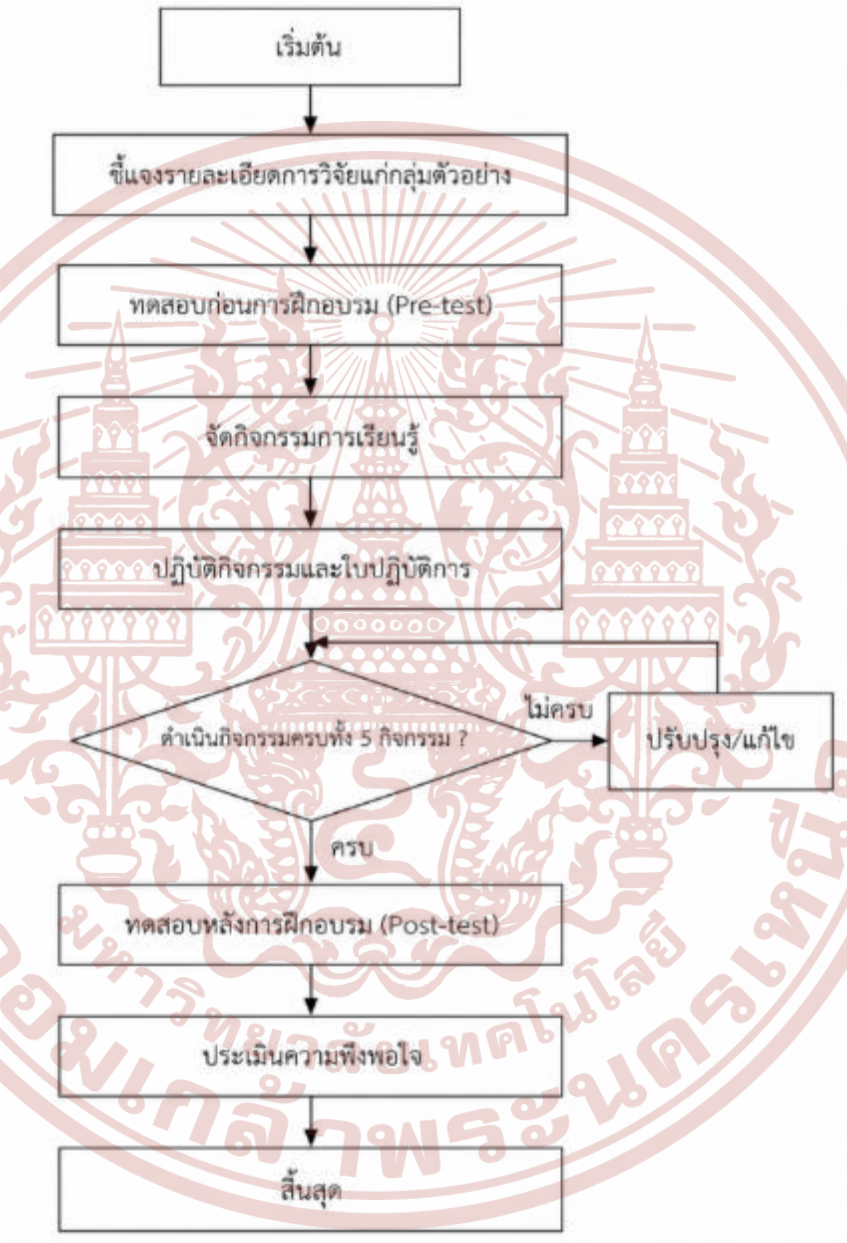
(ผศ.ดร.ภัคณัฐ วีรชจร)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(หนังสือรับรองนี้ไม่มีบุนตราสัญลักษณ์วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา)

ภาพที่ 3-19 หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รหัสโครงการ SCPHYLIRB-2569/453 ที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา

3.7.2 การดำเนินการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัท เค.เอ็ม. แพ็กเกจจิ้ง จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการฝึกอบรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3-20



ภาพที่ 3-20 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากภาพที่ 3-20 การดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดการดำเนินการวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นช่างซ่อมบำรุงที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบ

เจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์คุณสมบัติที่ผู้วิจัยกำหนด โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาการฝึกอบรม การเก็บรวบรวมข้อมูล และแนวทางการประเมินผล เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความเข้าใจตรงกันก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรม

2. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนการฝึกอบรม (Pre-test) เพื่อประเมินความรู้พื้นฐานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนเข้าร่วมกิจกรรม และใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม

3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการฝึกอบรม ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 5 กิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมศึกษาใบความรู้ ปฏิบัติกิจกรรม และฝึกปฏิบัติตามใบปฏิบัติการ พร้อมทั้งประยุกต์ใช้ความรู้ในการวิเคราะห์ปัญหา คิดหาแนวทางแก้ไข และทดลองปฏิบัติตามกระบวนการ CPS

4. ภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังการฝึกอบรม (Post-test) ประเมินผลภาคปฏิบัติ และให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการปฏิบัติงาน และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม



ภาพที่ 3-21 การจัดกิจกรรมการฝึกอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการฝึกอบรม รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.8.1 การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือวิจัย

3.8.1.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.8.1.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{n(n-1)}} \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ S คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

n คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง หรือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.8.1.3 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (3\text{-}3)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การแปลความหมายดัชนีความสอดคล้อง มีดังนี้

IOC ≥ 0.50 หมายถึง สามารถนำไปใช้ได้

IOC < 0.50 หมายถึง ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้

3.8.1.4 การหาค่าความยาก (Difficulty Index)

$$P = \frac{R}{N} \tag{3-4}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R คือ จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูก

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

ค่าของความยากง่ายของข้อสอบที่ใช้ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-0.8 โดยการแปรความหมายของผลการวิเคราะห์ที่ได้ มีดังนี้

ค่าความยากง่ายของข้อสอบเท่ากับหรือมากกว่า	0.80	เป็นข้อสอบที่ ง่ายมาก
ค่าความยากง่ายของข้อสอบระหว่าง	0.61-0.80	เป็นข้อสอบที่ ค่อนข้างง่าย
ค่าความยากง่ายของข้อสอบระหว่าง	0.40-0.60	เป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะ
ค่าความยากง่ายของข้อสอบระหว่าง	0.20-0.39	เป็นข้อสอบที่ ค่อนข้างยาก
ค่าความยากง่ายของข้อสอบเท่ากับหรือต่ำกว่า	0.20	เป็นข้อสอบที่ ยากมาก

3.8.1.5 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index)

$$D = \frac{R_u - R_l}{N} \tag{3-5}$$

เมื่อ D คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_u คือ จำนวนผู้เรียนที่ทำข้อสอบนั้นถูกของกลุ่มสูง

R_l คือ จำนวนผู้เรียนที่ทำข้อสอบนั้นถูกของกลุ่มต่ำ

ค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป โดยการแปรความความหมายของผลการวิเคราะห์ที่ได้ มีดังนี้

ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบเท่ากับหรือมากกว่ามากกว่า	0.39	มีอำนาจการจำแนกสูง
ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบระหว่าง	0.30-0.39	มีอำนาจการจำแนกปานกลาง
ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบระหว่าง	0.20-0.29	มีอำนาจการจำแนกค่อนข้างต่ำ
ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบระหว่าง	0.00-0.19	มีอำนาจการจำแนกต่ำ

ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบต่ำกว่า 0.00 มีอำนาจการจำแนกไม่ดี

3.8.1.6 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

$$r_{\alpha} = 1 - \frac{k\sum x_1 - \sum x_1^2}{(k-1)(x_1 - C)^2} \quad (3\text{-}6)$$

เมื่อ r_{α} คือ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k คือ จำนวนข้อสอบ

x_1 คือ คะแนนของแต่ละคน

C คือ คะแนนเกณฑ์ หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

3.8.1.7 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ คือ คะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกหน่วยการเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

$$E_2 = \frac{\frac{\sum f}{N}}{B} \quad (3\text{-}8)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum f$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.8.1.8 การหาผลการเรียนของผู้เรียนคำนวณจากการหาสถิติ t-test สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{N-1}}}; df = N-1 \qquad (3\text{-}9)$$

เมื่อ t คือ ค่าสถิติที่ใช้

D คือ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.8.2 การแปลความหมายของประเมินต่าง ๆ เกณฑ์ในการพิจารณาแปลผลคะแนนตามแบบของจอห์น ดับบลิว เบสท์ (Best & Kahn, 1998) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสม/พึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/พึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/พึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/พึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/พึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.8.3 การแปลความหมายของคะแนนกำหนดเกณฑ์โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2544 : 69)

4.50-5.00 หมายถึง คะแนนอยู่ในระดับมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง คะแนนอยู่ในระดับมาก

2.50-3.49 หมายถึง คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง คะแนนอยู่ในระดับน้อย

1.00-1.49 หมายถึง คะแนนอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.8.4 เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนจากแบบประเมินคุณภาพ โดยพิจารณาจากคะแนนรวมของแบบประเมิน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 16 คะแนน และจำแนกระดับคุณภาพออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนน 0–5 คะแนน หมายถึง ระดับ 1 ปรับปรุง

คะแนน 6–9 คะแนน หมายถึง ระดับ 2 พอใช้

คะแนน 10–13 คะแนน หมายถึง ระดับ 3 ดี

คะแนน 14–16 คะแนน หมายถึง ระดับ 4 ดีมาก

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากบทที่ 3 ผู้วิจัยได้กล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งแต่การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการ การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย การดำเนินการฝึกอบรม ตลอดจนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

บทนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย โดยเรียงลำดับผลการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และใช้สถิติที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 เพื่ออธิบายผลการวิจัยอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

4.5 สรุปผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการของสถานประกอบการ ตลอดจนการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดโครงสร้าง เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ใบความรู้ ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ สื่อนำเสนอ

ประกอบการฝึกอบรม และชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสร่วมกับระบบ Internet of Things ซึ่งออกแบบให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผ่านการปฏิบัติจริงในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

4.1.1 ใบความรู้

ใบความรู้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเนื้อหาที่ครอบคลุมความรู้พื้นฐานและกระบวนการแก้ปัญหาที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 5 กิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า
3. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 การสร้างแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
4. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา
5. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 การนำแนวทางไปปฏิบัติและประเมินผล (Implementation)

4.1.2 คู่มือวิทยากร

คู่มือวิทยากรจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการฝึกอบรมตามชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประกอบด้วย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. ใบความรู้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 กิจกรรม ได้แก่
    3.1 ใบความรู้กิจกรรมที่ 1 พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
    3.2 ใบความรู้กิจกรรมที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า
    3.3 ใบความรู้กิจกรรมที่ 3 การสร้างแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
    3.4 ใบความรู้กิจกรรมที่ 4 การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา
    3.5 ใบความรู้กิจกรรมที่ 5 การนำแนวทางไปปฏิบัติและประเมินผล
4. แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม พร้อมเฉลย
5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม พร้อมเฉลย
6. สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint)
7. ใบปฏิบัติการประกอบชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยระบบ Internet

of Things (IoT)

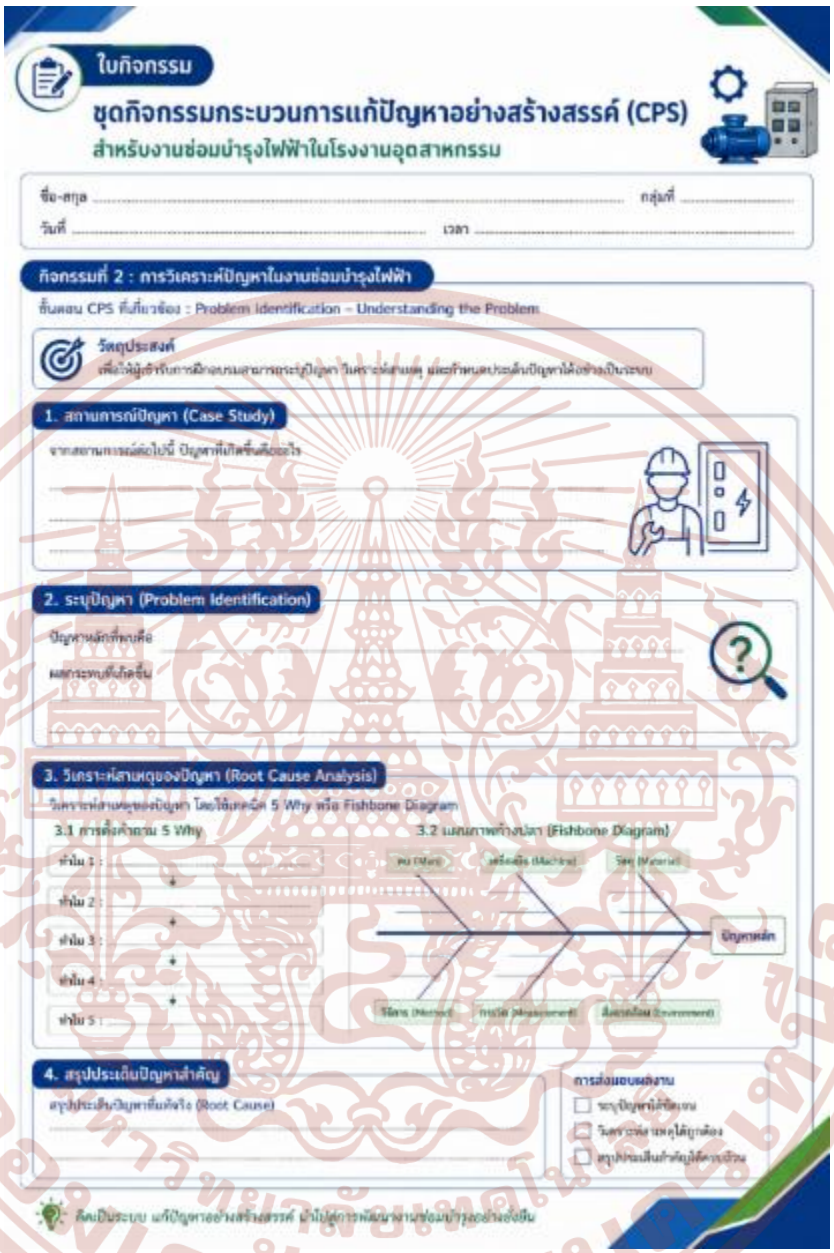
8. ใบกิจกรรมสำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้ง 5 กิจกรรมการเรียนรู้



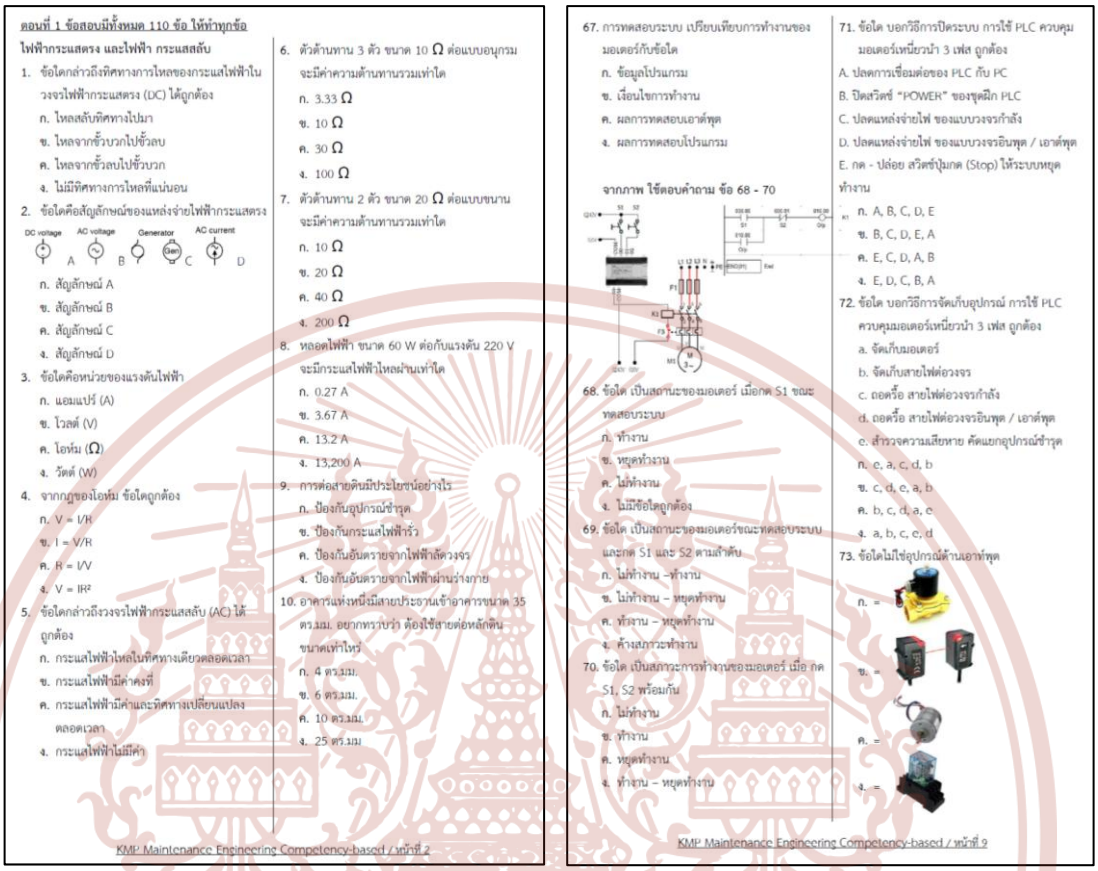
ภาพที่ 4-1 ใบความรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 4-2 แบบฝึกหัดประจำกิจกรรมการเรียนรู้ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)



ภาพที่ 4-3 ใบกิจกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)



ตอนที่ 1 ข้อสอบมีทั้งหมด 110 ข้อ ให้ทำทุกข้อ

ไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้า กระแสสลับ

1. ข้อใดกล่าวถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ได้ถูกต้อง
   ก. ไหลสลับทิศทางไปมา
   ข. ไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ
   ค. ไหลจากขั้วลบไปขั้วบวก
   ง. ไม่มีทิศทางการไหลที่แน่นอน
2. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

   ก. สัญลักษณ์ A
   ข. สัญลักษณ์ B
   ค. สัญลักษณ์ C
   ง. สัญลักษณ์ D
3. ข้อใดคือหน่วยของแรงดันไฟฟ้า
   ก. แอมแปร์ (A)
   ข. โวลต์ (V)
   ค. โอห์ม (Ω)
   ง. วัตต์ (W)
4. จากกฎของโอห์ม ข้อใดถูกต้อง
   ก. V = I/R
   ข. I = V/R
   ค. R = I/V
   ง. V = IR²
5. ข้อใดกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ได้ถูกต้อง
   ก. กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียวตลอดเวลา
   ข. กระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่
   ค. กระแสไฟฟ้ามีค่าและทิศทางเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
   ง. กระแสไฟฟ้าไม่มีค่า
6. ตัวต้านทาน 3 ตัว ขนาด 10 Ω ต่อแบบอนุกรม จะมีค่าความต้านทานรวมเท่าใด
   ก. 3.33 Ω
   ข. 10 Ω
   ค. 30 Ω
   ง. 100 Ω
7. ตัวต้านทาน 2 ตัว ขนาด 20 Ω ต่อแบบขนาน จะมีค่าความต้านทานรวมเท่าใด
   ก. 10 Ω
   ข. 20 Ω
   ค. 40 Ω
   ง. 200 Ω
8. หลอดไฟฟ้า ขนาด 60 W ต่อกับแรงดัน 220 V จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่าใด
   ก. 0.27 A
   ข. 3.67 A
   ค. 13.2 A
   ง. 13,200 A
9. การต่อสายดินมีประโยชน์อย่างไร
   ก. ป้องกันอุปกรณ์ชำรุด
   ข. ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว
   ค. ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจร
   ง. ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าผ่านร่างกาย
10. อาคารแห่งหนึ่งมีสายประธานเข้าอาคารขนาด 35 ตร.มม. อยากทราบว่า ต้องใช้สายต่อหลักดินขนาดเท่าไหร่
    ก. 4 ตร.มม.
    ข. 6 ตร.มม.
    ค. 10 ตร.มม.
    ง. 25 ตร.มม

KMP Maintenance Engineering Competency-based / หน้าที่ 2

67. การทดสอบระบบ เปรียบเทียบการทำงานของมอเตอร์กับข้อใด
    ก. ข้อมูลโปรแกรม
    ข. เงื่อนไขการทำงาน
    ค. ผลการทดสอบเอาต์พุต
    ง. ผลการทดสอบโปรแกรม

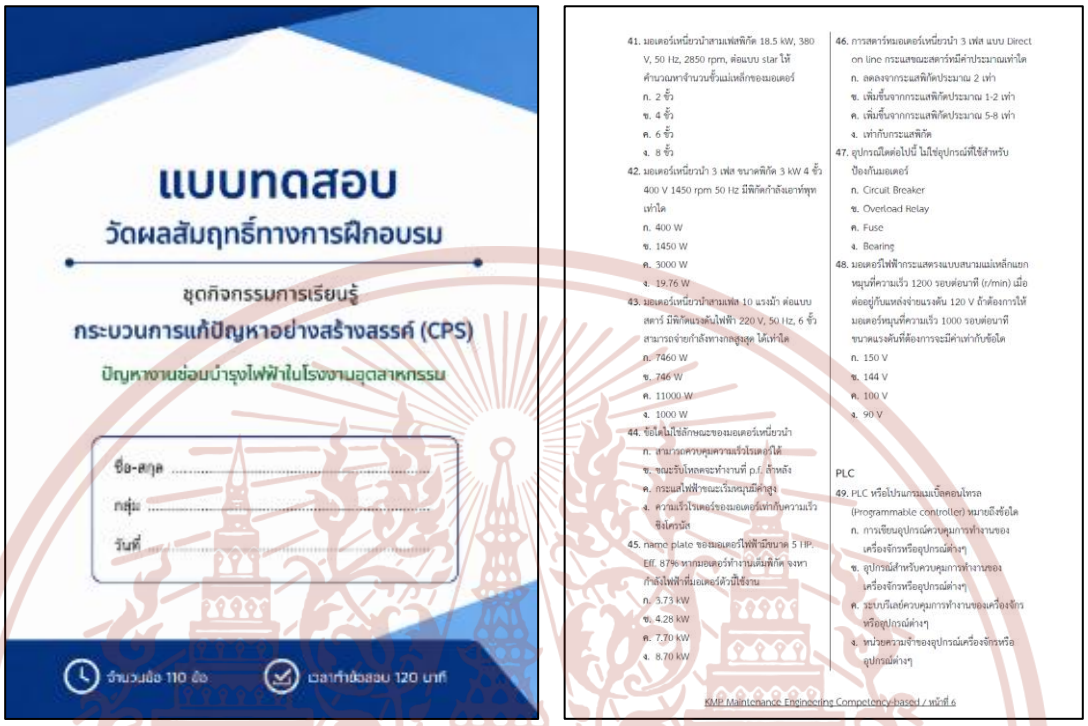
จากภาพ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 68 - 70

68. ข้อใด เป็นสถานะของมอเตอร์ เมื่อกด S1 ขณะทดสอบระบบ
    ก. ทำงาน
    ข. หยุดทำงาน
    ค. ไม่ทำงาน
    ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
69. ข้อใด เป็นสถานะของมอเตอร์ขณะทดสอบระบบ และกด S1 และ S2 ตามลำดับ
    ก. ไม่ทำงาน –ทำงาน
    ข. ไม่ทำงาน – หยุดทำงาน
    ค. ทำงาน – หยุดทำงาน
    ง. ค้างสภาวะทำงาน
70. ข้อใด เป็นสภาวะการทำงานของมอเตอร์ เมื่อ กด S1, S2 พร้อมกัน
    ก. ไม่ทำงาน
    ข. ทำงาน
    ค. หยุดทำงาน
    ง. ทำงาน – หยุดทำงาน

71. ข้อใด บอกวิธีการปิดระบบ การใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ถูกต้อง
A. ปลดการเชื่อมต่อของ PLC กับ PC
B. ปิดสวิตช์ "POWER" ของชุดฝึก PLC
C. ปลดแหล่งจ่ายไฟ ของแบบวงจรกำลัง
D. ปลดแหล่งจ่ายไฟ ของแบบวงจรอินพุต / เอาต์พุต
E. กด - ปล่อย สวิตช์ปุ่มกด (Stop) ให้ระบบหยุดทำงาน
    ก. A, B, C, D, E
    ข. B, C, D, E, A
    ค. E, C, D, A, B
    ง. E, D, C, B, A
72. ข้อใด บอกวิธีการจัดเก็บอุปกรณ์ การใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ถูกต้อง
    a. จัดเก็บมอเตอร์
    b. จัดเก็บสายไฟต่อวงจร
    c. ถอดขั้ว สายไฟต่อวงจรกำลัง
    d. ถอดขั้ว สายไฟต่อวงจรอินพุต / เอาต์พุต
    e. สำรวจความเสียหาย คัดแยกอุปกรณ์ชำรุด
    ก. e, a, c, d, b
    ข. c, d, e, a, b
    ค. b, c, d, a, e
    ง. a, b, c, e, d
73. ข้อใดไม่ใช่อุปกรณ์ด้านเอาท์พุต
    ก. =
    ข. =
    ค. =
    ง. =

KMP Maintenance Engineering Competency-based / หน้าที่ 9

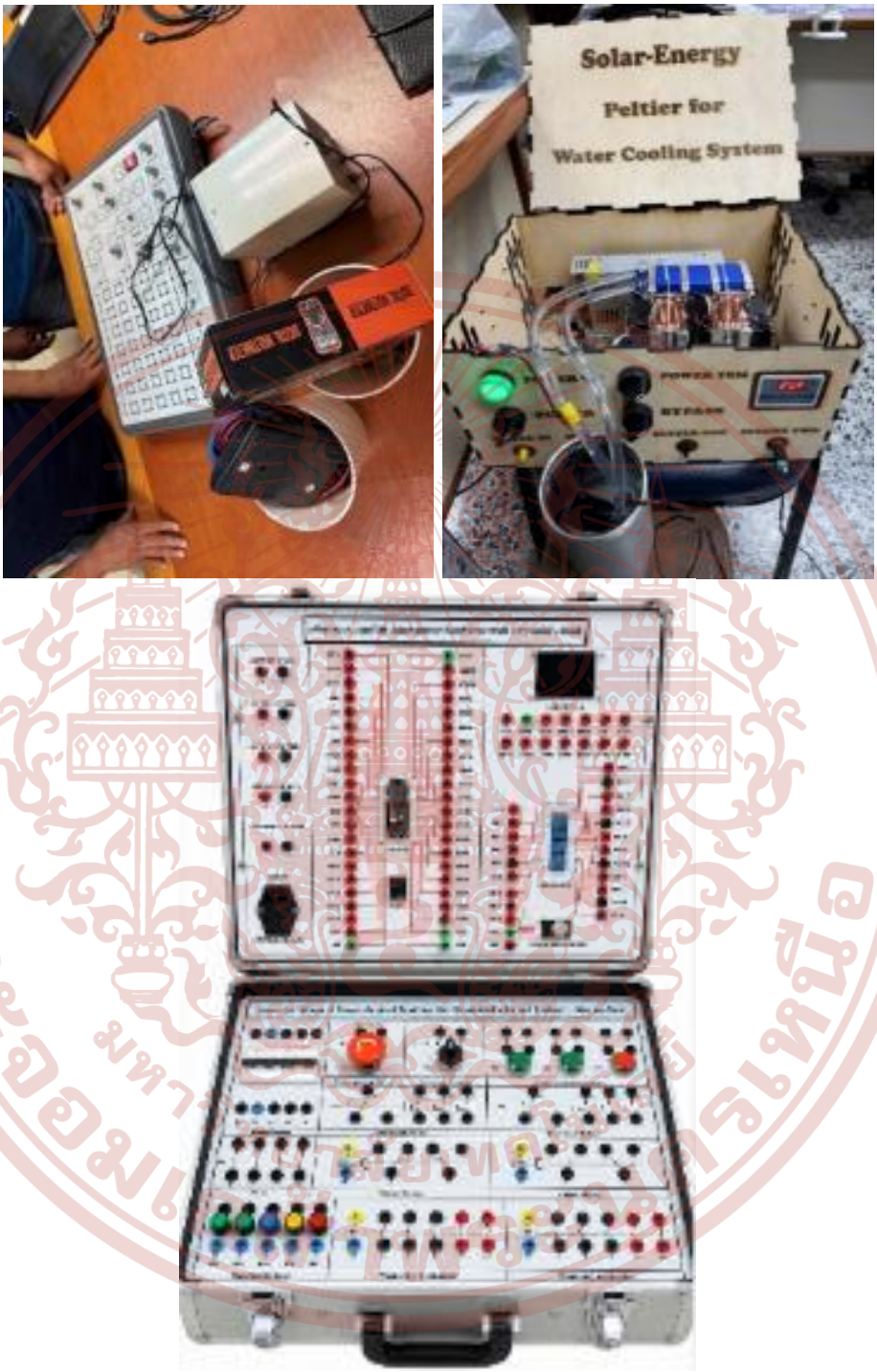
ภาพที่ 4-4 แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรมประจำกิจกรรมการเรียนรู้



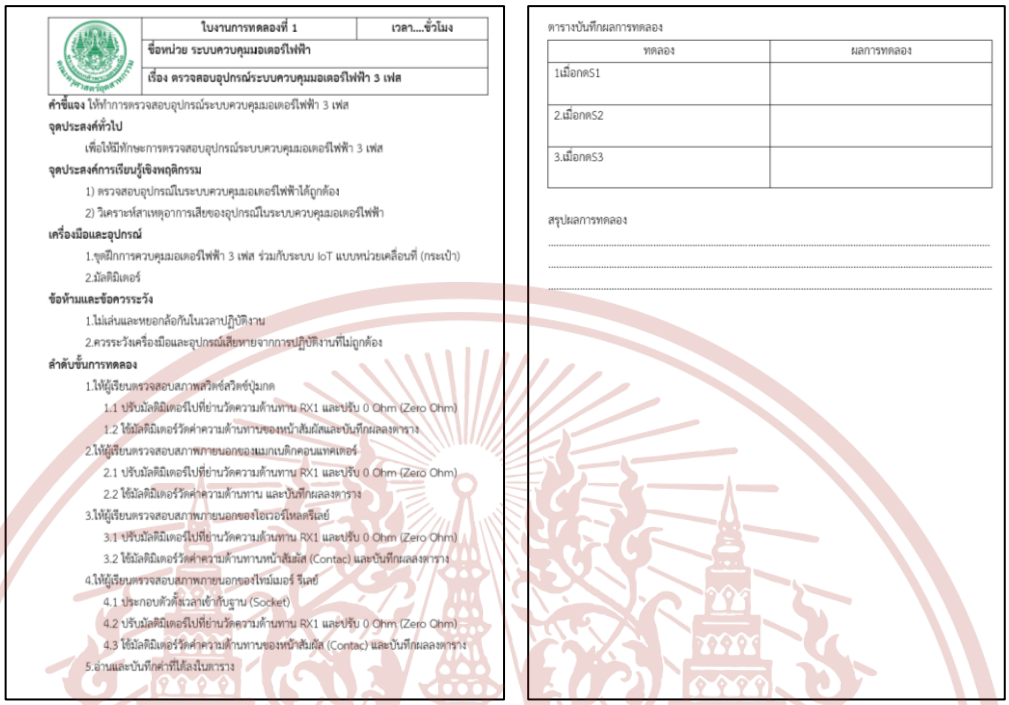
ภาพที่ 4-5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม



ภาพที่ 4-6 สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint)



ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้และการวิจัย



ใบงานการทดลองที่ 1	เวลา....ชั่วโมง
ชื่อหน่วย ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	
เรื่อง ตรวจสอบอุปกรณ์ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	

คำชี้แจง ให้ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะการตรวจสอบอุปกรณ์ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส

จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม

1) ตรวจสอบอุปกรณ์ในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง

2) วิเคราะห์สาเหตุอาการเสียของอุปกรณ์ในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดฝึกการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ร่วมกับระบบ IoT แบบหน่วยเคลื่อนที่ (กระเป๋า)

2.มัลติมิเตอร์

ข้อห้ามและข้อควรระวัง

1.ไม่เล่นและหยอกล้อกันในเวลาปฏิบัติงาน

2.ควรระวังเครื่องมือและอุปกรณ์เสียหายจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1.ให้ผู้เรียนตรวจสอบสภาพสวิตช์สวิตช์ปุ่มกด

1.1 ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX1 และปรับ 0 Ohm (Zero Ohm)

1.2 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสและบันทึกผลลงตาราง

2.ให้ผู้เรียนตรวจสอบสภาพภายนอกของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

2.1 ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX1 และปรับ 0 Ohm (Zero Ohm)

2.2 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทาน และบันทึกผลลงตาราง

3.ให้ผู้เรียนตรวจสอบสภาพภายนอกของโอเวอร์โหลดรีเลย์

3.1 ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX1 และปรับ 0 Ohm (Zero Ohm)

3.2 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานหน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง

4.ให้ผู้เรียนตรวจสอบสภาพภายนอกของไทม์เมอร์ รีเลย์

4.1 ประกอบตัวตั้งเวลาเข้ากับฐาน (Socket)

4.2 ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX1 และปรับ 0 Ohm (Zero Ohm)

4.3 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง

5.อ่านและบันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ทดลอง	ผลการทดลอง
1เมื่อกดS1	
2.เมื่อกดS2	
3.เมื่อกดS3	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

ภาพที่ 4-8 ใบงานปฏิบัติการประกอบชุดฝึกปฏิบัติการการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ 4-9 การจัดกิจกรรมการฝึกอบรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Dependent Samples t-test ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม (จำนวน 33 คน)

รายการ	ค่าเฉลี่ย (เต็ม 50 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	df	t	Sig. (1 Tailed)
ทดสอบก่อนเรียน	26.50	45.67	1.67	19.17	28.51	.000*
ทดสอบหลังเรียน	45.67	91.34	1.93			

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ก่อนการฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.67 ส่วนหลังการฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 45.67 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.34 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.93 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการฝึกอบรมโดยใช้สถิติ Dependent Samples t-test พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t(32) = [ค่าที่ตรวจสอบใหม่], $p < .001$) แสดงให้เห็นว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมหลังเข้าร่วมกิจกรรมสูงขึ้น

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประเมินจากประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรม (E1) ซึ่งได้จากคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ และประสิทธิภาพหลังการฝึกอบรม (E2) ซึ่งได้จากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

รายการ	N	$\overline{X}$	ร้อยละ
ประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรม (E1)	33	40.25	80.50
ประสิทธิภาพหลังการฝึกอบรม (E2)	33	41.33	82.67

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรม (E1) เท่ากับร้อยละ 80.50 และมีประสิทธิภาพหลังการฝึกอบรม (E2) เท่ากับร้อยละ 82.67 โดยประสิทธิภาพหลังการฝึกอบรม (E2) สูงกว่าประสิทธิภาพระหว่างการฝึกอบรม (E1) อยู่ 2.17 จุดร้อยละ ดังนั้น ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.50/82.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตอบแบบประเมินความพึงพอใจภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพอใจ
การจัดการเรียนการสอน				
1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้	4.33	0.78	มาก
2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	4.00	0.60	มาก
3	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเหมาะสม	4.08	0.67	มาก
4	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.33	0.65	มาก
5	กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง	4.17	0.72	มาก
6	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการทำงานอย่างเป็นระบบ	4.50	0.52	มากที่สุด
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการนำเสนอผลการปฏิบัติงาน	4.17	0.83	มาก
8	รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.25	0.45	มาก
9	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถติดตามและประเมินความก้าวหน้าของตนเองได้	4.33	0.65	มาก
10	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน	4.08	0.90	มาก
11	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน	3.75	0.75	มาก
12	การลำดับเนื้อหาและการสรุปบทเรียนมีความเหมาะสม	4.17	0.83	มาก
13	กิจกรรมการเรียนรู้มีการแบ่งหัวข้อและลำดับเนื้อหาอย่างเหมาะสม	4.25	0.75	มาก
14	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการปฏิบัติงานได้	4.33	0.65	มาก
15	รูปแบบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อการฝึกอบรม	3.92	0.90	มาก

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพอใจ
16	เนื้อหาที่ใช้ในการฝึกอบรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงได้	4.08	0.79	มาก
17	ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	3.83	0.83	มาก
ค่าเฉลี่ย		**4.15**	**0.72**	**มาก**
ด้านการฝึกปฏิบัติด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)				
18	ชุดฝึกปฏิบัติการมีอุปกรณ์สอดคล้องกับใบปฏิบัติการ	4.42	0.51	มาก
19	โครงสร้างและรูปแบบของชุดฝึกปฏิบัติการมีความเหมาะสม	4.25	0.75	มาก
20	วัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติมีความชัดเจน	4.00	0.60	มาก
21	ปริมาณเนื้อหาในการฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม	3.92	0.79	มาก
22	ระดับความยากของการฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม	4.25	0.62	มาก
23	การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบด้วย Arduino IDE และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ	3.75	0.75	มาก
24	แบบทดสอบและใบปฏิบัติการมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการฝึกอบรม	4.33	0.65	มาก
25	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้	4.58	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย		**4.18**	**0.64**	**มาก**
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน		**4.16**	**0.69**	**มาก**

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการฝึกปฏิบัติด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 สูงกว่าด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 สะท้อนให้เห็นว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์การทำงานจริง

เมื่อพิจารณาด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการทำงานอย่างเป็นระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมในลักษณะร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไขสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการทำงานร่วมกันของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ดี อย่างไรก็ตาม รายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ซึ่งอาจสะท้อนว่าการดำเนินกิจกรรมที่ประกอบด้วยการวิเคราะห์ปัญหา การอภิปราย การทดลองปฏิบัติ และการสะท้อนผลการเรียนรู้ต้องใช้เวลาในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรมมากขึ้น จึงควรพิจารณาจัดสรรเวลาในแต่ละกิจกรรมให้เหมาะสมและเพิ่มโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรม

สำหรับด้านการฝึกปฏิบัติ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าชุดกิจกรรมสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะจากการฝึกอบรมไปสู่การปฏิบัติงานได้ อย่างไรก็ตาม รายการการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบด้วย Arduino IDE และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 3.75 รองลงมา คือ ปริมาณเนื้อหาในการฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 ผลดังกล่าวสะท้อนว่าการฝึกปฏิบัติด้านการเขียนโปรแกรมและการเชื่อมต่อระบบ IoT อาจมีความซับซ้อนและต้องอาศัยเวลาในการฝึกทักษะมากกว่าหัวข้อพื้นฐาน จึงควรเพิ่มเวลาในการฝึกปฏิบัติ จัดลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก และจัดทำตัวอย่างหรือแนวทางประกอบการปฏิบัติให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4.5 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ โดยคะแนนหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.50/82.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด และผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.16, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69) โดยผลการประเมินสะท้อนว่าชุดกิจกรรมมีจุดเด่นด้านการส่งเสริมการทำงานเป็นทีม การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ และการนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ขณะเดียวกัน ควรพัฒนาด้านการจัดสรรเวลาการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรม และการฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานจริงของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย คู่มือวิทยากร แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบความรู้ ใบกิจกรรม และใบปฏิบัติการสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรม แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint) และชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยระบบ Internet of Things เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ควบคู่กับการปฏิบัติจริงในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

การวิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของสถานประกอบการ การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ การทดลองใช้ และการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง เครื่องมือวิจัยได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence) และประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา เลขที่รับรอง SCPHYLIRB-2569/453 ลงวันที่ 22 พฤษภาคม 2569 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคนได้รับการชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัย สิทธิในการเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ พร้อมทั้งลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมก่อนเข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลที่ได้รับจากการวิจัยถูกเก็บรักษาเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม แบบประเมินความพึงพอใจ และแบบประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ E1/E2 และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Dependent Samples t-test) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม

5.1 สรุปผลการวิจัย

ภายหลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการของสถานประกอบการ การออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ การดำเนินการฝึกอบรม และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 33 คน จนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผลการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยสามารถพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย คู่มือวิทยากร แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบความรู้ จำนวน 5 กิจกรรม ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรมและชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยระบบ Internet of Things ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง และสามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนการฝึกอบรมเฉลี่ย 26.50 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.67 ขณะที่หลังการฝึกอบรมมีคะแนนเฉลี่ย 45.67 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.93 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการฝึกอบรมด้วยสถิติ Dependent Samples t-test พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้

5.1.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับร้อยละ 80.50 ซึ่งคำนวณจากคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างการฝึกอบรม และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับร้อยละ 82.67 ซึ่งคำนวณจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม โดยมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.50/82.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้

5.1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 แสดงให้เห็นว่าชุด

กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม กระบวนการเรียนรู้ และการฝึกปฏิบัติ สามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างมีนัยสำคัญ และได้รับความพึงพอใจในระดับมาก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมและพัฒนาศักยภาพของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผล

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ผลการวิจัยสามารถอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังต่อไปนี้

5.2.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผลการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยสามารถพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยคู่มือวิทยากร แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบความรู้จำนวน 5 กิจกรรม ใบกิจกรรม ใบปฏิบัติการ แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม สื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม และชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยระบบ Internet of Things ซึ่งได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะงานและปัญหาที่ช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมต้องเผชิญในการปฏิบัติงานจริง

ผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน สภาพปัญหา และความต้องการของสถานประกอบการ ก่อนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และกำหนดเนื้อหา วัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือประเมินผลให้มีความสอดคล้องกัน จากนั้นจึงตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ส่งผลให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วน มีลำดับขั้นตอนชัดเจน และเหมาะสมกับพื้นฐานและบริบทการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

นอกจากนี้ การนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมไม่ได้เรียนรู้เฉพาะเนื้อหาด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังได้ฝึกวิเคราะห์และแก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการ CPS ได้แก่ การค้นหาวัตถุประสงค์ (Objective Finding) การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) การค้นหาปัญหา (Problem Finding) การค้นหาแนวคิด (Idea Finding) การค้นหาแนวทางแก้ไข (Solution Finding) และการยอมรับแนวทางปฏิบัติ

(Acceptance Finding) กระบวนการดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เสนอแนวคิดที่หลากหลาย พิจารณาทางเลือก และกำหนดแนวทางแก้ไขที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Osborn ที่เสนอว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ควรส่งเสริมให้บุคคลสร้างแนวคิดที่หลากหลายก่อนพิจารณาและคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสม และสอดคล้องกับแนวคิดของ Treffinger ที่อธิบายว่ากระบวนการ CPS เป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงการทำความเข้าใจปัญหา การสร้างแนวคิด และการวางแผนนำแนวคิดไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นระบบ จึงช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถพิจารณาปัญหาจากข้อมูลและข้อเท็จจริง ตลอดจนหลีกเลี่ยงการตัดสินใจแก้ปัญหาโดยอาศัยประสบการณ์หรือความเคยชินเพียงอย่างเดียว

การจัดกิจกรรมในลักษณะกลุ่มยังเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น รับฟังแนวคิดที่แตกต่าง และร่วมกันพิจารณาแนวทางแก้ปัญหา ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและการทำงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการปฏิบัติงานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยการประสานงานระหว่างผู้ปฏิบัติงานหลายฝ่าย โดยผลการประเมินความพึงพอใจยังพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการทำงานอย่างเป็นระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด จึงสนับสนุนว่าการออกแบบกิจกรรมตามกระบวนการ CPS สามารถส่งเสริมทั้งการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกันของผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้

ขณะเดียวกัน การนำชุดฝึกปฏิบัติการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสด้วยระบบ Internet of Things (IoT) มาใช้ประกอบกิจกรรม ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง ตั้งแต่การตรวจสอบอุปกรณ์ การวิเคราะห์การทำงานของระบบ การค้นหาสาเหตุของความผิดปกติ การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย Arduino IDE การเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT ตลอดจนการทดลองและประเมินผลแนวทางแก้ไข ส่งผลให้กิจกรรมการฝึกอบรมมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์งานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมองเห็นแนวทางในการนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

ประเด็นดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากผลการประเมินความพึงพอใจ ซึ่งพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านการฝึกปฏิบัติ คือ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติงานและตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาสมรรถนะของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม

ดังนั้น การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เข้ากับเนื้อหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าและการฝึกปฏิบัติด้วยเทคโนโลยี IoT จึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้พัฒนาทั้งความรู้ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การสร้างแนวทางแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการประยุกต์ใช้ความรู้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์งานซ่อมบำรุงไฟฟ้า กำหนดปัญหา สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา พิจารณาเลือกแนวทาง และนำแนวทางไปทดลองปฏิบัติ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Osborn (1953) ที่ให้ความสำคัญกับการสร้างแนวคิดที่หลากหลายก่อนการพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสม และแนวคิดของ Treffinger et al. (2000) ที่อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการทำความเข้าใจปัญหา การสร้างแนวคิด และการเตรียมการเพื่อนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติ ดังนั้น การจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ดำเนินการตามกระบวนการดังกล่าวร่วมกับการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์งานซ่อมบำรุงไฟฟ้า จึงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนให้ผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรมสูงขึ้น

5.2.3 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (E1/E2)

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับร้อยละ 80.50 ซึ่งได้จากคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างการฝึกอบรม และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับร้อยละ 82.67 ซึ่งได้จากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม ดังนั้น ชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.50/82.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ที่ระบุว่าเกณฑ์ E1/E2 ใช้ประเมินทั้งประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์การเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Arkira, Kanokwan, and Chaiyapon (2019, 2020) ที่พบว่าชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติมีค่าประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 เช่นเดียวกัน

ผลดังกล่าวสะท้อนว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถปฏิบัติกิจกรรมระหว่างการฝึกอบรมได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีผลสัมฤทธิ์ภายหลังการฝึกอบรมเป็นไปตามเกณฑ์เช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นลำดับ โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติ และการประเมินผลให้มีความสอดคล้องกัน รวมทั้งผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและการทดลองใช้ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

5.2.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการรับรู้และความพึงพอใจในเชิงบวกต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายด้าน พบว่า ด้านการฝึกปฏิบัติด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 และ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ซึ่งอยู่ในระดับมากทั้งสองด้าน ผลดังกล่าวสะท้อนว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรม

มีความพึงพอใจต่อทั้งกระบวนการจัดกิจกรรมและการฝึกปฏิบัติที่เป็นองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการทำงานอย่างเป็นระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านการฝึกปฏิบัติ รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด ผลการประเมินดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจเด่นชัดในประเด็นการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบและการนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ McClelland (1973) ที่เสนอว่าสมรรถนะในการปฏิบัติงานจริงเป็นตัวชี้วัดความสามารถที่มีความสำคัญมากกว่าความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว จึงอาจเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้ความสำคัญและมีความพึงพอใจสูงสุดต่อประเด็นการนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 และ การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบด้วย Arduino IDE และการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT มีความเหมาะสมต่อการฝึกปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 แม้ทั้งสองรายการยังอยู่ในระดับมาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่น ผลดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการปรับปรุงชุดกิจกรรม โดยควรเพิ่มโอกาสในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เข้ารับการฝึกอบรม และพิจารณาการเตรียมความพร้อมด้านการเขียนโปรแกรมและการใช้งานระบบ IoT ให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผลการประเมินความพึงพอใจสะท้อนว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงและการส่งเสริมการทำงานเป็นทีม ขณะเดียวกัน ผลการประเมินรายข้อยังช่วยระบุประเด็นที่ควรนำไปปรับปรุงในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1.1 งานวิจัยนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันทั้งขั้นตอนหาประสิทธิภาพ (ทดลองใช้) และขั้นตอนเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อน-หลัง ซึ่งอาจเกิดผลจากการทำแบบทดสอบซ้ำ (testing effect) งานวิจัยครั้งต่อไปควรแยกกลุ่มทดลองใช้ขนาดเล็ก (tryout) ออกจากกลุ่มตัวอย่างจริงอย่างชัดเจนก่อนนำไปเก็บข้อมูลจริง

5.3.1.2 การวิจัยใช้แบบแผนกลุ่มเดียว วัดก่อน-หลัง (One-Group Pretest-Posttest) โดยไม่มีกลุ่มควบคุม การอ้างเหตุ-ผลจึงมีข้อจำกัด ควรพิจารณาออกแบบให้มีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบในการวิจัยครั้งต่อไปเพื่อเพิ่มความตรงภายใน (internal validity)

5.3.1.3 กลุ่มตัวอย่างเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากสถานประกอบการเดียว 33 คน ผลจึงมีข้อจำกัดด้านการอ้างอิงในวงกว้าง ควรขยายขนาดและความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่างในการดำเนินกระบวนการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.1.4 การประเมินแบบทดสอบ/เครื่องมือใช้ IOC จากผู้เชี่ยวชาญแล้ว แต่แบบประเมินทักษะปฏิบัติซึ่งอิงดุลยพินิจผู้ประเมินยังควรเพิ่มการตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงอัตวิสัย

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรศึกษาผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กับกลุ่มตัวอย่างในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอื่น หรือกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในสาขาวิศวกรรมและเทคนิคที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลของการนำชุดกิจกรรมไปใช้ในบริบทที่หลากหลาย

5.3.2.2 ควรศึกษาการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติให้สามารถบูรณาการกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เช่น Industrial Internet of Things (IIoT), PLC, SCADA และ HMI เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวร่วมกับกระบวนการ CPS ในการพัฒนาสมรรถนะด้านงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า

5.3.2.3 ควรศึกษาผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในระยะยาว โดยติดตาม การคงอยู่ของความรู้และทักษะ ตลอดจนการนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง เพื่อประเมินความต่อเนื่องของผลการฝึกอบรมภายหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม

5.3.2.4 ควรศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบดิจิทัล เช่น การเรียนรู้ออนไลน์ (Online Learning) วิดีโอสาธิต การจำลองสถานการณ์ (Simulation) หรือการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) และศึกษาผลของสื่อดังกล่าวต่อผลสัมฤทธิ์และการฝึกปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2561). *การวิเคราะห์สถิติสำหรับการวิจัย*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5*(1), 7–20.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2544). *การวิจัยเพื่อการเรียนรู้*. ทิปพับลิเคชั่น.

ณพงศ์ วรรณพิรุณ. (2559). รูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อเสริมสร้างทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา, 6*(12), 84-96.

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

ประภัสสร วงษ์ดี. (2562). รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาครูสาขาช่างอุตสาหกรรม. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 1*(21), 109-126.

ประสงค์ศักดิ์ สองศรี, และ ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล. (2567). การประเมินความต้องการจำเป็นการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. ใน *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16 (EENET 2024)* (หน้า 371–374). จังหวัดหนองคาย.

ศรีวรรณ ฉัตรสุริยวงศ์. (2559). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการท้องถิ่น. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2*(13), 132-144.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. สสวท.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). *การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ. ด้านวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเชิงวิพากษ์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (สาขาวิชาวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุวิมล ว่องวาณิช. (2558). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2562*. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา. (2564). *แนวทางการประเมินคุณภาพการศึกษา*. สมศ.

อาคิรา สนธิธรรม. (2565). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา กรณีศึกษาเรื่อง โรงเรือนอัจฉริยะ* (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาษาอังกฤษ

Achouch, M., Dimitrova, M., Ziane, K., Sattarpanah Karganroudi, S., Dhouib, R., Ibrahim, H., & Adda, M. (2022). On predictive maintenance in Industry 4.0: Overview, models, and challenges. *Applied Sciences, 12*(16), 8081.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing*. Longman.

Arkira, S., Kanokwan, R., & Chaiyapon, T. (2019). Development and efficiency validation of training course on smart farm based on STEM education: A case study of abalone mushroom. In *Proceedings of the International Conference on Power, Energy and Innovation (ICPEI)* (pp. 122–125).

Arkira, S., Kanokwan, R., & Chaiyapon, T. (2020). Development and efficiency validation of experimental set for grow organic salad vegetable smart farm based on STEM education. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI 2020)*. Chiang Mai, Thailand.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. David McKay.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction* (8th ed.). Pearson.

Isaksen, S. G., Puccio, G. J., & Treffinger, D. J. (1993). An ecological approach to creativity research: Profiling for creative problem solving. *Journal of Creative Behavior, 27*(3), 149–170.

Krupitzer, C., Wagenhals, T., Züfle, M., Lesch, V., Schäfer, D., Mozaffarin, A., Edinger, J., Becker, C., & Kounev, S. (2020). A survey on predictive maintenance for Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering, 150*, 106889.

McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for intelligence. *American Psychologist, 28*(1), 1–14.

Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination: Principles and procedures of creative thinking*. Charles Scribner's Sons.

Parnes, S. J. (1967). *Creative behavior guidebook*. Charles Scribner's Sons.

Psarommatis, F., May, G., & Azamfirei, V. (2023). Envisioning maintenance 5.0: Insights from a systematic literature review of Industry 4.0 and a proposed framework. *Journal of Manufacturing Systems, 68*, 376–399.

Puccio, G. J., Burnett, C., Acar, S., Yudess, J. A., Holinger, M., & Cabra, J. F. (2020). Creative problem solving in small groups: The effects of creativity training on idea generation, solution creativity, and leadership effectiveness. *The Journal of Creative Behavior, 54*(2), 453–471. https://doi.org/10.1002/jocb.381

Puccio, G. J., Mance, M., & Murdock, M. C. (2011). *Creative leadership: Skills that drive Change* (2nd ed.). Sage.

Puccio, G. J., Murdock, M. C., & Mance, M. (2005). Current developments in creative problem solving for organizations: A focus on thinking skills and styles. *International Journal of Creativity & Problem Solving, 15*(2), 43–76.

Songsree, P., & Thongchaisuratkrul, C. (2025). Creative problem-solving for electrical maintenance re-skills development in factory. In *Proceedings of the IEEE*.

Songsree, P., & Thongchaisuratkrul, C. (2025). Peltier water cooling system with solar energy and IoT technology demonstration set. *Energy Engineering, 122*(11). Tech Science Press. https://doi.org/10.32604/ee.2025.068448

Songsree, P., & Thongchaisuratkrul, C. (2026). Effectiveness of creative problem-solving (CPS)-based training using an IoT-integrated 3-phase motor control system for industrial applications. In *Proceedings of the IEEE International Conference*.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2000). *Creative problem solving: An introduction* (3rd ed.). Prufrock Press.

Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly, 49*(4), 342–353.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก ก
หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

AF 04-03

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
เลขที่ 91 ถนนเทศบาล 1 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 โทรศัพท์ 0 7321 2863 ต่อ 131
E-mail: scphyl.irb@yala.ac.th Website: http://www.yala.ac.th/IRB-SCPHYL/

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ชื่อโครงการวิจัย	การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม		
รหัสจริยธรรมการวิจัย	SCPHYLIRB-2569/453		
ผู้วิจัยหลัก	ประสงค์ศักดิ์ สองศรี		
สังกัด	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม		
วิธีการพิจารณา	Expedited		
วันที่ส่ง	24 เมษายน 2569	**วันที่พิจารณา**	08 พฤษภาคม 2569
วันที่รับรอง	22 พฤษภาคม 2569	**วันหมดอายุ**	22 พฤษภาคม 2570

เอกสารที่รับรอง

1. โครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงข้อมูลอาสาสมัครวิจัย
4. เอกสารแสดงความยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าว
5. ประวัตินักวิจัย/คณะนักวิจัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ได้พิจารณาโครงการวิจัยแล้ว ตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ตามระเบียบแนวทางและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ:

1. กำหนดส่งรายงานความก้าวหน้า	22 พฤศจิกายน 2569	แบบฟอร์ม AF 03-19
2. กำหนดส่งรายงานสิ้นสุดโครงการ	22 มิถุนายน 2570	แบบฟอร์ม AF 03-20
3. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัยหลังได้รับการรับรอง ให้นักวิจัยขออนุมัติปรับรายละเอียด		แบบฟอร์ม AF 06-02
4. หากดำเนินการวิจัยไม่แล้วเสร็จภายในระยะเวลารับรอง ให้นักวิจัยขออนุมัติขยายระยะเวลา		แบบฟอร์ม AF 03-18

(นายอวิรุทธ์ สิงห์กุล)
เลขานุการคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ผศ.ดร.ภัคณัฐ วีรขจร)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(หนังสือรับรองมีปั๊มนูนตราสัญลักษณ์วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา)

รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
รหัสโครงการ SCPHYLIRB-..2569/..453...
AF 03-04
วันที่รับรอง...22.../...พฤษภาคม../..2569.....
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ วสส.ยะลา

เอกสารชี้แจงข้อมูลสำหรับอาสาสมัครวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
โดย วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ร่วมกับ สมาคมศิษย์เก่าผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา

ข้าพเจ้า นายประสงค์ศักดิ์ สองศรีเป็นนักวิจัย กำลังดำเนินการวิจัย เรื่อง รการพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมโดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ที่สอดคล้องกับความต้องการและลักษณะงานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อทดสอบและประเมินผลกระทบของชุดกิจกรรม CPS ที่พัฒนาขึ้นในการเพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีมของบุคลากร รวมถึงผลต่อประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
3. เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมในชุดกิจกรรม CPS ในด้านความรู้และทักษะที่ได้รับ รวมถึงความรู้สึกต่อความเป็นประโยชน์ของกิจกรรมต่อการจัดการระบบไฟฟ้าและเครื่องจักร

การวิจัยครั้งนี้มีความจำเป็นต้องเชิญท่านเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครวิจัยหรือเรียกว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเนื่องจาก...การวิจัยครั้งนี้มีความจำเป็นต้องเชิญท่านเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครวิจัยหรือกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากท่านเป็นผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับงานซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีความรู้และเข้าใจบริบทของปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการปฏิบัติงาน การเข้าร่วมของท่านจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประเมินประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) ได้อย่างเหมาะสม และข้อมูลที่ได้รับจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนารูปแบบการฝึกอบรมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในภาคอุตสาหกรรมต่อไป

การเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ท่านจะเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยผู้วิจัยจะขอให้ท่านตอบแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม รวมถึงแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20–30 นาทีต่อครั้ง นอกจากนี้ ท่านจะเข้าร่วมกิจกรรมการฝึกอบรมและการเรียนรู้ร่วมกับผู้เข้าร่วมคนอื่น ๆ จำนวน 1 ครั้ง ใช้ระยะเวลาประมาณ 3–4 ชั่วโมง โดยกิจกรรมประกอบด้วยการเรียนรู้เนื้อหา การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และการฝึกกระบวนการแก้ปัญหาในบริบทงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า ทั้งนี้ระหว่างการดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยอาจสอบถามเพิ่มเติมหรือขอข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อความถูกต้องของข้อมูลวิจัย ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานหรือสิทธิของท่าน การเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ไม่มีค่าตอบแทนให้แก่ผู้เข้าร่วม อย่างไรก็ตาม หากเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุไม่พึงประสงค์ระหว่างการเข้าร่วมกิจกรรม ผู้วิจัยจะดำเนินการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและประสานการนำส่งสถานพยาบาลที่ใกล้ที่สุดตามความเหมาะสมทันที

การมีส่วนร่วมในการวิจัยและเข้าร่วมกิจกรรมการวิจัยครั้งนี้มีความเสี่ยงในระดับต่ำ เนื่องจากเป็นกิจกรรมการฝึกอบรมและการเรียนรู้ ซึ่งไม่มีการทดลองทางการแพทย์หรือหัตถการที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย อย่างไรก็ตาม ผู้เข้าร่วมอาจเกิดความเหนื่อยล้าหรือความไม่สะดวกเล็กน้อยจากการเข้าร่วมกิจกรรมและการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยจึงได้จัดช่วงเวลาพักระหว่างกิจกรรม และผู้เข้าร่วมสามารถหยุดพักหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิทธิใด ๆ นอกจากนี้ อาจมีความเสี่ยงด้านข้อมูลส่วนบุคคลหรือผลกระทบทางสังคมจากการเปิดเผยข้อมูล ผู้วิจัยจึงดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นความลับ โดยใช้รหัสแทนชื่อ

รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
รหัสโครงการ SCPHYLIRB-...2569/...453...
AF 03-04
วันที่รับรอง...22.../...พฤษภาคม.../...2569.....
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ วสส.ยะลา

ผู้เข้าร่วม และนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น ไม่มีการเปิดเผยข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนได้ เอกสารและข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดจะถูกเก็บรักษาอย่างปลอดภัย และจะทำลายข้อมูลทั้งหมดภายใน 1 ปี หลังจากเผยแพร่ผลการวิจัยหรือบทความวิจัยเรียบร้อยแล้ว โดยเอกสารจะถูกทำลายด้วยวิธีการย่อยเอกสาร ส่วนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์จะถูกลบถาวรจากระบบจัดเก็บข้อมูลของผู้วิจัย

ในการเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครวิจัยของโครงการวิจัยครั้งนี้ ท่านสามารถตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยอิสระตามความสมัครใจ และสามารถปฏิเสธการตอบคำถาม การให้ข้อมูล หรือการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของการวิจัยได้ รวมทั้งสามารถถอนตัวจากการวิจัยและขอให้ยุติการใช้ข้อมูลของท่านเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล และไม่ต้องชดเชยค่าเสียหายหรือสิ่งใดให้แก่ผู้วิจัย ทั้งนี้ การปฏิเสธหรือถอนตัวจากการวิจัยจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิทธิประโยชน์ใด ๆ ของท่าน และไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานในหน้าที่รับผิดชอบ ความสัมพันธ์กับผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน การพิจารณาความดีความชอบ หรือการประเมินผลการปฏิบัติงานในสถานประกอบการแต่อย่างใด

หากท่านมีข้อสงสัยประการใดหรือต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลการวิจัย สามารถติดต่อสอบถามผู้วิจัยได้ตลอด 24 ชั่วโมง ที่ นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี เลขที่ 46 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม แขวงวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600 โทร: 091-076-6261
อีเมล์ jojoepum@gmail.com
หากท่านมีปัญหาสงสัยเกี่ยวกับสิทธิของท่านในการการวิจัยนี้ โปรดสอบถามได้ที่

เลขานุการคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
สำนักงานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
ห้อง 6522 ชั้น 5 อาคารอำนวยการ
เลขที่ 91 ถนนเทศบาล 1 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา
โทรศัพท์ 073-212-863 ต่อ 131
โทรสาร 073-213-234 อีเมล์ scphyl.irb@yala.ac.th

ข้อมูลต่างๆ ตามเอกสารชี้แจงนี้ ทั้งนักวิจัยและอาสาสมัครวิจัย มีการชี้แจง สื่อสาร สอบถาม และเข้าใจตรงกัน

ลงนาม.....อาสาสมัครวิจัย ลงนาม.....นักวิจัย
(.....) (.....)
วันที่..... เดือน ..... พ.ศ. ..... วันที่..... เดือน ..... พ.ศ. .....

รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
รหัสโครงการ SCPHYLIRB-...2569/...453...
AF 03-06
วันที่รับรอง...22.../...พฤษภาคม../.2569.....
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ วสส.ยะลา

เอกสารแสดงความยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าว

สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
โดย วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ร่วมกับ สมาคมศิษย์เก่าผู้ปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา

ข้าพเจ้า นาง/นาง/นางสาว หรืออื่นๆ .....อายุ ..... ปี ได้รับฟังคำอธิบายจาก นายประสงค์ ศักดิ์ สองศรี เกี่ยวกับการเป็นอาสาสมัครวิจัยในโครงการวิจัย เรื่อง ประเมินความคิดเห็นต่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ ทักษะการปฏิบัติงาน และความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการวิจัยต่อการเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้อธิบายให้ข้าพเจ้าทราบเกี่ยวกับรายละเอียดของการวิจัย ได้แก่ เหตุผลว่าทำไมข้าพเจ้าจึงเป็นอาสาสมัครวิจัยของการวิจัยนี้ วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนและกิจกรรมการวิจัยที่ข้าพเจ้ายินยอมที่จะทำหรือถูกกระทำว่ามีอะไรบ้าง จำนวนครั้ง และระยะเวลาโดยประมาณในแต่ละขั้นตอนหรือกิจกรรมของการวิจัย นักวิจัยได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงในการเข้าร่วมโครงการวิจัย แนวทางป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ แนวทางแก้ไขเมื่อเกิดความเสี่ยง ได้แก่ การรักษาข้อมูลส่วนบุคคลเป็นความลับ การดูแลระหว่างการเข้าร่วมโครงการวิจัย การปฐมพยาบาล การส่งตัว การรักษาพยาบาล ค่าตอบแทนและเงินชดเชยในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหรือเหตุสุดวิสัยจนได้รับอันตรายในระหว่างการเข้าร่วมกิจกรรมการวิจัย ผู้วิจัยได้อธิบายเกี่ยวการเก็บรักษาข้อมูลและผู้ที่สามารถเข้าถึงข้อมูล เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับข้าพเจ้าว่าข้อมูลจะถูกเก็บเป็นความลับ ไม่สามารถเชื่อมโยงมาถึงข้าพเจ้า และอธิบายถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้อมูลและการทำลายข้อมูลอย่างชัดเจน รวมทั้งประโยชน์และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดตามเอกสารชี้แจงข้อมูลสำหรับอาสาสมัครวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงชื่อรับทราบการชี้แจงร่วมกับนักวิจัยแล้ว

ข้าพเจ้าได้ขอข้อมูลเพิ่มเติมจนครบถ้วนและเพียงพอ เพื่อการประกอบการตัดสินใจเข้ารวมโครงการวิจัยนี้ ตลอดจนใช้เวลาในการซักถามข้อสงสัยต่างๆ จนเข้าใจ ข้อมูลต่างๆ ที่นักวิจัยได้รับจากการที่ข้าพเจ้าเป็นอาสาสมัครในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลการวิจัย โดยผู้วิจัยจะนำเสนอเฉพาะในภาพรวมของผลการวิจัยและใช้ประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และสามารถยุติการเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครวิจัยได้ทุกเมื่อ หรือถอนตัวจากการเป็นอาสาสมัครในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ รวมถึงยกเลิกการให้ข้อมูลหรือขอข้อมูลส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือข้อมูลทั้งหมดคืนได้ โดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งการดำเนินชีวิตประจำวัน การทำงาน และกิจกรรมอื่นๆ ที่ข้าพเจ้ามีส่วนเกี่ยวข้อง

ข้าพเจ้าสามารถติดต่อสอบถามผู้วิจัยได้ตลอด 24 ชั่วโมง ที่นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี เลขที่ 46 วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม แขวงวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600 โทร: 091-076-6261 อีเมล์ jojoepum@gmail.com

หากการเข้าร่วมโครงการวิจัย ไม่เป็นไปตามที่นักวิจัยชี้แจงและตามที่ข้าพเจ้ายินยอม ข้าพเจ้าสามารถสอบถามข้อมูลตามที่สงสัย หรือร้องเรียนเกี่ยวกับการเป็นอาสาสมัครวิจัยในการวิจัยนี้ ได้ที่

เลขานุการคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา

รับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
รหัสโครงการ SCPHYLIRB-...2569/...453...
AF 03-06
วันที่รับรอง...22.../...พฤษภาคม.../...2569.....
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ วสส.ยะลา

สำนักงานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา
ห้อง 6522 ชั้น 5 อาคารอำนวยการ
เลขที่ 91 ถนนเทศบาล 1 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา
โทรศัพท์ 073-212-863 ต่อ 131
โทรสาร 073-213-234 อีเมล์ scphyl.irb@yala.ac.th

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....อาสาสมัครวิจัย ลงนาม.....นักวิจัย
(.....) (.....)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาพผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

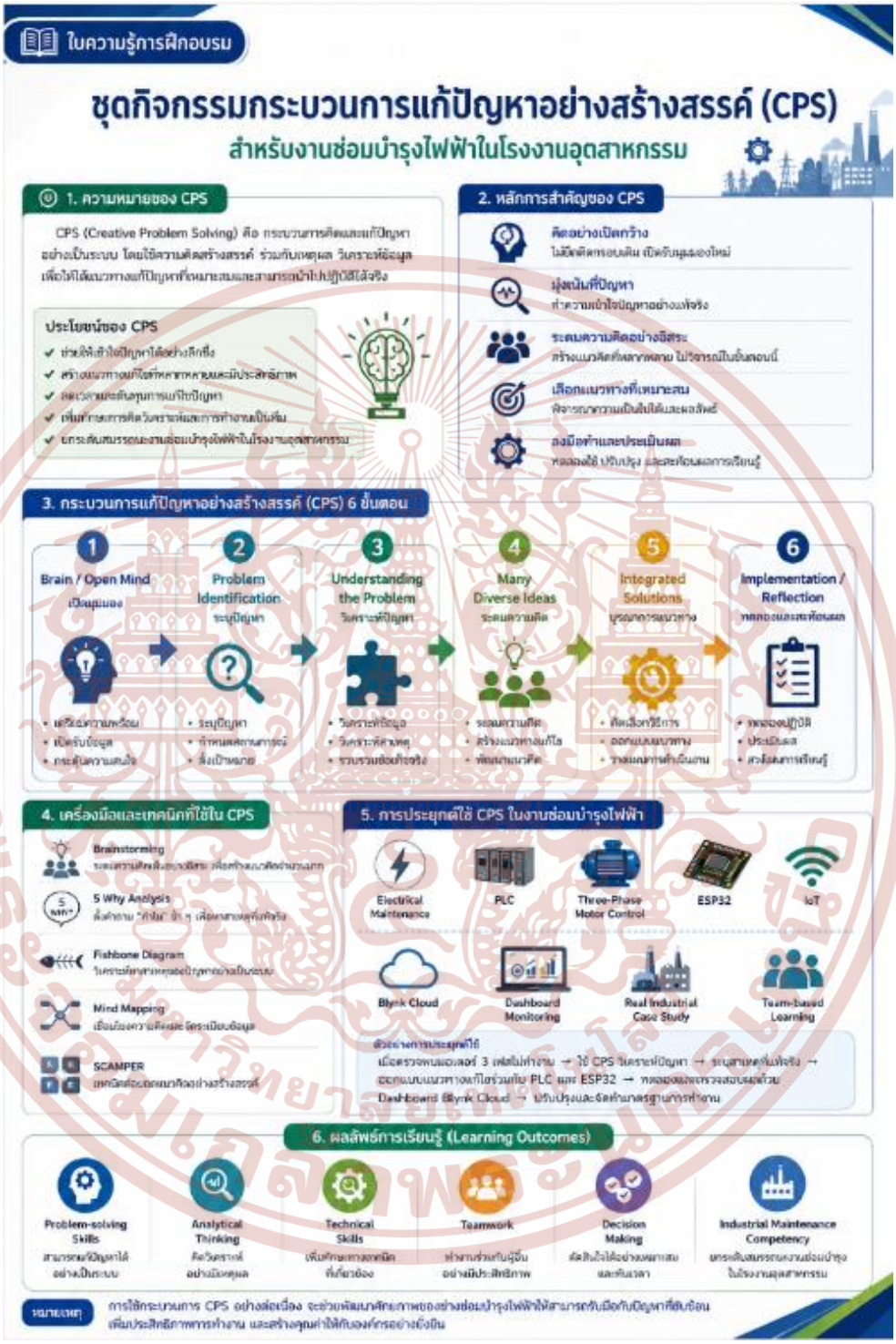
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ภาพที่ ข-1 ปกคู่มือการฝึกอบรมชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) กรณีศึกษาปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม



ภาพที่ ข-2 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและโครงสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



ภาพที่ ข-3 ตัวอย่างใบความรู้ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



ภาพที่ ข-4 ตัวอย่างใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



ใบปฏิบัติการ

ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)

สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ชื่อ-สกุล ..... กลุ่มที่ .....

วันที่ ..... เวลา .....

1. วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการ CPS ในการแก้ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบแนวทางแก้ไข และทดสอบการทำงานของระบบ

2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ☐ ชุดฝึกควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส
- ☐ PLC
- ☐ ESP32
- ☐ อุปกรณ์เซนเซอร์
- ☐ Blynk Application
- ☐ เครื่องมือวัดไฟฟ้า

3. สถานการณ์/ปัญหา

มอเตอร์ 3 เฟส ไม่สามารถทำงานได้ เมื่อกดปุ่ม START บนตู้ควบคุม และไม่แสดงสถานะการทำงานบนแอปพลิเคชัน Blynk

สิ่งที่สังเกตได้ .....

4. ขั้นตอนการปฏิบัติ (ตามกระบวนการ CPS)

ขั้นตอน CPS	กิจกรรมการปฏิบัติ	ผลการปฏิบัติ/บันทึกผล	ตรวจสอบ
1. ระบุปัญหา (Problem Identification)	1.1 ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน 1.2 กำหนดเป้าหมายของการแก้ปัญหา	.....	☐
2. วิเคราะห์ปัญหา (Understanding the Problem)	2.1 รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบระบบ 2.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	.....	☐
3. สร้างแนวทางแก้ไข (Many Diverse Ideas)	3.1 ระดมความคิดแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ 3.2 เลือกแนวทางที่เหมาะสม	.....	☐
4. พัฒนาแนวทาง (Integrated Solutions)	4.1 ออกแบบการแก้ไขและปรับปรุงระบบ 4.2 วางแผนการดำเนินงาน	.....	☐
5. ทดลองและประเมินผล (Implementation)	5.1 ดำเนินการแก้ไขตามแผน 5.2 ทดสอบการทำงานของระบบ	.....	☐
6. สะท้อนผล (Reflection)	6.1 สรุปผลการแก้ปัญหา 6.2 สิ่งที่เรียนรู้และข้อเสนอแนะ	.....	☐

5. สรุปผลการปฏิบัติ

สรุปแนวทางแก้ไขที่ได้ผลดีที่สุด .....

ผลการทดสอบระบบหลังการแก้ไข .....

6. ข้อเสนอแนะ/สิ่งที่ได้เรียนรู้ .....

ลงชื่อ..... ผู้ปฏิบัติ

(.....)

วันที่ ..... / ..... / .....

คิดอย่างเป็นระบบ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ พัฒนางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ

ภาพที่ ข-5 ตัวอย่างใบปฏิบัติการประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



แบบทดสอบ

ชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)

สำหรับงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ชื่อ-สกุล ..... กลุ่มที่ .....

วันที่ ..... เวลา ..... นาที

คำชี้แจง

แบบทดสอบมี 10 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

(1) ขั้นตอนแรกของกระบวนการ CPS คืออะไร
a. ระบุปัญหา
b. เปิดมุมมอง
c. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
d. นำแนวทางไปทดลองใช้

(2) วัตถุประสงค์หลักของขั้นตอน "ระบุปัญหา (Problem Identification)" คืออะไร
a. ระดมความคิดให้ได้แนวทางมากที่สุด
b. กำหนดและทำความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจน
c. เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
d. ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหา

(3) เครื่องมือใดต่อไปนี้ใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
a. Brainstorming
b. Fishbone Diagram
c. Mind Mapping
d. SWOT Analysis

(4) ถ้ามอเตอร์ 3 เฟส ไม่สามารถทำงานได้ ควรเริ่มตรวจสอบจากข้อใดก่อนเป็นอันดับแรก
a. การทำงานของ PLC
b. แรงดันไฟฟ้าและการเชื่อมต่อ
c. โปรแกรมใน ESP32
d. การแสดงผลบน Dashboard

(5) ขั้นตอนใดของ CPS ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแนวทางแก้ไขที่หลากหลาย
a. Understanding the Problem
b. Many Diverse Ideas
c. Integrated Solutions
d. Implementation

(6) อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เชื่อมต่อและควบคุมระบบผ่านอินเทอร์เน็ต (IoT)
a. PLC
b. ESP32
c. Three-Phase Motor
d. Circuit Breaker

(7) Blynk Cloud ใช้สำหรับอะไร
a. เขียนโปรแกรมควบคุม PLC
b. เก็บข้อมูลในระบบคลาวด์และแสดงผลบนสมาร์ตโฟน
c. ควบคุมมอเตอร์ 3 เฟสโดยตรง
d. จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

(8) สิ่งใดคือผลลัพธ์สำคัญของการใช้กระบวนการ CPS ในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า
a. ลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์
b. เพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา
c. เพิ่มจำนวนพนักงานซ่อมบำรุง
d. ลดเวลาในการประชุม

(9) ข้อใดเป็นตัวอย่างของ "แนวทางแก้ปัญหาแบบบูรณาการ (Integrated Solutions)"
a. เปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ทันที
b. ออกแบบระบบควบคุมใหม่และวางแผนการดำเนินงาน
c. ลองเดาวิธีที่น่าจะได้ผล
d. ขอความช่วยเหลือจากเพื่อนร่วมงานเท่านั้น

(10) หลังจากทดลองใช้แนวทางแก้ไขแล้ว ขั้นตอนใดเป็นขั้นตอนสุดท้ายของ CPS
a. ระบุปัญหา
b. วิเคราะห์สาเหตุ
c. สะท้อนผลและประเมินผล (Reflection)
d. สร้างแนวทางแก้ไขใหม่

สำหรับผู้ตรวจ

คะแนนเต็ม 10 คะแนน คะแนนที่ได้ ..... คะแนน

กระดาษคำตอบ (ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบ)

ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
คำตอบ										

คิดเป็นระบบ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ พัฒนางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ

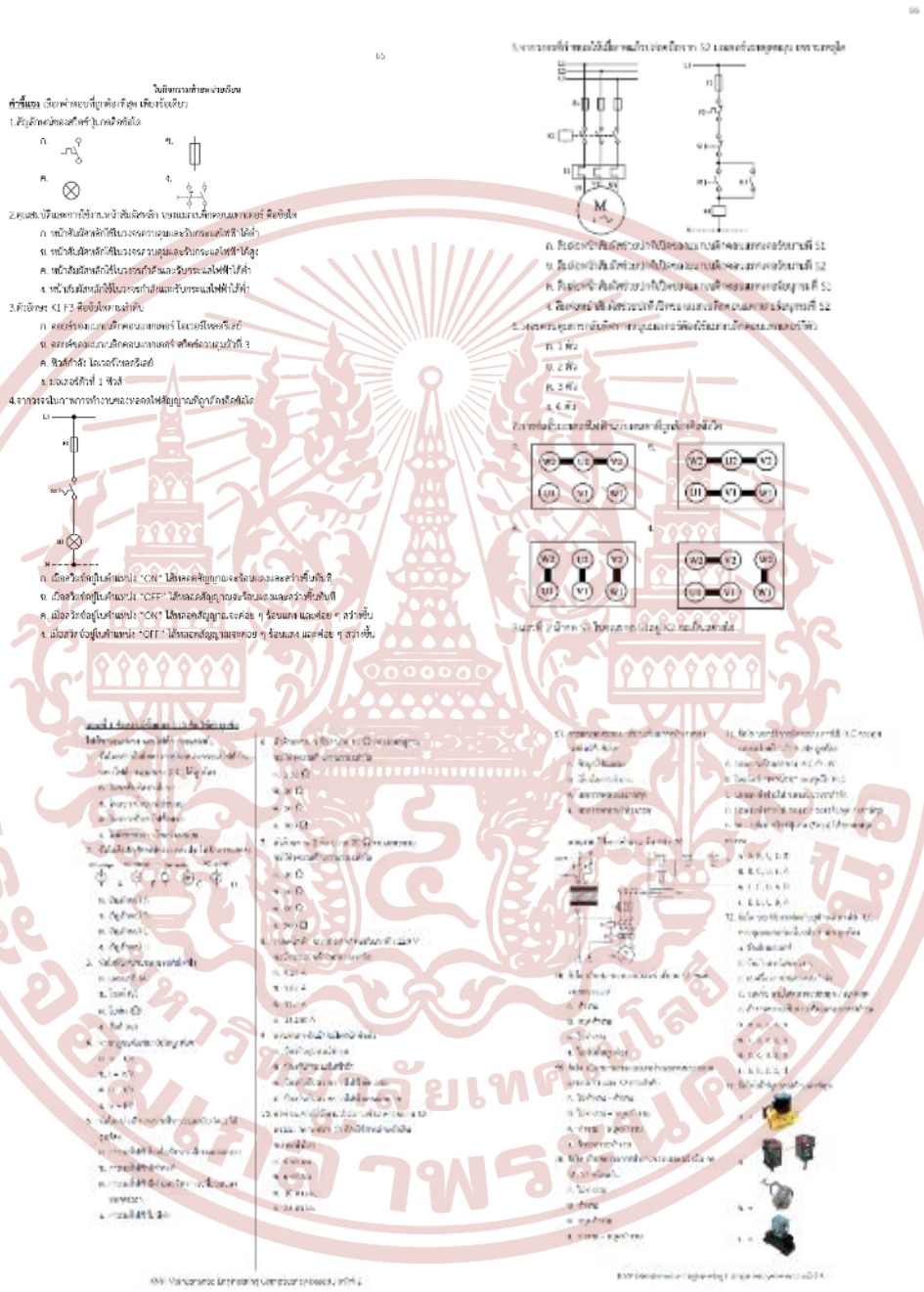
ภาพที่ ข-6 ตัวอย่างแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม

ใบงานปฏิบัติการมีจำนวน 15 ใบงาน โดยภาคผนวกนี้แสดงตัวอย่างใบงานปฏิบัติการ จำนวน 1 ใบงาน



ภาพที่ ข-7 ตัวอย่างใบงานปฏิบัติการประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ใบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนมีจำนวน 5 กิจกรรม โดยภาคผนวกนี้แสดงตัวอย่างใบกิจกรรม จำนวน 1 กิจกรรม



ภาพที่ ข-8 ตัวอย่างใบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียน

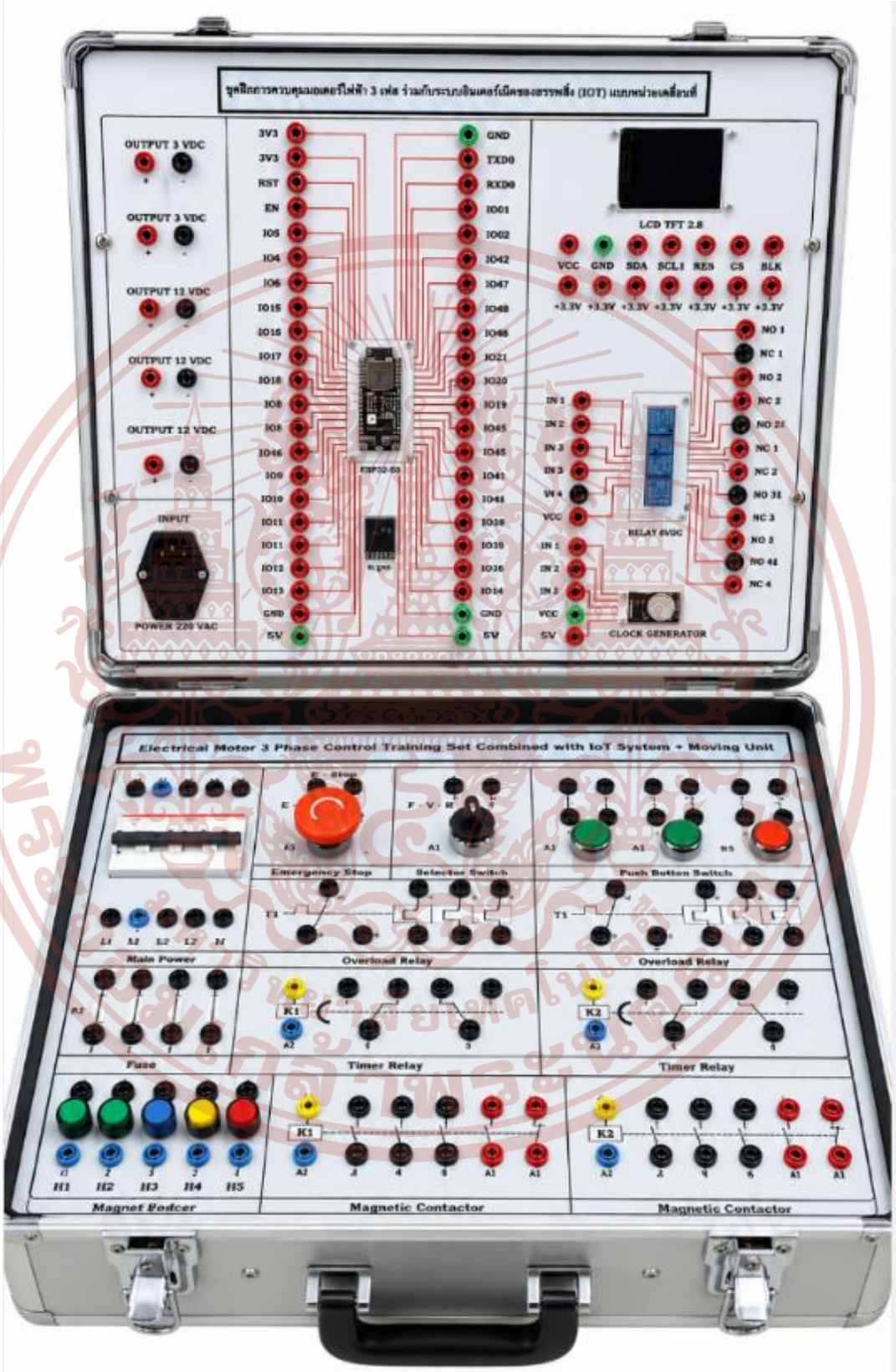


ภาพที่ ข-9 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม

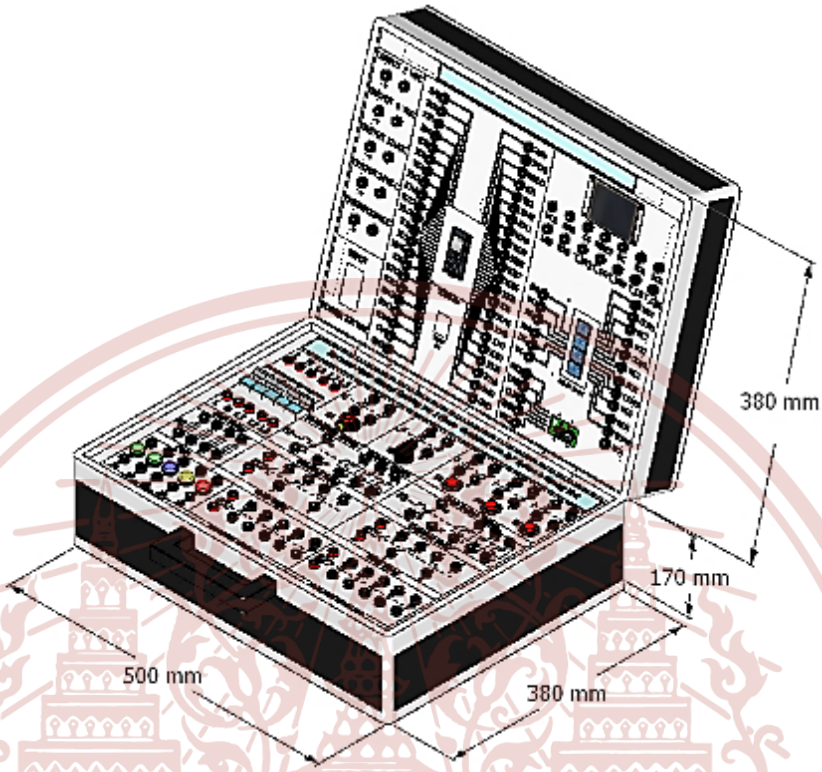


ภาพที่ ข-10 ตัวอย่างสื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม (PowerPoint)

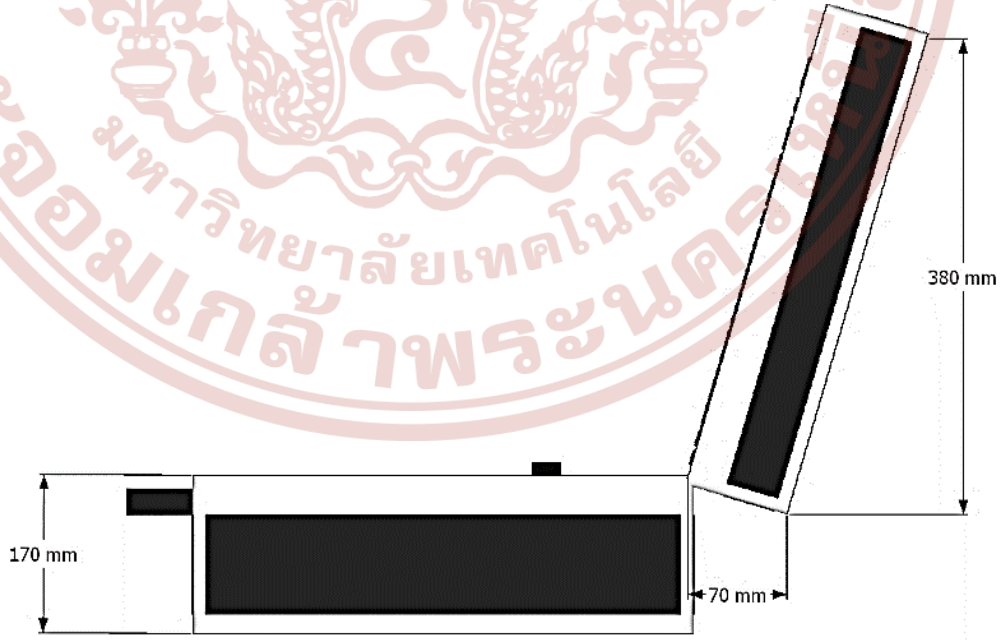
ภาคผนวก ค
ชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ



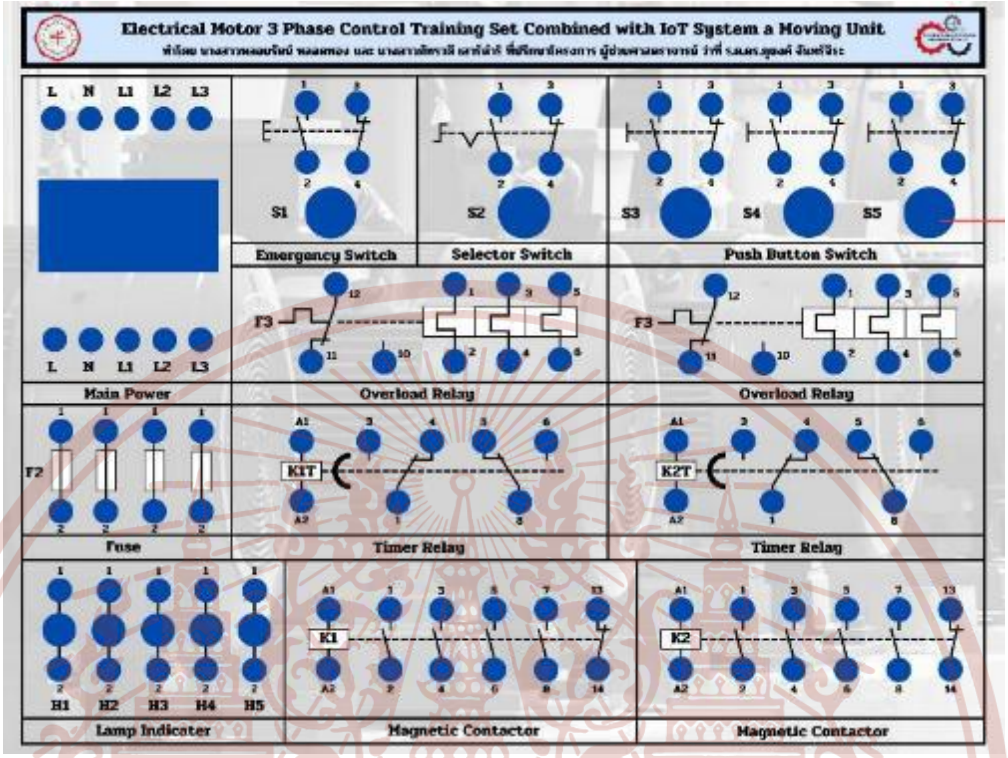
ภาพที่ ค-1 ชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการวิจัย



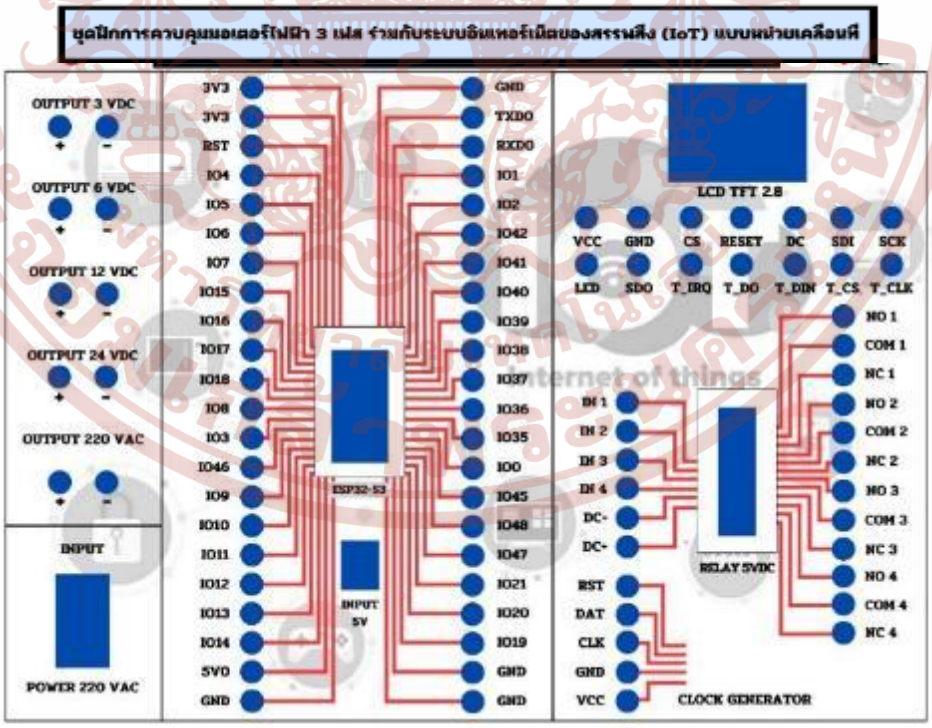
ภาพที่ ค-2 แบบจำลองชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ค-3 มุมมองด้านข้างและมิติของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ค-4 แบบแผงวงจรส่วนควบคุมของชุดฝึกปฏิบัติการ



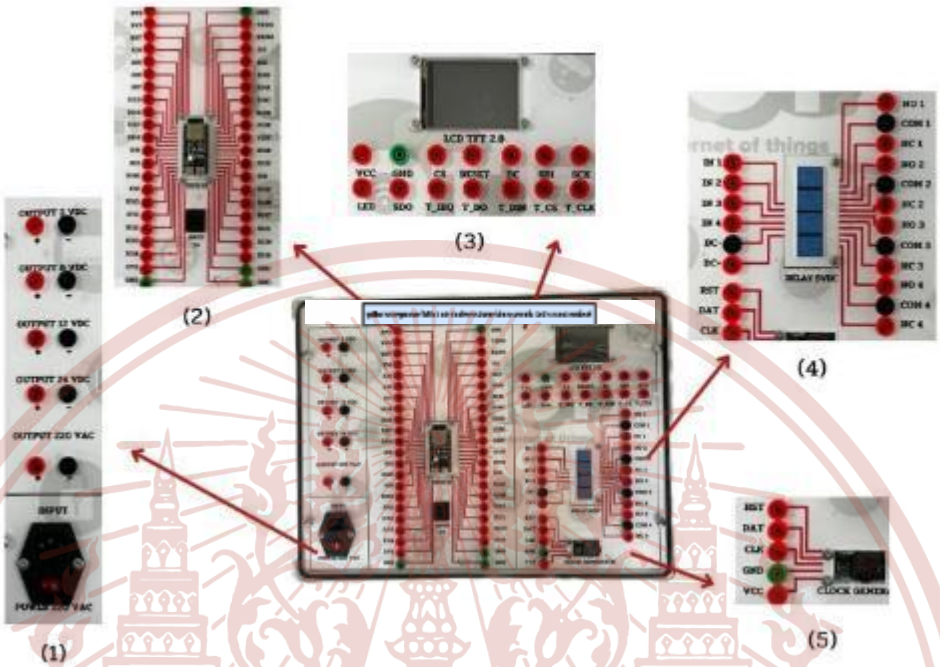
ภาพที่ ค-5 แบบแผงวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบ IoT



ภาพที่ ค-6 ลักษณะด้านข้างของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ค-7 ลักษณะภายนอกของชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ



ภาพที่ ค-8 องค์ประกอบของแผงควบคุมด้านบนของชุดฝึกปฏิบัติการ

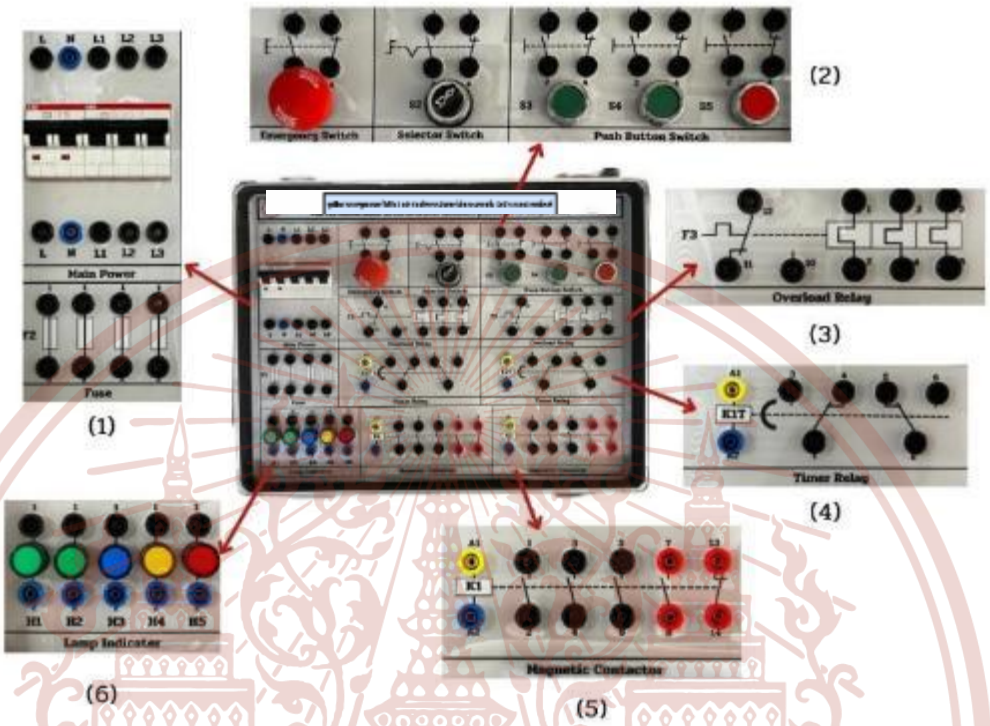
(1) แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 3 V, 6 V, 12 V, 24 V และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ220 V

(2) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Esp32-S3

(3) จอแสดงผล LCD SPI TFT ขนาด 320x240 2.8 นิ้ว

(4) รีเลย์ (Relay) ขนาด 5V DC

(5) โมดูลนาฬิกา Real Time Clock Module DS1302 RTC



ภาพที่ ค-9 องค์ประกอบของแผงควบคุมด้านล่างของชุดฝึกปฏิบัติการ

(1) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) 25A และ ฟิวส์ (Fuse)

(2) สวิตซ์ (Switch) มีทั้งหมด 3 ลักษณะดังนี้ Switch Pushbutton, Selecter Switch , Emergency Switch

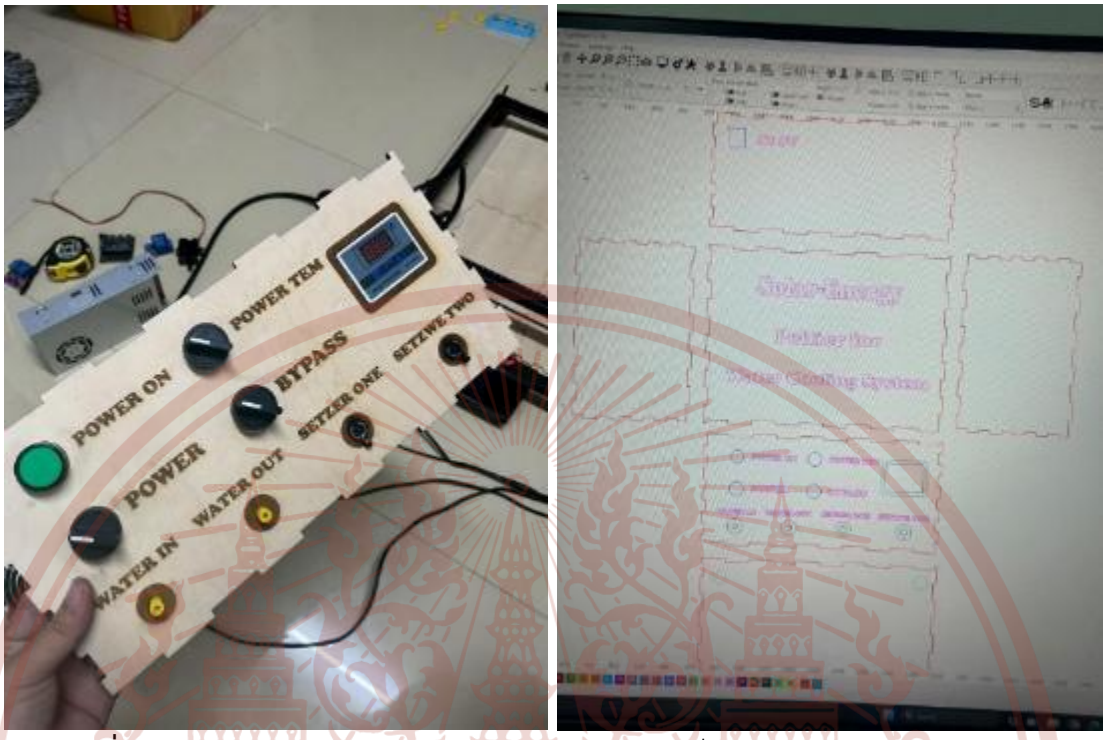
(3) โอเวอร์โหลด (Overload Relay)

(4) รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)

(5) แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)



ภาพที่ ค-10 ชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT)



ภาพที่ ค-11 การออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ภาพที่ ค-12 ชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electrical Trainer)



ภาพที่ ค-13 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (มัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อกและดิจิทัล)



ภาพที่ ค-14 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ (DC Power Supply)

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ภาพผนวก ง
ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ





คำร้องขอเก็บรวบรวมข้อมูล/แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันที่ 26 เดือน กันยายน พ.ศ. 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้ออกหนังสือ ○ ขอเก็บรวบรวมข้อมูล ⊘ แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ ○ แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิ ○ อื่นๆ

เรียน หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย ○ แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 1 ชุด
⊘ รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ คุณวุฒิ และสถานที่ติดต่อ จำนวน

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) ประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 6602025810022
นักศึกษาหลักสูตรปริญญา ○ โท ⊘ เอก สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
ที่อยู่ที่ติดต่อได้โดยสะดวก 69/351 หมู่บ้านเพชรเกษมวิลล์ แขวงบางแวก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10160
หมายเลขโทรศัพท์ที่ทำงาน 0910766261 ที่บ้าน
E-mail Address s6602025810022@email.kmutnb.ac.th
ขณะที่กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง
(ภาษาไทย) "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม"
(ภาษาอังกฤษ) "Development of a creative problem-solving activity set (CPS): A case study of electrical maintenance problems in a factory"
โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษา 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒพล ระพีพลสุวัชย์กุล 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัคนี ทะนะมิน
มีวัตถุประสงค์ ขอให้คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมออกหนังสือเพื่อขอความอนุเคราะห์
○ เก็บรวบรวมข้อมูล
⊘ แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ ○ อื่นๆ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อ ผู้ยื่นคำร้อง
(นาย ประสงค์ศักดิ์ สองศรี)

ความคิดเห็นประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ความเห็นของหัวหน้าภาควิชา	ความคิดเห็นเพิ่มเติม
ได้พิจารณารายละเอียดที่นักศึกษาได้แก้ไขมาแล้ว ⊘ เห็นสมควรให้ดำเนินการต่อไปได้ ○ อื่นๆ	ได้พิจารณารายละเอียดที่นักศึกษาได้แก้ไขมาแล้ว ○ โปรดลงนามในหนังสือที่แนบ ○ อื่นๆ	ผลการพิจารณา ดังนี้ ○ อนุมัติ และลงนามแล้ว ○ อื่นๆ
ลงชื่อ (ผศ.ดร.พัฒพล ระพีพลสุวัชย์กุล) วันที่ 26 มิถุนายน 2568	ลงชื่อ (ผศ.ดร.ภานี นัดยิ่ง) วันที่	ลงชื่อ ( ) วันที่

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

1. ผศ.ดร.สถาพร สิทธิวงศ์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. ผศ.ดร.อาคิรา สนธิธรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

3. ดร.ปฏิยุทธ พรามแก้ว สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

4. รศ.ดร.โอภาส กิจกำแหง คณบดีคณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

5. ผศ.ดร.สุชี จันทรพันธุ์ คณบดีคณะดิจิทัล วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

6. ผศ.ดร.ดิณณภพ ดินดำ สาขาวิชาวิศวกรรมคลอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

7. ดร.บุรินทร์ ยอดวงศ์ นักกวิจัย สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

8. นายธนาคาร ตาบุวงศ์ ผู้จัดการฝ่ายขายการศึกษา บริษัท เยนเนอรัลอินสทรูเม้นท์ จำกัด

9. นายณัฐพล ยินหนุพัฒน์ Sales and Project Education Department บริษัท เอสซีเค ซีสเต็มส์ จำกัด (สำนักงานใหญ่)

10. ร.ต.ธรรมราช อาชาสุวรรณ CEO บริษัท A.T.Engineering Enterprise co.,ltd. ,หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมซ่อมบำรุงอากาศยาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ที่ อว 7104.2/10

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถาพร สิหอิวงศ์
ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี ทะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/11

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาศิรา สนธิธรรม
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุวัชกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/12

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ปฏิยุทธ พรามแก้ว
สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี ทะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/13

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส กิจกำแหง
คณบดีคณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/14

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี ขันทรพันธุ์
คณบดีคณะดิจิทัล วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/15

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดิเนณภพ ดินดำ
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศส ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/16

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.บุรินทร์ ยอดวงศ์
นักวิจัย สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี ทะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/17

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายธนาคาร ดาบุวงค์
ผู้จัดการฝ่ายขายการศึกษา บริษัท เยนเนอรัลอินสทรูเม้นท์ จำกัด

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุวัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/18

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายณัฐพล อินทนุพัฒน์
Sales and Project Education Department บริษัท เอสซีเค ซีสเต็มส์ จำกัด (สำนักงานใหญ่)

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล องชัยสุรัชต์กุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/19

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

12 มกราคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ร.ต.ธรรมราช อาษาสุวรรณ
บริษัท A.T.Engineering Enterprise co.,ltd. และ
หัวหน้าสาขาวิชา วิศวกรรมซ่อมบำรุงอากาศยาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ด้วยนายประสงค์ศักดิ์ สองศรี รหัสประจำตัว 66-020259-1002-2 นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย ในการประกอบการจัดทำการวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



แบบประเมินความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์
(Index of Item-Objective Congruence: IOC)

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง “**การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม**”

1. แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของกิจกรรมการเรียนรู้

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2. แบบประเมินนี้ใช้สำหรับหาข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติหน้าที่แต่ประการใด คำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าตัวเลือกที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง

1. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า ☐ ปริญญาโท

☐ ปริญญาเอก ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

2. ประสบการณ์ด้านการสอนและการทำวิจัย

☐ มากกว่า 10 ปี ☐ 6 – 10 ปี

☐ ต่ำกว่า 5 ปี ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3. สาขาวิชาที่มีความเชี่ยวชาญ

☐ วิศวกรรมไฟฟ้า ☐ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

☐ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

4. คณะ/มหาวิทยาลัย

คณะ.....

มหาวิทยาลัย.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินความสอดคล้อง ความเหมาะสม และความครบถ้วนขององค์ประกอบในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นที่ตรงกับความเห็นของท่าน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้ในการวิจัย

รายการแสดงความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม				
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้				
3. ความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม				
4. ความสอดคล้องกับบริบทและปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
5. ความเหมาะสมของการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)				
6. ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา				
7. ความเหมาะสมของภาษาและการสื่อความหมาย				
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ				
9. ความเหมาะสมของสื่อและชุดฝึกปฏิบัติการ				
10. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล				
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า				
1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม				
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้				
3. ความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม				
4. ความสอดคล้องกับบริบทและปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
5. ความเหมาะสมของการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)				
6. ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา				
7. ความเหมาะสมของภาษาและการสื่อความหมาย				
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ				
9. ความเหมาะสมของสื่อและชุดฝึกปฏิบัติการ				
10. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล				
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสร้างแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์				
1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม				
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้				
3. ความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม				

รายการแสดงความคิดเห็น	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
4. ความสอดคล้องกับบริบทและปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
5. ความเหมาะสมของการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)				
6. ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา				
7. ความเหมาะสมของภาษาและการสื่อความหมาย				
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ				
9. ความเหมาะสมของสื่อและชุดฝึกปฏิบัติการ				
10. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล				
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา				
1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม				
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้				
3. ความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม				
4. ความสอดคล้องกับบริบทและปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
5. ความเหมาะสมของการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)				
6. ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา				
7. ความเหมาะสมของภาษาและการสื่อความหมาย				
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ				
9. ความเหมาะสมของสื่อและชุดฝึกปฏิบัติการ				
10. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล				
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การนำแนวทางไปปฏิบัติและการประเมินผล (Implementation)				
1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม				
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้				
3. ความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม				
4. ความสอดคล้องกับบริบทและปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
5. ความเหมาะสมของการบูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS)				
6. ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา				
7. ความเหมาะสมของภาษาและการสื่อความหมาย				
8. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติ				
9. ความเหมาะสมของสื่อและชุดฝึกปฏิบัติการ				
10. ความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล				

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของกิจกรรมการเรียนรู้

ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินความสอดคล้อง ความเหมาะสม และความครบถ้วนของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นที่ตรงกับความเห็นของท่าน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้ในการวิจัย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นฐานงานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม				
1. อธิบายหลักการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้				
2. อธิบายองค์ประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบควบคุมได้				
3. ปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าได้				
4. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พื้นฐานในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าได้				
5. อธิบายบทบาทของงานซ่อมบำรุงต่อประสิทธิภาพการผลิตได้				
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์ปัญหาในงานซ่อมบำรุงไฟฟ้า				
1. รวบรวมข้อมูลและข้อเท็จจริงของปัญหาที่เกิดขึ้นได้				
2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้เทคนิค 5 Whys ได้				
3. จำแนกสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้				
4. วิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าได้				
5. ระบุปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขเป็นลำดับความสำคัญได้				
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสร้างแนวทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์				
1. เสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย				
2. ใช้เทคนิคการระดมสมองในการสร้างแนวคิดได้				
3. วิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละแนวทางได้				
4. สร้างแนวทางการแก้ปัญหาตามกระบวนการ CPS ได้				
5. ทำงานร่วมกับผู้อื่นในการสร้างแนวคิดได้				
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การพัฒนาและคัดเลือกแนวทางแก้ปัญหา				
1. พัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้				
2. เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละแนวทางได้				
3. เลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดได้				
4. วางแผนการดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาได้				
5. ประเมินความเป็นไปได้ของแนวทางที่เลือกได้				
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การนำแนวทางไปปฏิบัติและการประเมินผล (Implementation)				
1. นำแนวทางการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้				
2. ประเมินผลการดำเนินงานได้				
3. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาได้				
4. ปรับปรุงแนวทางการปฏิบัติงานจากผลการประเมินได้				
5. ถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้				

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ด้านแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

ด้านใบความรู้

.....

.....

ด้านใบกิจกรรมและใบปฏิบัติการ

.....

.....

ด้านชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติ

.....

.....

ด้านสื่อนำเสนอประกอบการฝึกอบรม

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦✦

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินครั้งนี้

นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี

นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา

(Doctor of Philosophy Program in Electrical Education Engineering)

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก จ
ภาพการดำเนินการวิจัยและการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-1 การแนะนำชุดฝึกปฏิบัติการด้านระบบควบคุมและระบบอัตโนมัติแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-2 การอธิบายหลักการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติการระหว่างการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-3 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการ



ภาพที่ จ-4 การฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์และแก้ปัญหาวงจรควบคุมไฟฟ้า



ภาพที่ จ-5 การให้คำแนะนำระหว่างการฝึกปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-6 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติงานร่วมกันตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS)



ภาพที่ จ-7 การสาธิตการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of Things (Solar–Peltier IoT)



ภาพที่ จ-8 การสาธิตการตรวจสอบและวิเคราะห์วงจรควบคุมไฟฟ้า



ภาพที่ จ-9 การสาธิตการใช้งานเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าระหว่างการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-10 การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น



ภาพที่ จ-11 การบรรยายเนื้อหาและการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม



ภาพที่ จ-12 การสาธิตการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม (Electrical Trainer)



ภาพที่ จ-13 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมปฏิบัติงานร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม



ภาพที่ จ-14 การติดตามและให้คำปรึกษาแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม



ภาพที่ จ-15 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกอบรม



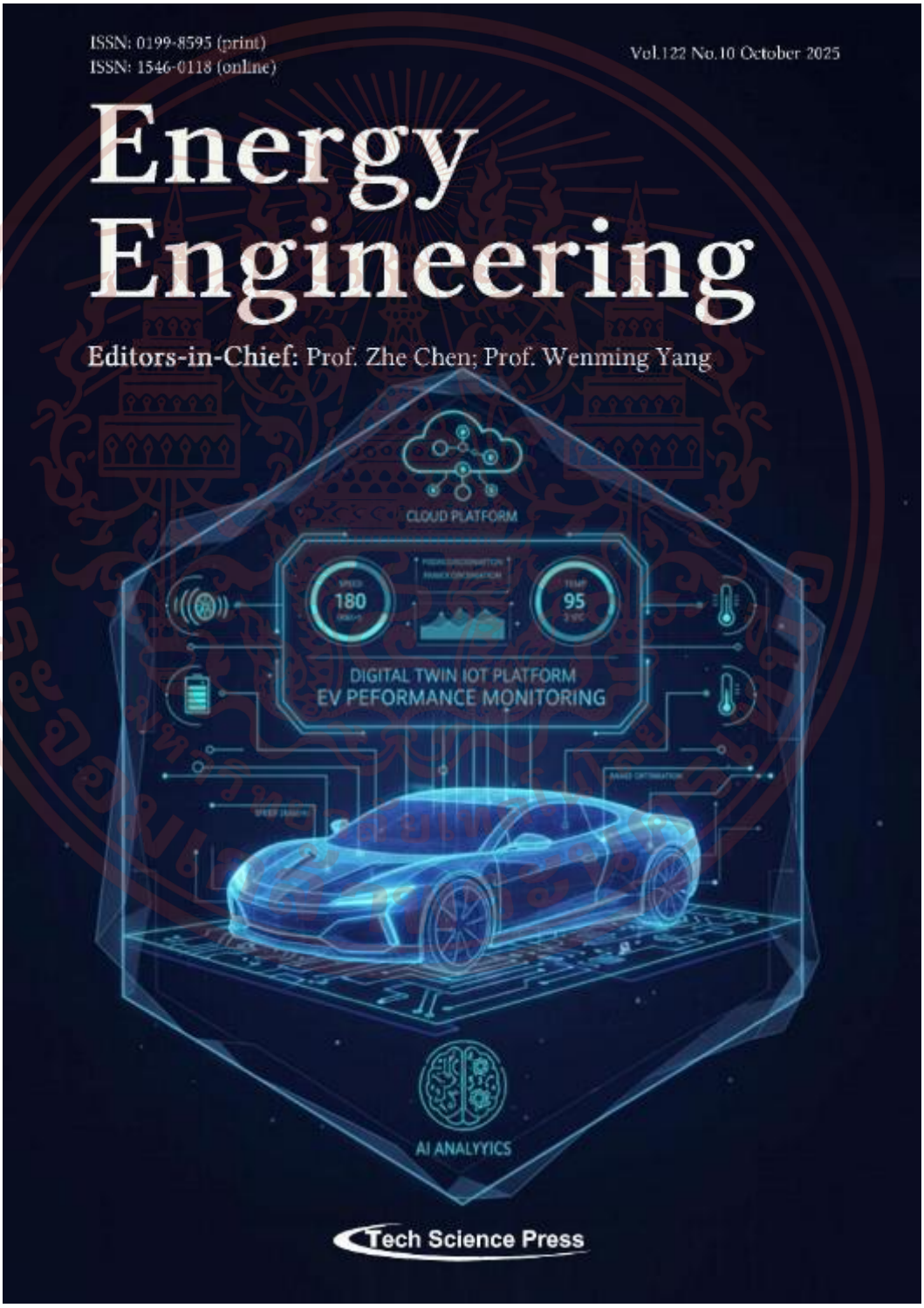
ภาพที่ จ-16 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมดำเนินการสรุปผลการฝึกอบรมและการประเมินผล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก ฉ
บทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่

เรื่องที่ 1 บทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ

Peltier Water Cooling System
with Solar Energy and IoT Technology Demonstration Set
Energy Engineering
Tech Science Press 2025





Tech Science Press

Submit LOGIN REGISTER

Home Academic Journals Books & Monographs Conferences Language Service News & Announcements About

Home / Journals / ENERGY / Vol.122, No.11, 2025 / 10.32604/ee.2025.068448

Energy Engineering

Submit a Paper

Propose a Special Issue

Review for ENERGY

Open Access ARTICLE

Peltier Water Cooling System with Solar Energy and IoT Technology Demonstration Set

Prasongsuk Songsree*, Chaiyapon Thongchaisuratkrul

Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800, Thailand

* Corresponding Author: Prasongsuk Songsree. Email: s6602025910022@email.kmutnb.ac.th; Chaiyapon Thongchaisuratkrul. Email: chaiyapon.t@fte.kmutnb.ac.th

(This article belongs to the Special Issue: AI in Green Energy Technologies and Their Applications)

Energy Engineering 2025, 122(11): 4541-4550. https://doi.org/10.32604/ee.2025.068448

Received 29 May 2025; Accepted 21 August 2025; Issue published 27 October 2025

Downloads Citation Tools

1749 View 603 Download

Table of Content

- Abstract
- Introduction
- Objectives
- Literature Review
- Research Methods
- Results
- Demonstration and Deployment
- Research Summary
- Conclusion
- Suggestions
- References

View Full Text Download PDF

Abstract

The purpose of this research is to design and develop a demonstration Set of a water cooling system using a Peltier with solar energy and technology and IoT (Internet of Things), and test and measure the performance of the Peltier Plate Water Cooling System Demonstration Set under different environmental conditions. To be used as a model for clean energy systems and experimental learning materials. The prototype system consists of a 100-W solar panel, a 12 V 20 Ah battery, a Peltier plate, a DS18B20 sensor, and a NodeMCU microcontroller. The system performance is determined by analyzing the energy drawn from the water (Q1) compared to the electrical energy supplied to the plate (Q2) and calculating the coefficient of performance (COP) value to evaluate the performance of the system, as well as testing the operation under different light conditions (morning, noon, evening) with real-time temperature data and control behavior recorded via IoT (Internet of Things). The results showed that the system can reduce the water temperature by an average of 4°C–7.5°C within 60–90 min, with an average COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) in the range of 0.3–0.4 during unstable solar energy periods. The system can respond to commands via the Blynk application in under 2 s and can also operate continuously on battery backup power during low-light hours.

Keywords

Peltier; solar energy; cooling system; efficiency technology; IoT (Internet of Things)

Cite This Article

APA Style

Related articles

A Survey of the Researches on Grid-Connected Solar Power Generation Systems and Power Forecasting Methods Based on Ground-Based Cloud Atlas

Xing Dong, Peipeng Da, Haijun...

Modelling and Optimization of Clean and Affordable Electricity Solution for Small-Scale Savings and Credit Cooperatives (SACCOs)

Xiaoxia Lin, Samuel Bimenyimana, ...

Research on Operation Optimization of Heating System Based on Electric Storage Coupled Solar Energy and Air Source Heat Pump



CERTIFICATE OF ACCEPTANCE

Certificate of acceptance for the paper (ID: 68448) titled:
Peltier Water Cooling System with Solar Energy and IoT(Internet of Things) Technology Demonstration Set

Authored by:
Prasongsuk Songsree, Chaiyapon Thongchaisuratkrul

has been accepted in Energy Engineering on 21 August 2025

Energy Engineering Tech Science Press

Energy Engineering

Tech Science Press

Doi:10.32604/ee.2025.068448

ARTICLE

Peltier Water Cooling System with Solar Energy and IoT Technology Demonstration Set

Prasongsuk Songsree* **and Chaiyapon Thongchaisuratkrul***

Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800, Thailand

*Corresponding Authors: Prasongsuk Songsree. Email: s6602025910022@email.kmutnb.ac.th; Chaiyapon Thongchaisuratkrul. Email: chaiyapon.t@fte.kmutnb.ac.th

Received: 29 May 2025; Accepted: 21 August 2025; Published: 27 October 2025

ABSTRACT: The purpose of this research is to design and develop a demonstration Set of a water cooling system using a Peltier with solar energy and technology, and IoT (Internet of Things), and test and measure the performance of the Peltier Plate Water Cooling System Demonstration Set under different environmental conditions. To be used as a model for clean energy systems and experimental learning materials. The prototype system consists of a 100-W solar panel, a 12 V 20 Ah battery, a Peltier plate, a DS18B20 sensor, and a NodeMCU microcontroller. The system performance is determined by analyzing the energy drawn from the water (Q) compared to the electrical energy supplied to the plate (Q2) and calculating the coefficient of performance (COP) value to evaluate the performance of the system, as well as testing the operation under different light conditions (morning, noon, evening) with real-time temperature data and control behavior recorded via IoT (Internet of Things). The results showed that the system can reduce the water temperature by an average of 4°C–7.5°C within 60–90 min, with an average COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) in the range of 0.3–0.4 during unstable solar energy periods. The system can respond to commands via the Blynk application in under 2 s and can also operate continuously on battery backup power during low-light hours.

KEYWORDS: Plate tier; solar energy; cooling system; efficiency technology; IoT (Internet of Things)

1 Introduction

Currently, there is a growing demand for cooling systems that are chemical-free and can be used in remote areas. Peltier modules are a promising technology in this field because they do not use refrigerants. They have no moving parts and can work with solar energy efficiently when integrated with IoT (Internet of Things) technology. It can also be applied as a demonstration set for learning in underprivileged areas. It helps learners understand the principles of cooling, energy management, and intelligent system control concretely. Based on these considerations, the researcher proposes the idea of developing a Demonstration series of water cooling systems with Peltier plates, solar energy, and IoT (Internet of Things) to be used as both a prototype of a clean energy system and an experimental learning material in the context of modern education. While the core technologies applied in this study—Peltier cooling, solar energy, and IoT (Internet of Things) control—are not novel individually, their integration into a self-contained, low-cost, educationally oriented system represents a unique contribution. This framework is designed specifically for energy-constrained environments and aims to enhance real-world STEM learning while supporting practical off-grid cooling solutions.

Copyright © 2025 The Authors. Published by Tech Science Press.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2 Objectives

The primary objective of this research is to design and develop a demonstration set of a water cooling system that integrates a thermoelectric Peltier plate with solar energy and Internet of Things (IoT) technology. This initiative responds to the increasing demand for chemical-free cooling systems that are applicable in energy-constrained or off-grid environments, especially in rural or underdeveloped areas. The integration of solar power with smart control via IoT (Internet of Things) aims to reduce reliance on traditional electricity sources while offering hands-on learning materials for STEM education. In addition, the study seeks to evaluate the performance of the developed prototype under varying environmental conditions. By observing the system's behavior across different light intensities and temperature ranges, and analyzing the cooling efficiency through the coefficient of performance (COP), the research highlights both technical feasibility and real-world application potential. The dual aim is to contribute not only to technological advancement but also to the development of pedagogical tools in energy and environmental engineering.

3 Literature Review

The design and development of a water cooling system using Peltier plates in combination with solar energy and Internet of Things (IoT) technology requires knowledge from various fields, including physics, energy engineering, information systems, and automation. Recent studies have explored similar integrations of thermoelectric cooling and renewable power. Ref. [1] proposed a solar-powered Peltier refrigeration unit for remote environments and implemented IoT (Internet of Things) based thermal control using Peltier modules in electric vehicle battery systems. These studies highlight both the potential and current limitations of smart thermoelectric cooling under variable energy conditions [2].

The basic phenomenon of energy transformation from the difference in heating and cooling temperature on a conductor to electrical energy was first discovered by [3], a German physicist, who discovered that when the ends of two types of conductors are connected, there is a difference in temperature at the junction of the conductors. As shown in Fig. 1, the diagram shows the Seebeck Effect thermoelectric principle and the structure of the thermoelectric module, drawing on information from an article published on the website of the Thai Physical Association that shows the physical basis of the phenomenon. It also describes the engineering structures of thermoelectric devices, both 2D and 3D, to facilitate the mechanism of converting thermal energy into electrical energy in a systematic manner. The leftmost image shows a fundamental experiment on the Seebeck Effect, the basis of thermoelectrics, using two metal A wires joined together and with different temperatures at both ends. When there is a temperature difference between the two ends, electrons move from the hot side to the cold side. This movement causes a voltage or current in the circuit. The hot spot emits electrons. The cold spot receives electrons. This principle shows that heat can be directly converted into electrical energy, which is at the heart of thermoelectric generators. The middle image shows a diagram of a 2D thermoelectric module, which shows the arrangement of P-type (orange) and N-type (green) semiconductor materials alternately in pairs, connected between the hot surface and the cold surface. When heat passes through semiconductor materials, the movement of electrical carriers (electrons and holes) occurs, resulting in a voltage between the negative and positive electrodes. This electricity can be continued through an external electrical circuit, with a voltmeter displaying. This type of structure is commonly used in engineering applications.

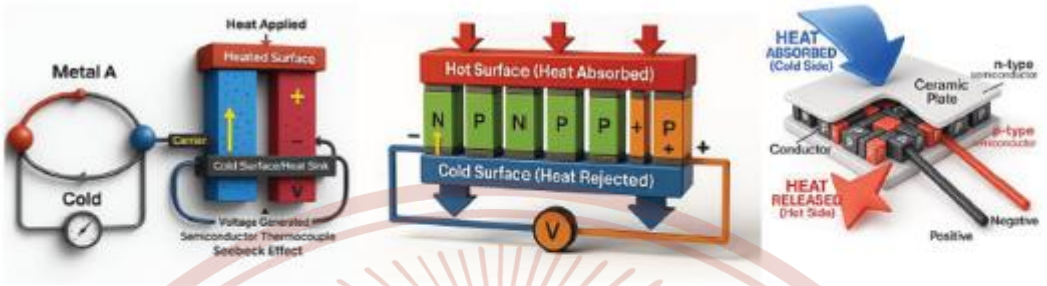


Figure 1: Diagram illustrating the thermoelectric Seebeck Effect and the structure of a Peltier module, created by the authors based on conceptual information from the Thai Physical Society [4]

3.1 Application in Peltier Module Systems

In the context of this research, thermoelectric theory, especially the Peltier effect, is of direct importance because the Peltier plates used in refrigeration systems operate on this principle. As a result, one side is cooler (cold side) and the other side is hotter (hot side). A heat sink or cooling system will be able to create an efficient, small cooling system without the use of refrigerants. Prior to discussing component advantages, it is essential to recognize that recent implementations of Peltier modules in embedded environments, such as the work in [2], emphasize the need for real-time thermal feedback, optimized power delivery, and stability under fluctuating load conditions. These insights inform the design direction of the present study [5].

3.2 Theoretical Concept of Solar Energy

Solar energy is one of the core components of the future renewable energy system, based on the theory of the Photovoltaic Effect and the ever-evolving solar cell technology. The photovoltaic effect was discovered during experimentation with electrodes in solution, and found that light can stimulate the generation of electricity. One of the key processes of converting solar energy into electrical energy is the photovoltaic effect, as reported in [6]. Solar cell technology is responsible for converting solar energy into electrical energy directly through a physical process called the Photovoltaic Effect. The diagram presented illustrates the principle of operation of solar cells in a three-dimensional manner that is easy to understand and realistic. As shown in Fig. 2. Starting with sunlight, which falls on the surface of the photovoltaic cells coated with an anti-reflective layer to increase the efficiency of light absorption. When photons from sunlight hit the cell layer, the electrons in the atoms of the material break out of their bonds and move freely. When an electron is excited by light and breaks away from an atom in the P-type layer, it is pushed by an internal electric force to move to the N-type layer, causing a potential difference between the two poles, thereby generating electricity [6].

3.3 IoT (Internet of Things) Theory Concept

While many recent cooling systems incorporate IoT (Internet of Things) for basic automation, several studies have noted shortcomings in their ability to adapt to fluctuating power supply and thermal load. Real-time responsiveness and energy-aware control remain critical challenges that this study aims to address. The concept originated from [7], which explained that IoT is the interconnection of devices that can communicate with each other through a network without relying directly on human commands. Researchers have proposed IoT (Internet of Things) technology as a medium for real-time monitoring and control [8]. As shown in Fig. 3. The status of the module and the power consumption via a smartphone or remote

control device. In addition, the system can respond automatically through sensors connected to the Internet, enabling efficient energy management, reducing losses, and increasing ease of use.

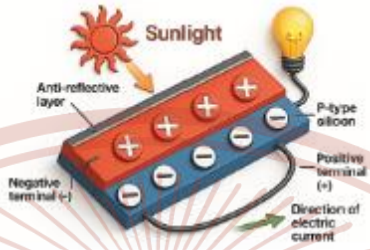


Figure 2: Principle of solar cell operation: photovoltaic phenomenon in semiconductor layer, created by the authors



Figure 3: Principles of IoT (Internet of Things) technology, created by the authors

3.4 Technology Performance Evaluation Concept

After the development of the prototype system, its performance this value is used to indicate how efficiently the system is able to harness energy to achieve thermal results. Despite the established thermodynamic foundation, recent literature indicates that achieving high COP (coefficient of performance) in practical thermoelectric systems remains a challenge. Most studies focus on fixed-load scenarios without accounting for variable solar input or adaptive control strategies. This research fills that gap by integrating IoT-based power regulation with solar-powered cooling, enabling autonomous operation in off-grid or resource-constrained environments.

4 Research Methods

This research is experimental in nature and aims to design and develop a solar-powered water cooling system using Peltier technology, integrated with IoT (Internet of Things)-based control and monitoring. To achieve this, the research methodology was divided into several key phases. The process begins with a comprehensive theoretical study to establish the foundation for system design, as detailed in

Sections 4.1–4.4. As shown in Fig. 4. This preliminary study supports the subsequent phases, including system design, hardware assembly, and performance evaluation under real-world conditions.

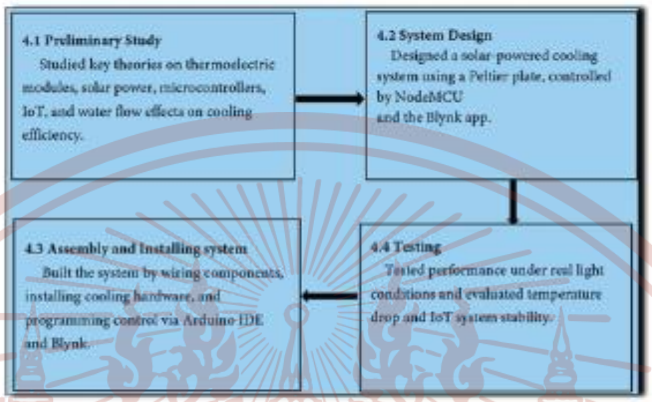


Figure 4: Research framework

4.1 Preliminary Study

The researcher studied relevant theoretical data to support the system design. This included

(1) The Seebeck and Peltier effects, which explain the thermal-to-electric and electric-to-thermal energy conversion in TEC1-12706 thermoelectric modules, forming the core operating principle of the cooling system

(2) The photovoltaic effect, which governs solar energy harvesting and conversion into electrical energy used by the system

(3) The microcontroller-based control logic implemented via NodeMCU ESP8266, which processes real-time input from temperature sensors and manages the switching behavior of the Peltier plate

(4) Fundamental IoT (Internet of Things) communication protocols, which allow real-time data transmission and control through the Blynk platform

(5) The influence of fluid dynamics, including flow rate, water volume, and thermal mass, which directly affect heat exchange efficiency and cooling duration. These theoretical foundations were used to guide both the hardware design and experimental testing.

4.2 System Design

The system was designed as a closed-loop solar-powered water cooling unit, incorporating energy harvesting, thermal exchange, control, and monitoring layers. The experimental platform configuration included solar input, a charge controller, battery storage, a NodeMCU-based control module, temperature sensors, and the water tank integrated with Peltier plates. This structured layout improves understanding of the system interactions between hardware and control logic.

4.3 Assembling and Installing the System

The hardware setup followed a step-by-step integration process, starting with the solar charging circuit, followed by the connection of the Peltier plates with heatsinks and fans, and then installation of the DS18B20

temperature sensors. The microcontroller (NodeMCU ESP8266) was programmed using the Arduino IDE and mounted on a custom PCB board detailing component interaction and wiring logic [5].

4.4 System Testing

To ensure consistency and replicability, the experimental protocol was structured as follows:

1. **System initialization and baseline temperature logging**
   The system was powered on and allowed to stabilize. The initial water temperature was recorded before any cooling began [9].
2. **Exposure to designated light conditions (morning/noon/evening)**
   The system was tested under natural light in three time intervals to simulate varying irradiance:
   - Morning (08:00–10:00)
   - Noon (11:00–14:00)
   - Evening (16:00–18:00)
3. **Real-time data acquisition via the Blynk dashboard**
   The NodeMCU controller transmitted temperature and voltage data through Wi-Fi. These were displayed and logged on the Blynk IoT (Internet of Things) platform in real time [10].
4. **Automatic activation/deactivation of the Peltier module based on sensor thresholds**
   The system turned the Peltier plate ON when the temperature exceeded 25°C and OFF when the temperature dropped below 18°C, following predefined thresholds.
5. **Data recording for ΔT, power consumption, and system latency**
   All changes in tank water temperature (ΔT), voltage/current draw, and control response time were recorded for performance evaluation.

5 Results

The results of the design and development of a water cooling system using Peltier plates and IoT (Internet of Things) technology show that the system can operate efficiently. The design and development of a water cooling demonstration system using solar-powered Peltier plates, in combination with an IoT-based control system, was effective. The key results are detailed as follows.

5.1 Design and Development Results of Water Cooling System Using Peltier Plates with Solar Energy and IoT (Internet of Things) Technology

It was found that the system can produce cooling using solar energy. The solar panel supplied enough power to operate the Peltier plates and the entire control circuit during the day. The system can effectively reduce the water temperature in the tank. Details are as follows.

5.1.1 Laying a Water Cooling System Using Solar Plate Tiers

The system's modular design enabled temperature reduction through two sequential Peltier cooling stages. Under average noon irradiance (700–850 W/m^2), the first stage achieved a ΔT of 2.3°C, while the second stage provided an additional 2.5°C drop, leading to a total cooling of 4.8°C within 60 min. This staged approach allowed greater efficiency than single-plate systems reported in [11] achieved only a 3.1°C drop under similar conditions. The solar-powered configuration sustained operation without requiring grid input, validating the system's suitability for off-grid use. As shown in Fig. 5.

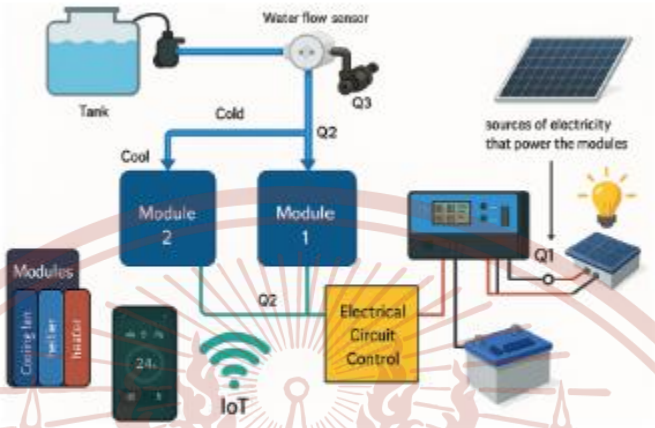


Figure 5: Simulation of a demonstration set of water cooling using Peltier plates with solar energy and IoT (Internet of Things) technology, created by the authors

From the picture, you can see that the cooling system and IoT (Internet of Things) plate are installed between the two sides of the heat sink. On the hot side, there is a fan to help cool it. While the cold side is in contact with the insulated water tank. It is connected to the NodeMCU ESP8266 to transmit data to the Blynk platform via Wi-Fi and automatically control the on-off of the system according to the specified values [9]. The core of the system is the Peltier plate, which is responsible for creating the temperature difference between the two surfaces when electricity is supplied. The hot side is installed in conjunction with a heat sink and cooling fan to help efficiently transfer heat away from the Peltier plate, whereas the cold side is placed in direct contact with the wall of the water tank, which is insulated with polyurethane (PU) foam. The purpose is to transfer cold water into the tank and maintain the water temperature within a certain range. To measure and control the temperature of water in the system, DS18B20 series digital sensors are used, which have high accuracy in measuring the temperature of liquids and can be directly connected to the NodeMCU ESP8266 board [8]. The NodeMCU board acts as an intermediary to receive temperature data from sensors and then relay it to the Blynk platform via Wi-Fi, allowing users to track the temperature values of the water in the tank in real-time through a smartphone or other mobile device connected to the Internet. A 12 V or higher solar panel should be installed on a surface that receives the most sunlight. Connect the wire from the panel to the Solar Charge Controller, which controls the current sent to the battery to prevent overcharging or over-discharging [9]. Connect the cable from the Solar Charge Controller to the 12 V battery (Deep Cycle) to store energy. Check the voltage supplied to the system with a multimeter to ensure that the system is stable and safe before connecting to another circuit.

5.1.2 Installation of the Refrigeration Unit, Plate, Heat Sink, Fan, and Water Tank

The researchers installed Peltier (TECI-12706) plates and applied thermal paste to both sides of the plate to increase heat transfer efficiency. An aluminum heatsink was installed on the hot side, and a cooling fan was used. On the cold side of the Peltier plate, it was attached to the wall of a 5-L water tank, which was made of plastic or stainless steel and was insulated with Polyurethane foam (PU Foam) to protect against external heat. The structure was fixed using a base made from acrylic or MDF wooden panels to hold the components securely. All parts were installed either vertically or horizontally according to the design to ensure efficient

heat transfer and safe wiring. The signal from the DS18B20 sensor was routed to the NodeMCU board. The waterproof DS18B20 sensor was installed in water or on the tank wall, with the sensor head in direct contact with the liquid to ensure accurate measurement. The sensor's 3 wires (VCC, GND, DATA) were connected, with a 4.7 kΩ pull-up resistor between the DATA line and VCC to provide stable digital communication to the NodeMCU ESP8266 board, which functions as a microcontroller with Wi-Fi capability [4].

5.1.3 Calculation of a Cooling System with a Thermoelectric Plate (Peltier)

To assess the cooling capability and energy efficiency of the system, the researcher performed a series of theoretical calculations based on thermodynamic principles. These calculations include the amount of heat energy required to reduce the water temperature, the average power input, the electrical power consumption of the Peltier module, and the thermal dissipation requirement. Additionally, the thermal resistance and surface area of the heat sink were determined to ensure the system's stability under continuous operation. The results of these calculations are summarized in Fig. 6, which presents step-by-step equations, substituted values, and outcomes that were used to guide the design and optimization of the thermoelectric cooling system.

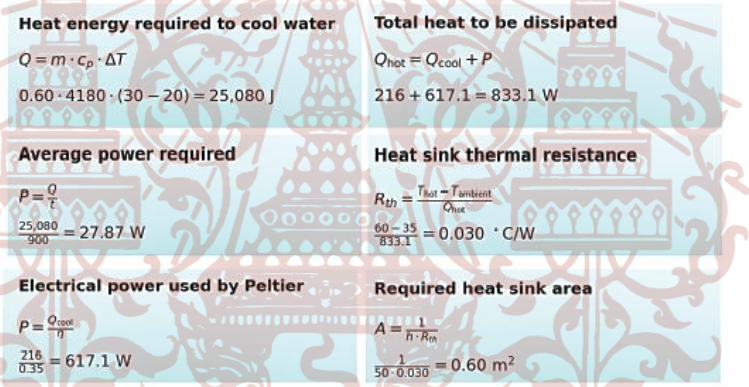


Figure 6: Simulation results of the design of a thermoelectric plate cooling system to reduce water temperature

The researchers applied the basic principles of heat transfer and energy consumption in refrigeration systems. They used physics and engineering equations to analyze and design simulations of the thermoelectric plate refrigeration system. The goal was to reduce the water temperature and to evaluate the performance of the equipment from quantitative data.

1. The energy required to cool the water was calculated using the equation Q = m × cp × ΔT. With 600 mL (or 0.6 kg) of water cooled from 30°C to 20°C, the system needed to transfer 25,080 J of thermal energy, establishing the system's cooling load [10].

2. The average power over 15 min (900 s) was found to be 27.87 W, a critical figure for power supply design.

3. Considering the Peltier plate's efficiency at 35% (COP (coefficient of performance) = 0.35), achieving 216 W of cooling power requires 617.1 W of input power, indicating system losses and the importance of selecting efficient components.

4. The total thermal load including cooling and electrical power was 833.1 W, which must be dissipated from the hot side to avoid system inefficiencies.

5. The required heat sink thermal resistance was calculated as 0.030°C/W, a low value demanding high-performance cooling equipment.

6. Given the heat dissipation of 833.1 W and a convection coefficient of 50 W/m²·K, the necessary heat sink surface area was determined to be at least 0.6 m².

5.1.4 Refrigeration System Assembly Results with IoT (Internet of Things) Technology for Real-Time Control and Monitoring

The researcher applied embedded electronic devices (embedded systems) and Internet of Things (IoT) technology to enable automatic control and real-time monitoring of system status. Key findings include:

The real-time monitoring system showed high reliability, with temperature readings updated every 2 s and IoT (Internet of Things) command response delay averaging 1.3 s under full load. This update interval is appropriate given the nature of thermoelectric cooling and the specifications of the DS18B20 digital sensor, which operates optimally at sampling intervals of 750 ms to 1 s depending on resolution. Since temperature change in water-based systems occurs relatively slowly, a 2-s interval is technically sufficient for accurate monitoring without unnecessary processing [4]. During evening operation, where supply voltage dropped to 11.2–11.6 V, response latency increased slightly to 1.8–2.1 s. Nonetheless, the system maintained accuracy within ±0.5°C, confirming the robustness of the NodeMCU-Blynk integration in low-power environments. Compared to similar PV-based IoT (Internet of Things) systems reported [3] which had delays of 3–5 s, this implementation provided faster and more stable real-time performance.

5.2 Results of Hardware Application and Driver Writing with Arduino IDE

The researcher developed the system using the Arduino IDE platform as the primary tool for programming and uploading to the NodeMCU (ESP8266), which functions as the microcontroller for the entire system.

In the first step, the necessary libraries were installed to ensure compatibility with devices, including OneWire and Dallas Temperature for communicating with the DS18B20 temperature sensor, and BlynkSimpleEsp8266.h for connecting the NodeMCU to the Blynk platform [9]. This Setup enables real-time data control and display through the Blynk smartphone application. When the water temperature exceeds 25°C, the system triggers the Peltier plate to turn on, and when the temperature drops below 18°C, it turns off via the NodeMCU's Digital Output pin.

During development, a major obstacle encountered was the unstable Wi-Fi connection of the NodeMCU in certain test environments, causing the Blynk app to lose functionality or real-time display. Additionally, DS18B20 sensors occasionally returned null values or −127°C due to data contact errors. Unstable power supply from the solar source sometimes caused the system to restart due to voltage drops.

To address these issues, the researcher implemented a Wi-Fi status check routine every 5 s with automatic reconnection. Filtering conditions were added to exclude abnormal sensor values if the reading was outside the 0°C–50°C range, the system would wait for a valid input. Capacitor circuits and voltage filters were also added to the NodeMCU to stabilize operation under fluctuating solar voltage. The final system code was uploaded to the NodeMCU via USB, setting the appropriate port in the Arduino IDE.

For remote control, the Blynk application was used to build a control interface that included a temperature display widget, an LED indicator for operation status, and button/slider widgets for control preSets. The authentication token (Auth Token) generated by the Blynk app was embedded into the Arduino code, allowing for secure and real-time communication with the IoT (Internet of Things) platform.

5.3 To Test and Evaluate the Performance of the Water Cooling System from the Plate under Different Environmental Conditions

5.3.1 Energy Efficiency Used to Test for over 15 min

This Table 1 summarizes the power inputs and thermal energy transferred during a 15-min test of the system. Q1 represents the power sourced from the solar panel, calculated using voltage and current input values and found to deliver 34,290 J of energy. Q2 reflects the energy supplied from the system to the Peltier plate, calculated to be 219,780 J, based on operating voltage and current. Q3 measures the thermal energy extracted from the water, computed at 68,659.44 J using the standard equation Q = m × cp × ΔT [3]. The efficiency of the system, expressed as Coefficient of Performance (COP), was calculated as: COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) = Q_cool/W_input = 68,659.44/219,780 ≈ 0.3124.

Table 1: Energy input, energy removed from the water, and coefficient of performance (COP) calculation results during a 15-min test

Power (Q)	Meaning	Calculate the power (W)	Energy calculation	Calculated energy value (J)
Q1	Power from the source (Solar Panel)	$U_{input} \times I$ 12.7 × 3 = 38.1	$U_{input} \times I \times \Delta t = 12.7 \times 3 \times 900$	34,290
Q2	Power the electrical box supplies to Peltier	$U_{system} \times I$ 11.1 × 22 = 244.2	$U_{system} \times I \times \Delta t = 11.1 \times 22 \times 900$	219,780
Q3	Energy extracted from the water	$\frac{5.47}{60} \times 4184 \times (29.8 - 29.6) = 76.28$	$Q = m\, c_p\, \Delta T\ \frac{5.47}{60} \times 4184 \times (29.8 - 29.6) \times 900$	68,659.44
	COP (Coefficient of Performance) Calculation Results $COP = \frac{Q_{cool}}{W_{input}} = \frac{68,659.44}{219,780} \approx 0.3124$			

To demonstrate dynamic behavior, temperature values were recorded at 2-s intervals over the course of 60–90 min. The system exhibited a consistent thermal response under varying irradiance levels. The water temperature decreased steadily from 30.0°C to 22.5°C within 60 min at peak sunlight, with control switching events triggered precisely at 25°C and 18°C. The Peltier plate activation and deactivation correlated well with sensor readings and predefined thresholds, confirming the responsiveness of the control logic in real-time conditions.

5.3.2 Analysis of Performance Calculation Results: COP (Coefficient of Performance) of Peltier Plate Refrigeration System

The performance calculation results for the coefficient of performance (COP) of the Peltier Plate Cooling System were based on both experimental data and energy calculations. The prototype cooling system was powered by energy from an external supply.

Power from the solar panel (Q1). The system received power equivalent to 38.1 W over 15 min (900 s), totaling 34,290 J. This is considered the source energy value for the entire system.

Power supplied to the Peltier plate (Q2). The distribution box provided 244.2 W to the thermoelectric plate over the same 900-s period, resulting in a total energy input of 219,780 J. This figure represents the main electrical energy consumption used to drive the cooling system.

Energy absorbed from the water (Q3): The system successfully transferred 68,659.44 J of heat energy from the water. This was calculated based on the mass of water, its specific heat capacity, and a temperature drop (ΔT) of approximately 0.2°C over the 900-s operation.

The accuracy of temperature measurement was a critical consideration, given that thermal changes in this study often occurred within a narrow range (ΔT = 3–7.5°C). All temperature data were recorded using the DS18B20 sensor, which has a typical accuracy of ±0.5°C and a resolution of 0.0625°C. To improve reliability, each reported value represents the average of at least three measurements taken over the same time interval.

Solar irradiance data were obtained using a handheld digital lux meter and converted approximately to W/m² using standard conversion factors, which may introduce an uncertainty margin of ±10%–15%, depending on ambient light conditions. While these values are sufficient for general analysis and trend comparison, they represent a potential source of deviation in coefficient of performance (COP) estimation.

Future work may incorporate calibrated pyranometers and multi-point thermal sensors to reduce measurement uncertainty and enhance reproducibility.

5.3.3 Effects of COP (Coefficient of Performance) Efficiency on Power and Heat Sink Design

Table 2 shows The coefficient of performance (COP) efficiency observed is low to medium, which is characteristic of Peltier modules compared to vapor compression cooling systems. The calculated COP indicates that the system consumes approximately 3.2 times more electricity than the amount of cooling energy generated. This low efficiency is likely due to insufficient heat dissipation from the hot side of the Peltier module, a low temperature differential (ΔT), power loss in the supply circuit, and poor thermal interfaces between the plate and water tank.

Table 2: Effects of increased COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) efficiency on power consumption and heat sink design parameters

COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)	Power consumed (W)	Energy that needs to be drained (W)	Heat sink resistance (°C/W)	Required heatsink area (sq m.)
Original value (1×)	617.10	833.1	0.030	0.67
COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) × 5	123.42	339.4	0.074	0.27
COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) × 10	61.71	277.7	0.090	0.22

Enhancements such as using high-quality heat sinks and fans, applying PWM control to minimize average current, selecting Peltier models with higher COP values, and improving the ΔT range could significantly improve efficiency. Table 3 illustrates that improving COP not only reduces power consumption and cooling demand but also lowers heat sink size and performance requirements. Therefore, performance optimization is crucial when higher efficiency is desired.

Table 3: Results of water temperature reduction performance test with Peltier and IoT (Internet of Things) system under different light intensities and times of day

Period	Light intensity (W/m^2)	Default water temperature (°C)	End water temperature (°C)	Test duration (min)	Temperature difference (°C)	Note
Morning (08:00–10:00)	350–500	29.5	25.5	90	4.0	Soft sunlight. The system continues to work from the battery.
Noon (11:00–14:00)	700–850	30.0	22.5	60	7.5	Maximum performance. Enough energy from solar cells.
Evening (16:00–18:00)	300–400	28.0	24.0	90	4.0	The system is powered by a backup battery.

The results from Sections 5.1.1 to 5.3.3 show that the solar-powered Peltier water cooling system was capable of reducing water temperature by an average of 4°C–7.5°C, depending on solar intensity and time of day. The system responded to IoT (Internet of Things) commands with a latency of less than 2 s and operated automatically through real-time thresholds, fulfilling the goal of autonomous, off-grid thermal control [1]. While traditional solar Peltier designs require grid backup under low irradiance, this system maintained continuous operation using a 12 V/20 Ah battery, performing reliably even under 300–400 W/m^2 sunlight. In terms of system response, the reported control latency was between 3–5 s, whereas this system maintained faster and more stable performance. While the system's Coefficient of Performance (COP) remains modest at 0.31–0.40, the combination of dual-stage cooling, solar-battery integration, and IoT-based automation represents a novel step forward in compact, deployable refrigeration systems. This performance level is promising for real-world applications in rural health, agricultural cooling, and STEM-based education kits. Limitations of the current system include dependence on solar input stability for continuous operation. Occasional sensor faults (null or –127°C readings) from DS18B20 during unstable voltage. NodeMCU Wi-Fi fluctuations in low-signal areas [11].

5.3.4 COP (Coefficient of Performance)-Based System Optimization and Heat Sink Design Considerations

The researchers conducted calculations to evaluate the performance of the Peltier plates in producing effective cooling. The analysis considered key variables including power consumption, heat dissipation requirements, heat sink resistance, and the required surface area of the heat sink to efficiently manage heat accumulation in the system.

Under controlled cooling output, system efficiency (coefficient of performance, COP) was varied from a baseline (1×) up to 15×. As shown in Table 3, when COP was at the baseline level, the system consumed 617.10 W and generated 833.1 W of heat to be dissipated. This required a heat sink area of approximately 0.67 m^2 and a low heat resistance of 0.030°C/W to prevent heat accumulation.

When the COP increased fivefold, the power demand dropped significantly to 123.42 W, and the thermal dissipation load decreased to 339.4 W. Accordingly, the required heat sink area was reduced to 0.27 m^2, and the allowed heat resistance increased to 0.074°C/W. At 10× and 15× COP levels, further reductions in power and heat sink specifications were achieved, making the system increasingly compact and energy-efficient.

These results demonstrate the potential for optimized design through COP enhancement, which would lead to more space-saving and sustainable systems. Additionally, due to the system's reliance on solar power,

performance is affected by daylight and weather variations. Hence, researchers also tested performance under various light conditions, as illustrated in the next table (Table 3).

5.3.5 Testing the System at Different Times and Lighting Conditions

Table 3 shows the results of the water temperature reduction performance test under different light intensities and times of day. As shown in Fig. 7. The analysis is as follows:

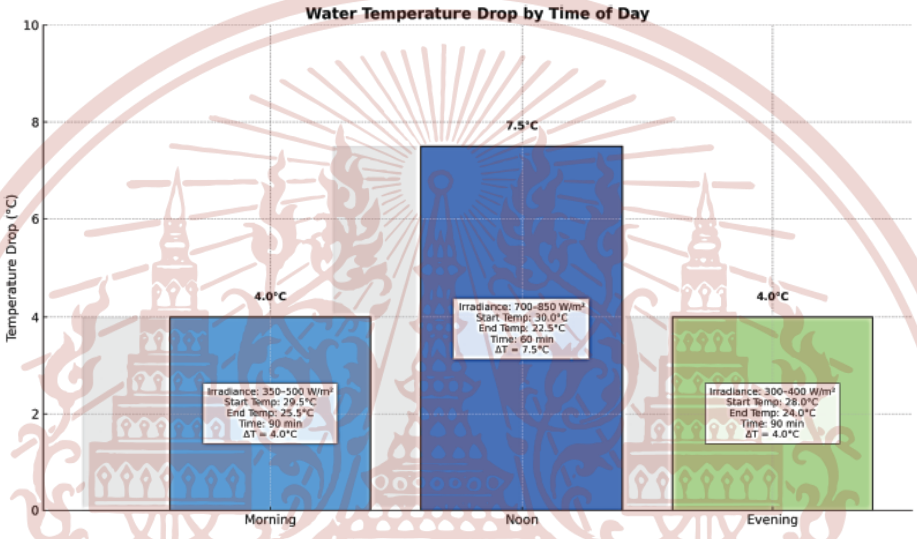


Figure 7: Graph showing the efficiency of reducing water temperature with the Peltier system and IoT (Internet of Things) under different light intensities, created by the authors

Morning (08:00–10:00) Light intensity ranged from 350–500 W/m^2, classified as relatively low. During this period, the system reduced the water temperature from 29.5°C to 25.5°C within 90 min, a 4.0°C drop while operating primarily from battery backup.

Noon (11:00–14:00) This time yielded the best performance due to the highest light intensity (700–850 W/m^2). The system achieved a temperature reduction from 30.0°C to 22.5°C in just 60 min, a 7.5°C drop, indicating optimal use of direct solar energy.

Evening (16:00–18:00) Even with lower light levels (300–400 W/m^2), the system successfully reduced water temperature from 28.0°C to 24.0°C within 90 min (4.0°C reduction), again supported by the battery during reduced sunlight conditions.

The graphical results from the system test confirm that the cooling system is most effective during midday (11:00–14:00), when sunlight intensity reaches its peak around 700–850 W/m^2. During this time, the system reduced water temperature by 7.5°C within just 60 min.

In the morning and evening periods, despite significantly lower irradiance levels (300–500 W/m^2), the system still achieved a 4.0°C temperature drop, though over a longer duration of 90 min. This indicates that while solar irradiance enhances system performance, the use of a backup battery allows for continuous operation even in lower-light conditions.

These results highlight the reliability and autonomy of the off-grid system, making it highly suitable for use in remote areas without access to the main electrical grid. The combination of solar energy, IoT (Internet of Things) technology, and efficient thermal components makes the system adaptable and sustainable for continuous, all-day cooling applications.

5.3.6 Stability Analysis of Plate Load Control System

The thermoelectric cooling system, which utilizes Peltier modules for temperature control, exhibits varying behaviors depending on the time of day. This horizontal bar graph visually presents the system's performance through four key metrics: minimum and maximum light intensity (W/m^2), supply voltage (V), and response time (s). The graph is segmented into three operational periods: Morning (08:00–10:00), Noon (11:00–14:00), and Evening (16:00–18:00) to analyze system dynamics under different environmental conditions. As shown in Fig. 8. Table 4 summarizes the Peltier plate control system behavior and stability under different lighting conditions and power availability.

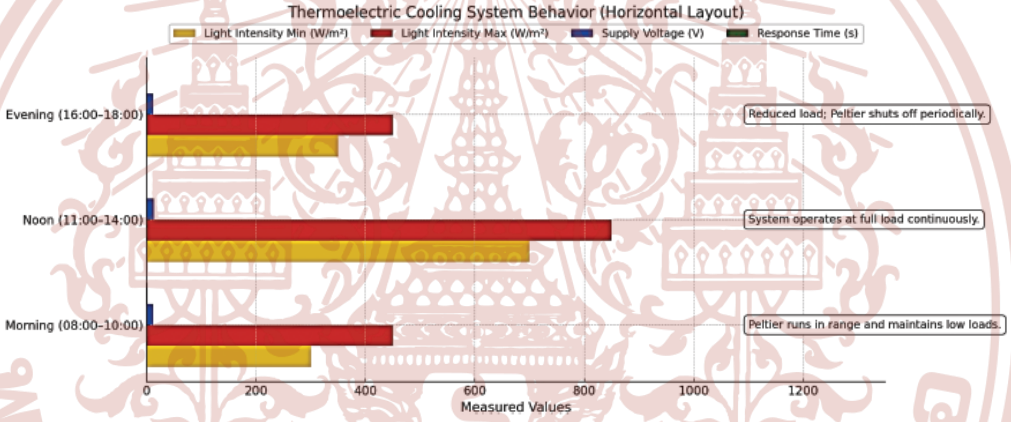


Figure 8: Thermoelectric cooling system behavior using Peltier plates under different time intervals and light intensities, created by the authors

Table 4: Summary of Peltier plate control system behavior and stability under different lighting conditions and power availability

Time	Approximate light Intensity (W/m^2)	Supply voltage (V)	Control system behavior	Response time (s)	In-app impression status
Morning (08:00–10:00)	300–450	11.5	Peltier runs in range, maintains low loads.	1.4	Continuous display, with slight delay
Noon (11:00–14:00)	700–850	12.7	Full load, continuous operation.	0.7	Real-time, stable display
Evening (16:00–18:00)	350–450	11.6	Reduces load intermittently, Peltier shuts off periodically.	1.3	Some data is missing

Morning, the system receives relatively low solar radiation (300–450 W/m^2), operates at 11.5 V, and has a delayed 1.4-s response time. It runs in a limited capacity to maintain low loads, showing energy efficiency but reduced cooling performance.

Noon Peak conditions (700–850 W/m^2, 12.7 V) lead to full-load operation with the best response time of 0.7 s. The system demonstrates optimal efficiency and control precision.

Evening, with lower light (350–450 W/m^2) and 11.6 V supply, response time increases to 1.3 s. The control strategy adapts by intermittently shutting off the Peltier module to conserve energy.

Overall, the graph illustrates the system's capacity to adjust to varying solar input through adaptive voltage and thermal load management, ensuring functional cooling throughout the day.

6 Demonstration and Deployment

The completed system was demonstrated in both indoor laboratory conditions and outdoor field settings. In the lab, the system responded reliably to temperature thresholds, displaying real-time sensor values on the Blynk platform and executing automatic control logic. As shown in Figs. 9–11. The cooling cycle was observable, with an average temperature drop of 4°C–6°C within 60–90 min. In field demonstrations, such as in rural school workshops and simulated off-grid environments, the system remained operational under sunlight intensity ranging from 300–850 W/m^2. Observers were able to monitor sensor data and control the system via mobile interface, highlighting the system's potential for STEM education, clean energy training, and agricultural cooling scenarios. Feedback from demonstration participants indicated high interest in the system's portability and its ability to operate without a power grid. Teachers noted its usefulness in explaining thermodynamics and real-world IoT (Internet of Things) applications to students. The system was also seen as promising for adaptation into small-scale vaccine coolers or smart farming modules with environmental control.

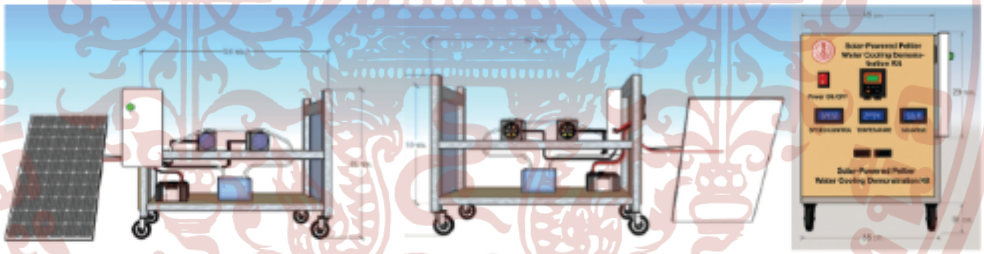


Figure 9: Design and development of a demonstration Set of a water cooling system using a plate-tier with solar energy and IoT (Internet of Things) technology, created by the authors

Beyond functional performance, the system's true value lies in its ability to bring applied science and technology to rural communities, under-resourced schools, and off-grid scenarios. It serves as a platform that bridges theory and practice, and facilitates the teaching of thermodynamics, energy management, and IoT (Internet of Things) in a tangible way. The system can be replicated using accessible components, making it ideal for hands-on education and grassroots deployment in energy-limited regions.



Figure 10: Demonstration of a water cooling system using Peltier plates with solar energy and IoT (Internet of Things) technology in action, created by the authors



Figure 11: Demonstration Set of water cooling system tested with solar energy in lab and outdoor Settings with different water levels, created by the authors

7 Research Summary

The purpose of this research is to design and develop a demonstration Set of chilled water systems using solar plate powered by solar energy and controlled through IoT (Internet of Things) technology.

Results of system design and development indicate that the designed system can effectively cool using solar panels as a direct power source. Peltier plates reduced the internal temperature of the cooling chamber by 6°C–10°C within 60–90 min under moderate to high sunlight conditions. The use of a non-refrigerant system provides high safety and is suitable for portable use or applications in remote locations. Efficiency, however, decreases in cold or cloudy weather without a backup battery. However, the efficiency decreases in cold or cloudy weather without a backup battery. These results are consistent with the work of Kumar et al. [12], who developed an air-cooling system using Peltier modules and IoT control that can operate efficiently in remote areas, as well as with the work of BimaJaya et al. [13], which showed that using a water-cooling system combined with IoT can help improve the performance of solar panels, resulting in

greater stability and higher overall system efficiency. These findings are consistent with the suggestion that thermoelectric plates are promising for solar-powered refrigeration if heat management is properly designed, leading to substantial performance gains [14].

This aligns focused on solar-powered Peltier-based systems tailored for remote regions, emphasizing portability and educational applications. The current research complements this by offering a practical demonstration Set for experimental learning using low-cost equipment and clean energy [1].

Although this study utilizes the Blynk platform for system monitoring and control, the primary contribution does not lie in the specific tool used, but in the generalizable IoT (Internet of Things) control framework that can be applied across multiple platforms and contexts [9]. The value of the proposed framework stems from its modularity, low-power compatibility, and adaptability to energy-constrained environments. It integrates sensor-actuator-control logic, enables threshold-based automation, supports energy-aware load management, and provides real-time feedback. This structure is platform-agnostic and may be implemented via alternatives such as MQTT or Node-RED, depending on scale and connectivity. Importantly, the framework is designed for deployment in under-resourced or off-grid areas. By demonstrating that an inexpensive, educationally oriented thermoelectric cooling system can be managed through a lightweight IoT interface-even under fluctuating solar, this study offers a scalable model for applications in environmental sensing, agriculture, vaccine storage, and STEM education. Delays in command response do not exceed 2 s. The NodeMCU and DS18B20 temperature sensor exhibited stable performance with a measurement tolerance of ±0.5°C. These outcomes are consistent with findings [3]. Emphasized the enhancement of control and energy efficiency in solar-dependent systems through IoT integration. Moreover, the use of environmental sensors and IoT (Internet of Things) for smart solar systems has been demonstrated in recent research [15], A real-time thermal management system for electric vehicle batteries using Peltier plates and IoT platforms, showing the potential of adaptive control and alert systems. These examples reinforce the practical applicability of the presented research in both educational and energy-sensitive environments [2].

8 Conclusion

This research demonstrates the feasibility of a compact, solar-powered Peltier water cooling system integrated with IoT control. The system successfully reduced water temperature by 4°C–7.5°C under varying solar irradiance, and maintained real-time responsiveness through the Blynk platform with a delay of less than 2 s [9].

While the system's coefficient of performance (COP) remains moderate (0.31–0.40), its ability to operate autonomously using solar and battery power confirms its applicability in off-grid environments such as rural areas, agricultural use, and educational contexts.

Despite certain limitations-such as sensitivity to solar stability and occasional sensor the project provides a foundation for future development in low-power cooling, smart energy management, and real-time environmental monitoring using affordable, open-source technologies.

Although this study does not introduce a new scientific theory, it contributes a replicable and scalable integration model of solar-powered thermoelectric cooling with IoT automation. Its significance lies in practical applicability, affordability, and educational accessibility-factors often overlooked in industrial implementations. This aligns with global efforts toward inclusive technology, clean energy access, and STEM outreach.

One of the practical challenges in designing solar-powered cooling systems is the intermittent nature of solar irradiance, which leads to fluctuating energy availability. In the current prototype, the system simply turns off the Peltier module when power is low or when the water reaches its target temperature. However,

this control logic does not fully utilize the available PV power during periods of moderate or declining sunlight. A more efficient approach would be to implement thermal storage strategies, such as pre-cooling a water reservoir during peak sunlight hours and using it as a passive cold sink during low irradiance periods. This would allow the system to maintain cooling performance without additional power draw. Future work could explore intelligent power routing, battery-supercapacitor hybrids, or variable-speed operation of the Peltier module to better match the available energy curve. By addressing this challenge, the system's efficiency, autonomy, and sustainability could be significantly improved.

9 Suggestions

1. The optimization of Peltier plates should be studied by using a switching power circuit design to fine-tune the cooling rate and reduce energy loss.

2. The COP values in different lighting conditions should be continuously analyzed to better reflect the system operation under real conditions.

3. The use of multi-point sensing allows for more accurate temperature control, especially in tanks with a large water capacity or that need constant cooling.

4. The system should be tested in a variety of seasons and climates to ensure that the system can be applied in real-world areas with unstable sunlight, such as the rainy season or mountainous regions.

5. IoT (Internet of Things) interfaces should be developed with an automated notification and data logging system for retrospective analysis and long-term planning.

6. The system can be applied in field applications such as smart farms, rural areas, or locations without access to electricity, using solar energy in combination with IoT control.

7. It can be used as a learning demonstration, Set at the high school or vocational level for teaching physics and renewable energy concepts, helping students understand systemic connections.

8. In terms of commercial development, this system has potential for expansion into portable vaccine storage boxes, food pantries in remote areas, or field-deployed electronics cooling units.

9. Government organizations or educational agencies promoting learning in remote areas can adopt this demonstration Set to foster awareness of clean technology and sustainable energy practices.

Acknowledgement: The authors would like to express their sincere appreciation to the Advisor for his valuable guidance, technical advice, and continuous support throughout the research on the Peltier Water Cooling System with Solar Energy and IoT Technology. His contributions played a vital role in the successful completion of this study. We acknowledge the use of ChatGPT (OpenAI) for language refinement and Grammarly for grammar checking during the preparation of this manuscript. All outputs generated were carefully reviewed and verified by the authors.

Funding Statement: This research did not receive direct financial support; however, it was supported in kind through resources, technical consultation, and laboratory access generously provided by Chaiyapon Thongchaisuratkrul and relevant institutions.

Author Contributions: Prasongsuk Songsree was responsible for conceptualization, methodology, project administration, system design, experiment setup, and data collection. Chaiyapon Thongchaisuratkrul served as a technical advisor, guiding the experimental process and technical aspects. Both authors contributed to data analysis, manuscript preparation. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Availability of Data and Materials: The datasets generated or analyzed during this study are available from the corresponding authors upon reasonable request and by institutional guidelines.

Ethics Approval: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have influenced the work reported in this paper.

References

1. Singh RP, Patel D, Rajput RS. Solar-powered Peltier refrigeration system: design, applications, and limitations. International [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: https://www.academia.edu/103798194/Solar_Powered_Peltier_Refrigeration_System_Design_Applications_and_Limitations.
2. Gunasekar N, Abishek H, Bharath NS, Gokul G. (2025). The Internet of Things enabled an automatic battery cooling system using the Peltier effect. Warrendale, PA, USA: SAE Technical Paper; 2025. Report No.: 2025-01-5004. doi:10.4271/2025-01-5004.
3. Arjun KG, Pruthviraj BG, Rashmi P. Design and implementation of based solar-powered portable refrigeration unit. Paper Presented at: The IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research; 2017 May 19–20; Bangalore, India.
4. Maxim Integrated. DS18B20 programmable resolution 1-wire digital thermometer [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS18B20.pdf.
5. Thai Physics Society. Study of the material scope of thermoelectrics [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: http://www.thaiphysoc.org/article/313/.
6. Becquerel AE. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires, Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: https://scispace.com/papers/memoire-sur-les-effets-electriques-produits-sous-l-influence-ixfuhld9o5. (In French).
7. Ashton K. That 'Internet of Things' thing. RFID Journal [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881/.
8. Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M. Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. Future Gener Comput Syst. 2013;29(7):1645–60. doi:10.1016/j.future.2013.01.010.
9. Çengel YA, Boles MA. Thermodynamics: an engineering approach. 8th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education; 2015.
10. Blynk Inc. Blynk documentation [Internet]. [cited 2025 Aug 1]. Available from: https://docs.blynk.io.
11. Uzair M, Al-Kafrawi S, Al-Janadi K, Al-Bulushi I. A low-cost, real-time rooftop IoT-based photovoltaic (PV) system for energy management and home automation. Energ Eng. 2022;119(1):83–101. doi:10.32604/ee.2022.016411.
12. Kumar V, Arun A, Kaarthik A, Dharan G. Solar air cooler with peltier device using IoT. Int Res J Mod Eng Technol Sci. 2024;6(10):4231–4.
13. BimaJaya A, Permana AD, Devitra H. Solar panel efficiency enhancement through water cooling with IoT integration. J Power Energy Control. 2025;2(1):67–80. doi:10.62777/pec.v2i1.53.
14. Wang J, Lu L, Jiao K. Solar- and/or radiative cooling-driven thermoelectric generators: a critical review. Energ Eng. 2024;121(10):2681–718. doi:10.32604/ee.2024.051051.
15. Lavanya L. Design of an intelligent solar cooling system with IoT (Internet of Things) monitoring. In: Paulose K, Dhanalakshmi M, editors. Lecture notes in electrical engineering. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer; 2024. p. 221–30. doi:10.1007/978-981-97-3090-2_21.

เรื่องที่ 2 บทความวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ

Creative Problem-Solving
for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory
The 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2025)
IEEE Proceedings





CERTIFICATE

This certificate is proudly presented to

Prasongsuk Songsree*, Chaiyapon Thongchaisuratkrul

Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

the paper entitled

Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory

The 2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2025)
"Education for All"

30 July – 1 August 2025 at Amari Pattaya Hotel, Chonburi, Thailand

Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr (President of EEAAT)

Assoc. Prof. Dr. Kamronwit Thipmanee (Honorable Chair of iSTEM-Ed 2025)

Assoc. Prof. Dr. Siriwan Srisang (General Chair of iSTEM-Ed 2025)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

CONTENTS (Cont'd)

Paper ID		Page
P06679	Feed to Save: A STEM-Based Educational Board Game for Preventing Noncommunicable Diseases	63
P06681	A Learning Package of Computer Vision in AI Topic using Edge-AI Device for STEM Education	64
P06683	Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory	65
P06684	Creation of Microbial Fuel Cell of fruit battery for STEM education	66
P06686	Enhancing Algorithmic Thinking Through Graph-Theoretic Unplugged Activities	67
P06687	Engineering Students' Experience on Project-Based Learning: A phenomenographic investigation	68
P06689	Implementation of STEAM in Mosaic Creation with the Topic of Congruence and Similarity	69
P06691	Determining Job Profile Indicators and Work Capabilities of Students with Learning Disabilities in Food Service Industry: A Scoping Review	70
P06693	The Development of a Simulation-Based Learning Model Integrated with Digital Media to Enhance Analytical Thinking Skills for Educational Psychology Subject	71
P06694	Factors Influencing Student Acceptance of AR, VR, and XR in Learning	72
P06696	Students' Perspectives on the Intention to Pursue Technology Entrepreneurship: A Case study	73
P06697	Students' Perceptions of the Adoption of Paperless Learning Technology	74
P06698	Autism Related Traits linked to Visuospatial Constructive Skill of STEM versus non-STEM University Students	75
P06700	Creating an Interactive Immersive Virtual Reality Gamelan Experience for Future Ethno-STREAM in Digital Islamic Studies	76
P06702	The Effects of Integrating Think-Pair-Share Technique and Immediate Assessment Technology on Engagement and Academic Achievement in Fundamental Mathematics among Higher Education Students	77
P06703	The Mediating Effects of Autonomy, Competence, Relatedness, and Beneficence on Perceived Meaningfulness in K-12 Social Innovation Projects: An Ex Post Facto Study	78
P06704	Organizing Collaborative Learning in STEM Education to Develop Students' 21st-Century Skills	79

The 10th International STEM Education Conference 2025 (iSTEM-Ed 2025)

P06683

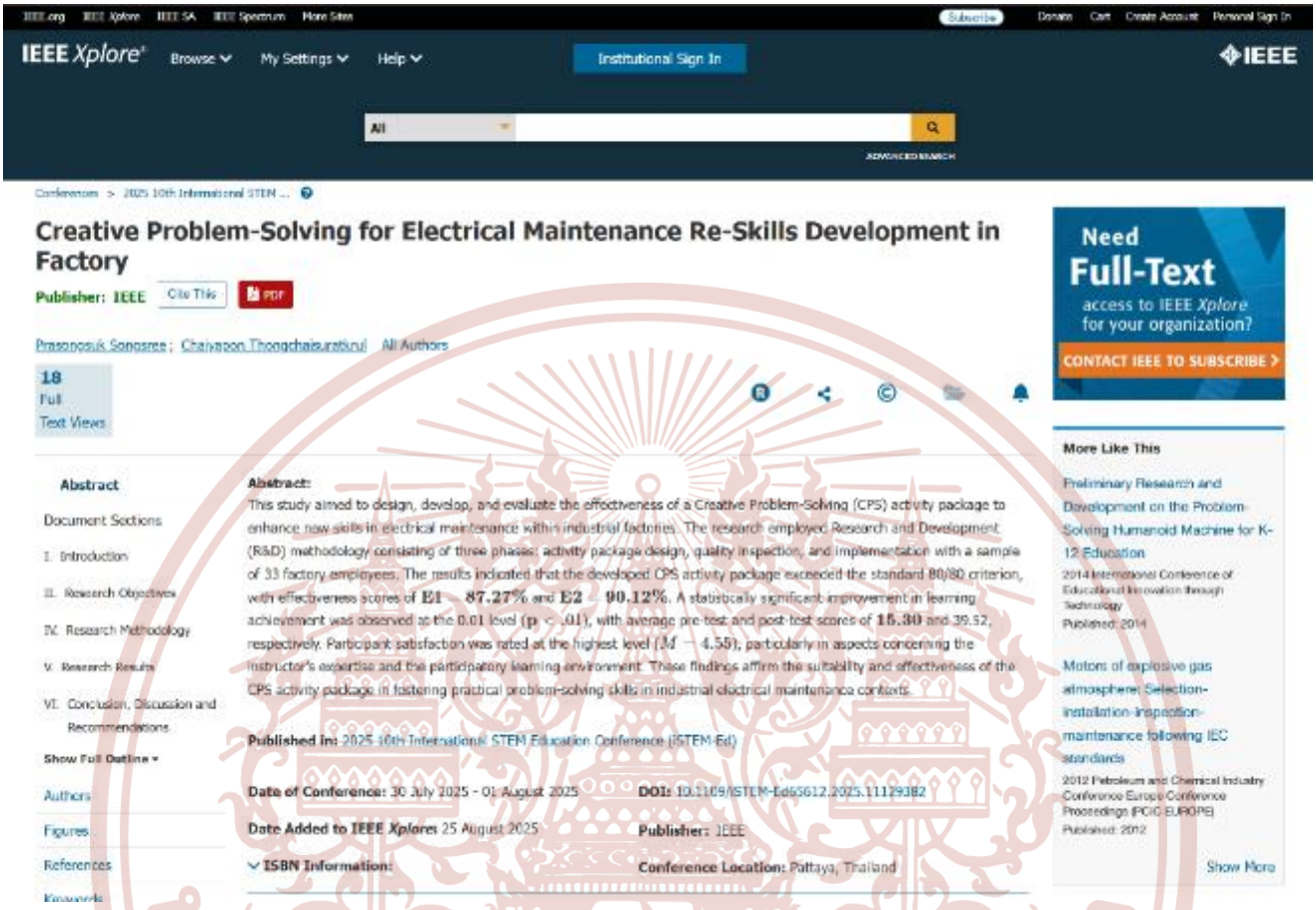
Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory

Prasongsuk Songsree*, Chaiyapon Thongchaisuratkrul

Faculty of Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok,
Bangkok, Thailand
Email: Jojoepum@gmail.com*, srptc@hotmail.com

Abstract-This study aimed to design, develop, and evaluate the effectiveness of a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance new skills in electrical maintenance within industrial factories. The research employed Research and Development (R&D) methodology consisting of three phases: activity package design, quality inspection, and implementation with a sample of 33 factory employees. The results indicated that the developed CPS activity package exceeded the standard 80/80 criterion, with effectiveness scores of E1 = 87.27% and E2 = 90.12%. A statistically significant improvement in learning achievement was observed at the 0.01 level ($p < .01$), with average pre-test and post-test scores of 15.30 and 39.52, respectively. Participant satisfaction was rated at the highest level ($M = 4.55$), particularly in aspects concerning the instructor's expertise and the participatory learning environment. These findings affirm the suitability and effectiveness of the CPS activity package in fostering practical problem-solving skills in industrial electrical maintenance contexts.

Keywords: Activity Package, Creative Problem Solving, Industrial Maintenance Technicians



IEEE Xplore Browse My Settings Help Institutional Sign In IEEE

All

Conferences > 2025 10th International STEM ...

Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory

Publisher: IEEE Cite This PDF

Prasongsuk Songsree ; Chaiwoon Thongchaiyaphum All Authors

18 Full Text Views

Abstract

Document Sections

I. Introduction

II. Research Objectives

IV. Research Methodology

V. Research Results

VI. Conclusion, Discussion and Recommendations

Show Full Outline

Authors

Figures

References

Keywords

Abstract:
This study aimed to design, develop, and evaluate the effectiveness of a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance new skills in electrical maintenance within industrial factories. The research employed Research and Development (R&D) methodology consisting of three phases: activity package design, quality inspection, and implementation with a sample of 33 factory employees. The results indicated that the developed CPS activity package exceeded the standard 80/80 criterion, with effectiveness scores of $E1 = 87.27\%$ and $E2 = 90.12\%$. A statistically significant improvement in learning achievement was observed at the 0.01 level ($p < .01$), with average pre-test and post-test scores of 15.30 and 39.52, respectively. Participant satisfaction was rated at the highest level ($M = 4.55$), particularly in aspects concerning the instructor's expertise and the participatory learning environment. These findings affirm the suitability and effectiveness of the CPS activity package in fostering practical problem-solving skills in industrial electrical maintenance contexts.

Published in: 2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)

Date of Conference: 30 July 2025 - 01 August 2025 **DOI:** 10.1109/iSTEM-Ed65612.2025.11129382

Date Added to IEEE Xplore: 25 August 2025 **Publisher:** IEEE

ISBN Information: **Conference Location:** Pattaya, Thailand

Need Full-Text access to IEEE Xplore for your organization?

CONTACT IEEE TO SUBSCRIBE

More Like This

Preliminary Research and Development on the Problem-Solving Humanoid Machine for K-12 Education
2014 International Conference of Educational Innovation through Technology
Published: 2014

Motors of explosive gas atmosphere: Selection-installation-inspection-maintenance following IEC standards
2012 Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings (PCIC EUROPE)
Published: 2012

Show More

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory

1st Prasongsuk Songsree *
Faculty of Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
*Corresponding author: Jojoepum@gmail.com

2nd Chaiyapon Thongchaisuratkrul
Faculty of Technical Education
King Mongkut's University ofTechnology NorthBangkok,
Bangkok, Thailand
srptc@hotmail.com

2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed) | 979-8-3315-4276-4/25/$31.00 ©2025 IEEE | DOI: 10.1109/iSTEM-Ed65612.2025.11129382

Abstract —This study aimed to design, develop, and evaluate the effectiveness of a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance new skills in electrical maintenance within industrial factories. The research employed Research and Development (R&D) methodology consisting of three phases: activity package design, quality inspection, and implementation with a sample of 33 factory employees. The results indicated that the developed CPS activity package exceeded the standard 80/80 criterion, with effectiveness scores of E1 = 87.27% and E2 = 90.12%. A statistically significant improvement in learning achievement was observed at the 0.01 level (p < .01), with average pre-test and post-test scores of 15.30 and 39.52, respectively. Participant satisfaction was rated at the highest level (M = 4.55), particularly in aspects concerning the instructor's expertise and the participatory learning environment. These findings affirm the suitability and effectiveness of the CPS activity package in fostering practical problem-solving skills in industrial electrical maintenance contexts.

Keywords—Activity Package, Creative Problem Solving, Industrial Maintenance Technicians

I INTRODUCTION

In an era of rapid industrial transformation driven by technological advancement and automation, electrical maintenance in factories has evolved beyond a purely technical task. It now demands analytical thinking, real-time problem-solving, and adaptability to complex and dynamic situations [1]. In modern industrial contexts, production interruptions caused by technical malfunctions—particularly those related to electrical systems—can significantly disrupt productivity and operational continuity.

Several studies have highlighted that many electrical maintenance technicians still lack essential problem-solving skills. Observations from real work environments reveal that reliance on traditional methods and a lack of creative thinking are key factors affecting their ability to address problems effectively [2], [3]. Although technicians may perform their tasks in accordance with standard procedures, they often face challenges in applying existing knowledge and skills to novel or unfamiliar issues.

To address this gap, it is essential to enhance the capabilities of personnel especially electrical maintenance technicians through training programs that align with actual job demands. Such training should foster relevant new skills systematically. This approach aligns with Thailand's national strategy for human resource development in the industrial sector, as emphasized in the 13th National Economic and Social Development Plan (2023–2027) [4].

Preliminary studies suggest that the Creative Problem Solving (CPS) process offers a promising approach to building both creative and critical thinking skills. CPS enables learners to navigate unfamiliar and complex problems effectively, making it suitable for developing competencies in unpredictable technical tasks such as electrical maintenance. This perspective is supported by Kongnakoo [5] and NSES [6], who emphasized that hands-on learning and self-constructed knowledge contribute to deeper understanding and higher performance. Additional studies confirm that such experiential training approaches improve work efficiency and task readiness [7], [8].

Therefore, the researcher aims to design, develop, and evaluate the effectiveness of a CPS-based activity package to enhance new skills in electrical maintenance that align with real-world job characteristics and the needs of the industrial sector.

II RESEARCH OBJECTIVES

2.1 To design and develop a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance new skills in electrical maintenance in factories, in accordance with the needs and nature of maintenance work in the industrial sector.

2.2 To evaluate the effectiveness of the Creative Problem-Solving (CPS) activity package in electrical maintenance for industrial factories.

2.3 To assess the satisfaction with the Creative Problem-Solving (CPS) activity package in enhancing new skills in electrical maintenance for factories.

III REVIEW LITERATURE

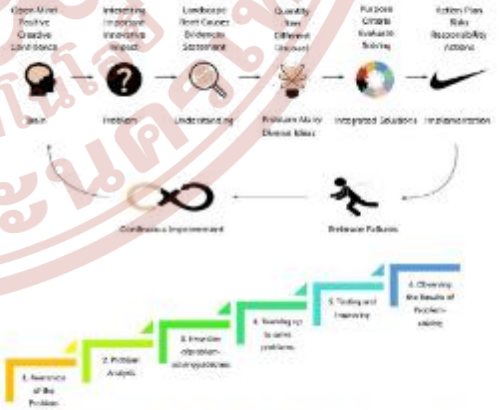


Figure 1. Steps of the Creative Problem-Solving (CPS) Process and the Learning Management Process Based on Creative Problem Solving

* Corresponding Author

979-8-3315-4276-4/25/$31.00 ©2025 IEEE

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on August 02,2026 at 12:45:07 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

The Creative Problem-Solving (CPS) process is an approach that promotes the development of systematic thinking skills among learners. It consists of six key stages that guide individuals through a structured path of ideation, analysis, and execution, as illustrated in Fig. 1:

Brain – Begins with an open mind, positive thinking, and building self-confidence to prepare a constructive attitude for problem-solving.

Problem Identifies interesting and significant problems by recognizing their connection to real impacts and underlying values.

Understanding the Problem Analyzes the root causes in depth by considering data, facts, and relevant evidence.

Many Diverse Ideas Encourages open brainstorming to generate a variety of new, different, and creative ideas.

Integrated Solutions Selects the most appropriate solution based on clearly defined criteria that align with the objectives.

Implementation Plans, carries out, and evaluates actions in a concrete and measurable way.

IV. RESEARCH METHODOLOGY

This study is classified as research and development (R&D). The research process is divided into three phases:

A. Phase 1: Designing and Developing the CPS Activity Package

The researcher studied information from related documents and previous research. In addition, the researcher conducted a survey and analyzed problems related to electrical maintenance work in a packaging factory by interviewing relevant personnel namely, technicians, engineers, and production managers to gather data on the problems encountered, their causes, and current problem-solving approaches.

Experts were also interviewed to aid in designing the structure of the activity package based on the CPS process, which consists of six steps opening to the problem, identifying the problem, understanding the problem, generating diverse ideas, selecting integrated solutions, and implementing the solution. The researcher then developed the content and accompanying materials, such as manuals, lesson plans, and simulation programs.

B. Phase 2: Quality Inspection of the Activity Package

The developed Creative Problem-Solving (CPS) activity package was evaluated for quality by three experts: a training expert, an electrical engineering expert, and a content expert. The data analysis was divided into four main parts.

1. Analysis of the Quality of the Activity Package The researcher invited experts to evaluate the appropriateness of the content, the clarity of the activities, and the alignment with the learning process using a 5-point Likert scale. The average scores were then calculated to assess the suitability in each aspect [3], [4].

2. Analysis of the Congruence Between the Test Items and Behavioral Objectives To confirm content validity, expert judgments were gathered using a rating system of +1, 0, and −1. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) was then computed for each item to evaluate alignment with behavioral objectives [8].

3. Analysis of the Effectiveness of the Activity Package The effectiveness was assessed by comparing the average learning scores during instruction (E1) and after instruction (E2) against the 80/80 standard criterion commonly used in training evaluation studies [4].

4. Analysis of Learning Achievement The researcher analyzed the statistical differences between pre-test and post-test scores using a paired-sample t-test to determine whether learning through the activity package had a measurable effect on improving learning achievement [9]. Based on the analysis and expert feedback, the researcher revised and refined the CPS activity package to enhance its accuracy, instructional clarity, and overall effectiveness.

C. Phase 3: Implementation and Evaluation

The researcher implemented the activity package with sample group of 33 employees from an industrial factory. The activities were conducted in accordance with the CPS process. The effectiveness of the activity package was evaluated using the 80/80 criterion, measuring the learning progress during and after the intervention. Learning achievement data were collected through pre-test and post-test assessments and analyzed using a t-test to determine whether there was a statistically significant difference at the 0.01 level of confidence.

V. RESEARCH RESULTS

This research aimed to (1) design and develop a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance new skills in electrical maintenance for industrial factories, (2) study the effectiveness of the developed activity package, and (3) evaluate the satisfaction toward the use of the CPS activity package in enhancing new skills in electrical maintenance for factories. The research findings can be summarized as follows

5.1 Results of the Activity Package Design Based on the Creative Problem-Solving (CPS) Process The activity package was designed based on the Creative Problem-Solving (CPS) process, which consists of six steps. problem awareness, problem analysis, solution development, collaborative planning, experimentation and refinement, and evaluation of the solution.

The activity package includes content related to the principles of electrical systems in factories, maintenance, the use of modern technologies, and safety. Supporting materials were also developed, including manuals, learning management plans, presentation media, and practical exercises.

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on August 02,2026 at 12:45:07 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

Example Activity

Analyzing and Resolving Electrical Motor Malfunctions in Production

Learning Topic: Analyzing and resolving electrical motor malfunctions

Objectives: Analyzing electrical motor problems

- Developing creative solutions for problem-solvolving
- Performing diagnostic testing using tools and equipmetic ement related to motors' operation and safety

Main Content: Types and mechanisms of exotroca

1. Control systems and motor operation
3. Power supply issues (e.g., power outages, low voltage, circuit breaker trip
4. Diagnostic tools and equipment usage (e.g. Digital Multimeter, Thermal Scanner)
5. Safety measures ad procedures for troubleshooting

TABLE 1 SAMPLE ACTIVITY PACKAGE BASED ON THE CREATIVE PROBLEM-SOLVING (CPS) PROCESS

Examples of Activities by CPS Stage

CPS Stage	Example Activity
Brain Open Mind)	Simulate an opening exercise to develop a positive attitude toward work situations. Encourage pero's brainstorm questions such as an issue that sparks curiosity (e.g. an issue to hem).
Problem Clarify Problem)	Foster learners' critical thinking skills by conducting root cause analysis exercise. Teach how to clarify a maintenance problem.
Understanding roblem (Dig Deeper)	Create a cause-and-effect chart (e.g. Fishbone Diagram) for the chosen problem—power, lighting, motor, and method.
Many Diverse Ideas Senerate Ideas)	Students to generate at least five different possible solutions using a brainstorming session.
Integrated Solutions Combine & Evaluate)	Conduct a cooperative group discuss on with intent of combining and evaluate alternative solution, select an optimal solution.
Implementation Test Solution)	Support learners in planning, executing, and evaluating actions to implement the best solution effectively.

5.2 Effectiveness of the Creative Problem-Solving (CPS) Activity Package for Electrical Maintenance in Industrial Factories

The researcher designed and developed a Creative Problem-Solving (CPS) activity package to enhance skills in electrical maintenance within industrial factories. Supporting materials and tools were created to ensure completeness and appropriateness for use in hands-on learning processes. These included four main components: (1) Manual, (2) Learning Management Plan, (3) Presentation Media, and (4) Practical Activity Kit. Each component was designed to align with the principles of the CPS process to support both theoretical learning and practical training.

The Manual is a primary document that clearly explains the basic concepts of the CPS process, specifying activity procedures, learning management methods, and systematic evaluation guidelines, such as analytical thinking assessment, rubric-based scoring, and reflection logs. The manual was designed to be a support tool for both instructors and learners.

The Learning Management Plan is a structure of activities covering all steps of the CPS process, from understanding the problem, generating ideas, planning and implementation, to evaluating each learning unit. The plan clearly specifies objectives, activity details, timeframes, and expected outcomes. For example, the learning unit "Analysis of Faults in Motor Control Circuits" requires learners to analyze real situations, practice reading circuit diagrams, and use measuring tools for problem diagnosis.

The Presentation Media in PowerPoint format was developed to help learners understand theoretical content related to electrical systems in the industrial sector more easily, such as basic electrical principles, circuit analysis, and preventive maintenance techniques. The content was designed in infographic and diagram formats to ensure effective learning.

The Practical Activity Kit, which is a key part of skill training, includes worksheets, exercises, electrical measuring tools (such as multimeters), and simulated models of electrical circuits in actual factories. Learners practice through hypothetical scenarios, checking equipment, measuring voltage, and analyzing circuit faults to find reasonable solutions.



Figure 2 Creative problem-solving (CPS) activity package



Figure 3. The implementation and effectiveness evaluation process of the creative problem-solving (CPS) activity package for enhancing new skills in electrical maintenance in factories.

I.5.3 Results of the Effectiveness Evaluation of the Creative Problem-Solving (CPS) Activity Package for Electrical Maintenance in Industrial Factories

The developed Creative Problem-Solving (CPS) activity package was evaluated for effectiveness. The data analysis was conducted in four key aspects as follows:

5.3.1 Analysis of the Overall Quality of the Activity Package

Experts assessed the appropriateness of the content, the clarity of the activities, and the alignment with the CPS learning process using a 5-point Likert scale questionnaire. The evaluation results revealed that the overall quality of the activity package was at the highest level, with an average score of 4.63 and a standard deviation of 0.25. These results indicate that the CPS activity package is highly suitable for application in real-life industrial maintenance training contexts.

5.3.2 Analysis of the Congruence Between Test Items and Behavioral Objectives

The alignment between test items and learning objectives was assessed by three experts using a rating system of +1, 0, and −1. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) for all 50

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on August 02,2026 at 12:45:07 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

test items ranged from 0.80 to 1.00, indicating a very high level of content validity.

5.3.3 Analysis of the Effectiveness of the Activity Package The effectiveness of the activity package was calculated based on the average scores obtained during the learning process (E1) and after the learning process (E2) from the sample group. The results showed effectiveness scores of E1 = 87.27% and E2 = 90.12%, both of which exceeded the standard criterion of 80/80. This finding demonstrates that the CPS activity package is effective in promoting learning and achieving the intended instructional objectives.

TABLE II. SUMMARY OF THE EFFECTIVENESS OF THE CPS ACTIVITY PACKAGE

	Summary of the Effectiveness of the CPS Activity Package		
	Average Score (%)	*Standard Criterion (%)*	*Evaluation Result*
Effectiveness of the activity package based on pre-training scores (E1)	85.33	≥ 80	Meets the criterion
Effectiveness of the activity package based on post-training scores (E2)	90.12	≥ 80	Meets the criterion
Summary of effectiveness	85.33/ 90.12	80 / 80	Higher than the standard level

[a] Sample of a Table footnote. (*Table footnote*)

TABLE III. RESULTS OF THE EFFECTIVENESS OF CREATIVE PROBLEM-SOLVING (CPS) FOR ENHANCING NEW SKILLS IN ELECTRICAL MAINTENANCE IN FACTORIES

Score Type	Mean (*X*)	Standard Deviation (S.D.)	t	Interpretation
Pre-test Score	15.30	2.93	34.49	
Post-test Score	39.52	3.69		Statistically significant difference ($p < .05$)

5.4 Satisfaction Results Toward the CPS Activity Package for Electrical Maintenance

The results of the satisfaction evaluation regarding the Creative Problem-Solving (CPS) activity package for enhancing new skills in electrical maintenance in factories revealed a high level of overall satisfaction. The participants reported an average satisfaction score of 4.55 with a standard deviation of 0.52, which is interpreted as the "highest" level of satisfaction.

In detail, participants expressed the highest satisfaction with the knowledge and communication skills of the instructor (Mean = 4.70, S.D. = 0.47). This was followed by the completeness and relevance of the electrical maintenance content to real work situations (Mean = 4.60, S.D. = 0.52), and the learning atmosphere that encouraged participation and idea exchange (Mean = 4.62, S.D. = 0.50).

Moreover, the CPS learning process was found to stimulate creative thinking and enhance problem-solving skills (Mean = 4.58, S.D. = 0.49). Participants also reported that the training helped them gain a deeper understanding of real maintenance problems (Mean = 4.55, S.D. = 0.51). The sequence of activities was perceived as highly consistent with actual maintenance scenarios in factories (Mean = 4.52, S.D. = 0.55), and hands-on practices were considered useful for real-world application (Mean = 4.50, S.D. = 0.53).

Regarding assessment methods and in-training activities, participants rated their effectiveness in measuring understanding at a high level (Mean = 4.46, S.D. = 0.58). The CPS activity package itself was also perceived as contributing to the development of essential new skills in electrical maintenance (Mean = 4.48, S.D. = 0.56). Finally, the appropriateness of the materials, media, and technologies used to support learning received a satisfaction score at the highest level (Mean = 4.55, S.D. = 0.54).

VI. Conclusion, Discussion and Recommendations

6.1 Conclusion

The research on the Creative Problem-Solving (CPS) activity package for electrical maintenance in factories revealed that the developed CPS activity package was rated by experts at a *very good* level in terms of content, structure, and relevance to real work. The average expert evaluation scores ranged from 4.38 to 4.61, with an Index of Item-Objective Congruence (IOC) of 0.90.

The activity package was implemented with 33 purposively selected participants working in a large packaging factory in Samut Prakan province. The results showed a statistically significant improvement in learning achievement at the .01 level, with pre-test and post-test mean scores of 15.30 and 39.52, respectively. Effectiveness scores were E1 = 87.27% and E2 = 90.12%, exceeding the standard criterion of 80/80.

The overall satisfaction with the activity package was rated at the *highest* level (Mean = 4.55, S.D. = 0.52). The highest-rated aspects were the instructor's clarity and expertise (Mean = 4.70), the engaging learning atmosphere (Mean = 4.62), and the completeness and relevance of the content (Mean = 4.60). Meanwhile, test effectiveness (Mean = 4.46) and skill enhancement (Mean = 4.48) were rated slightly lower but still at a high level.

6.2 Discussion of Results

Electrical maintenance in factories is critical to operational safety, production efficiency, and cost management. Complex maintenance issues that arise in industrial contexts often require problem-solving methods beyond routine procedures, thereby supporting the application of Creative Problem-Solving (CPS).

CPS emphasizes idea generation, perspective-shifting, and the pursuit of effective solutions [2]. In electrical maintenance contexts, CPS can be used in various areas, including root cause analysis, preventive strategy design, and even in the integration of technologies such as IoT for real-time equipment condition monitoring.

Moreover, integrating CPS with Lean Maintenance principles—which aim to reduce waste and improve efficiency—can enhance the value of industrial operations [9].

Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on August 02,2026 at 12:45:07 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

Equipping technicians with CPS capabilities prepares them to solve problems quickly, safely, and creatively in increasingly complex technological environments. As such, CPS methodologies are ideal for *Reskill* and *Upskill* training programs targeting industrial maintenance personnel [1].

The quality assessment results of the CPS activity package align with the findings of Saengsanga [7], whose study on a pneumatic and hydraulic control systems training kit revealed high levels of expert agreement on quality—especially in design, material use, and instructional structure.

In addition, the CPS activity kit was designed to be learner-friendly by including clearly structured electrical circuit diagrams, a comprehensive manual, and illustrated guides. These materials supported learners throughout the hands-on training process. This approach is consistent with Wongkhiat et al. [10], whose PLC touchscreen training kit helped learners gain practical skills safely through direct interaction, enhancing learning retention and transferability.

6.3 Recommendations

6.3.1 When applying the CPS activity package for personnel training, the content and examples should be tailored to the specific characteristics of each industry and the types of machinery used. This alignment helps learners transfer knowledge to their real working environments.

6.3.2 Training materials and practice equipment should be adequately prepared and proportional to the number of participants to ensure full participation in hands-on activities. This includes simulation software and scenario-based practice kits, which are vital for developing problem-solving skills.

6.3.3 Multiple evaluation tools should be used to gather comprehensive insights into training effectiveness. In addition to academic assessments, it is recommended to evaluate analytical thinking, teamwork, problem-solving skills, and learner satisfaction.

6.4 Recommendations for Future Research

6.4.1 Future studies should explore the long-term impact of the CPS activity package on employee performance and sustained outcomes in electrical maintenance operations.

6.4.2 Comparative studies should be conducted between the CPS activity package and conventional training approaches to highlight the advantages and added value of CPS-based training.

6.4.3 Research should also investigate factors influencing the effectiveness of the CPS activity package, such as learner characteristics, instructional methods, and workplace environments. These insights can help improve and refine the CPS package for wider and more impactful application.

VII. Research Limitations

This study was conducted with participants from only one industrial factory, which may limit the generalizability of the results to other industrial sectors or diverse working environments. The context-specific nature of the training and evaluation may not fully represent broader applications in varied settings.

Furthermore, the study focused on short-term learning outcomes without assessing long-term knowledge retention or actual on-the-job performance. This limits the understanding of the sustained impact of the CPS activity package over time.

Additionally, due to time constraints, the implementation was conducted through a single training cycle. This limited duration may not have captured fluctuations in learner engagement, variation in learning progression, or adaptability of the activity package across multiple cohorts or training rounds.

REFERENCES

[1] Autotrainingbench.com, *Maintenance electrician skills training basic*, 2023. [Online]. Available: https://www.autotrainingbench.com/info/maintenance-electrician-skills-training-basic-76990683.html

[2] M. Basadur, "Leading others to think innovatively together: Creative leadership," *The Leadership Quarterly*, vol. 15, no. 1, pp. 103–121, 2004.

[3] D. Suwannachot, *Curriculum Development Research*, Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2006.

[4] B. Doktaisong, *Curriculum Research and Development* [in Thai], Bangkok: Chulalongkorn University Printing House, 2011.

[5] P. Songsri and C. Thongchaisuratchakul, "Assessment of energy usage needs in industrial factories for the development of an energy management model," in *Proc. 16th Conf. Electrical Engineering Network*, Nong Khai, Thailand, May 2024, pp. 371–374.

[6] A. Wannakayont, N. Lonkuntod, T. Sittijantasane, P. Sayantapatum, S. Wongchaipatum, and S. Dumnil, "Development of a training kit for wiring electrical circuits in air conditioners," *Valaya Alongkorn Rajabhat Univ. Graduate J.*, vol. 13, no. 3, pp. 163–178, 2019.

[7] Y. Saengsanga, "Development and effectiveness evaluation of a teaching kit on pneumatic and hydraulic control systems using PLC," Master's thesis, King Mongkut's Univ. of Tech. North Bangkok, Thailand, 2001.

[8] A. J. Nitko, *Educational Assessment of Students*, 3rd ed., Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall, 2001.

[9] Thailandindustry.com, *Lean Maintenance* [in Thai], 2013. [Online]. Available: http://www.thailandindustry.com

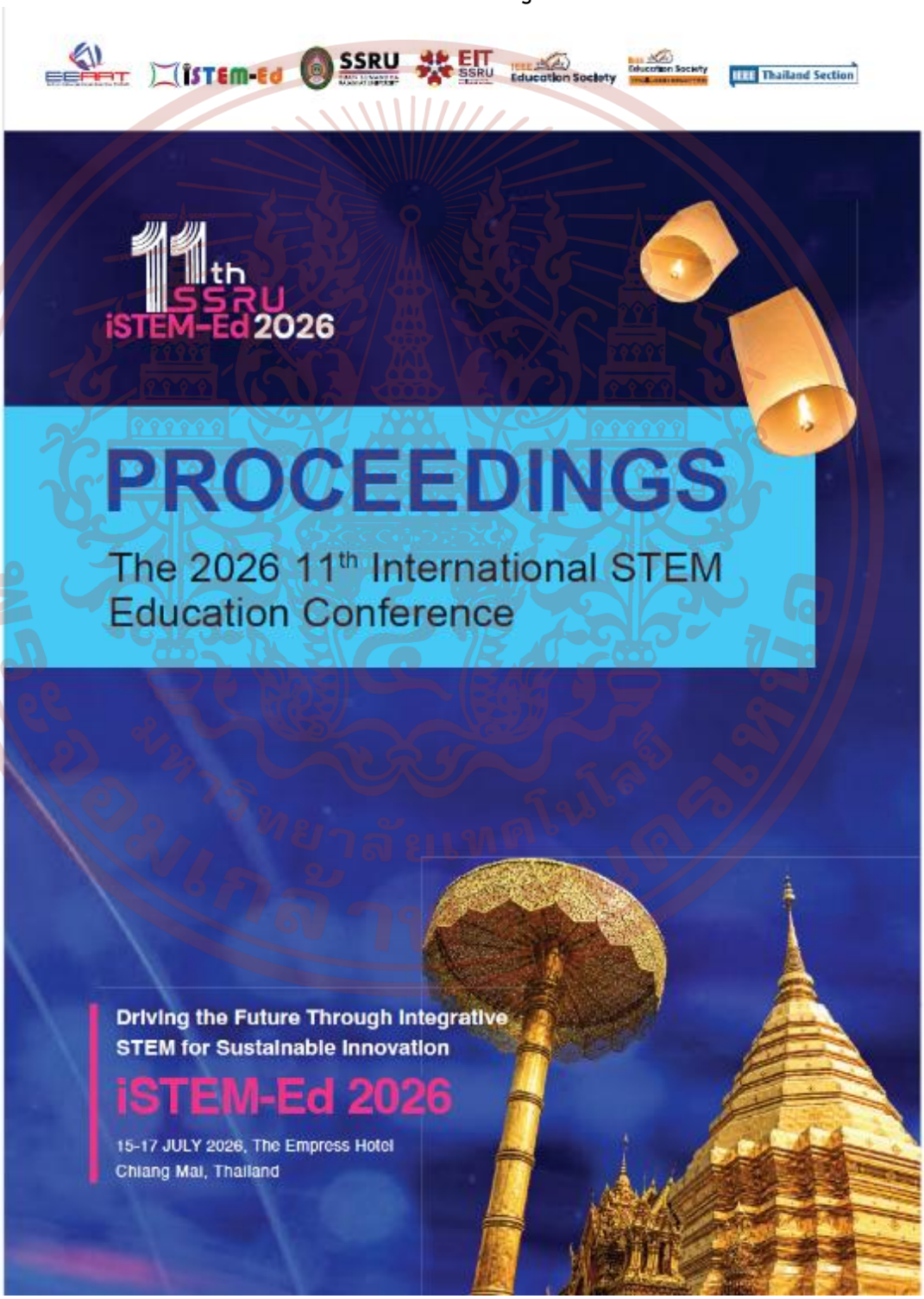
Authorized licensed use limited to: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. Downloaded on August 02,2026 at 12:45:07 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

เรื่องที่ 3 บทความวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการนานาชาติ

Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications

The 11th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2026)

IEEE Proceedings





11th SSRU iSTEM-Ed 2026

CERTIFICATE

This certificate is proudly presented to

Prasongsuk Songsree, Chaiyapon Thongchaisuratkrul

for successfully delivering an oral presentation for the paper entitled

Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications

which was presented at

The 2026 11th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2026)
"Driving the future through STEM for sustainable innovation"
July 15-17, 2026 at the Empress Hotel Chiang Mai, Thailand

Assoc. Prof. Dr. Athikom Roeksabutr	Asst. Prof. Dr. Chonmapat Torasa	Asst. Prof. Dr. Sethakarn Prongnuch
(President of EEAAT)	(Honorable Chair of iSTEM-Ed 2026)	(General Chair of iSTEM-Ed 2026)

Paper Code: P07759

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

Paper ID	Paper Name	Pages
P07752	Application of MIAP Research-Based Learning for Partial Discharge Severity Analysis Training in Power Cable Termination Diagnostics	635-639
P07757	The Development skills in Curriculum Planning and Instructional Design According to the Vocational Curriculum B.E. 2024, Based on Learning Outcomes for Teachers in Colleges Receiving Funding from the Equitable Education Fund	640-644
P07759	Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications	645-650
P07769	Development of a Solar-Powered Irrigation Control Training System for Durian Orchards: Integrating the MIAP Framework to Enhance Critical Thinking Skills	651-655
P07771	A Pilot Study on the Development of a Competency-Based Training Model Using the MIAP Learning Approach for Automation Control with IIOT Technology	656-660
P07798	Development and Validation of STEM-Integrated Programmable Logic Controller Instructional Package for Industrial Automation Education	661-666
P07799	Development of a Competency-Based Training Program for Standard Photometric Testing of Luminaires in a Lighting Laboratory	667-672
P07802	Development of a Hands-on IoT-Based Smart Agriculture Training Curriculum to Enhance Electrical Engineering Students' Technological Skills	673-678
P07813	Bottle Return Machine with an Incentive-Based Recycling System using Arduino and YOLOv11	679-684
P07814	User-Defined AI Learning Companions in STEM Education: Exploring the Psychological Mechanisms Driving Generation Z Continuance Intention	685-690
P07835	An Agent-Based Simulation Framework for Adaptive STEM Learning Analytics in the MANGOs GO Metaverse Platform	691-696
Topic 6: Others Related Topics		**697**
P07616	Multi-Scenario Stability Control Applications of Gyroscopic Stabilizers and Anti-Roll Gyroscopes	698-702
P07617	Continuous Passive Motion (CPM) Systems: From Conventional Rehabilitation Devices to Smart and Robotic Platforms	703-708
P07619	A MiniCNC Vibration Fuzzy Control System Based on Dual-ESP32 Architecture	709-714
P07620	Performance Comparison of Ultrasonic and Laser Sensors in Reactive Dynamic Obstacle Avoidance for ESP32-Based Mobile Robots	715-720
P07624	A Reproducible Open-Loop Serial Communication Baseline for Vision-Based Prosthetic Hand Control	721-726
P07625	SLAM-Based Mapping and Navigation of a Mecanum-Wheeled Mobile Robot in Small Warehouse Environments	727-732
P07626	Mobile Robotic Manipulators: Design Technics, Perception, Motion Planning, and Its Control	733-738
P07627	A ROS2-Based Autonomous Mobile Robot with Modular Vision and LiDAR for Manual-Selected Multi-Mode Navigation	739-744
P07636	Campus-Level IoT Energy Monitoring and Room-Level Automatic Control Based on a Locally Deployed ThingsBoard Platform	745-748
P07637	Self-Adaptive Preprocessing for PCB AOI Images in MATLAB with SVR-Based Parameter Tuning	749-754

e-Proceedings of ISTEM-Ed 2026

Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications

Prasongsuk Songsree*
Faculty of Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Bangkok, Thailand
Jojoepum@gmail.com

Chaiyapon Thongchaisuratkrul
Faculty of Technical Education
King Mongkut's University ofTechnology NorthBangkok,
Bangkok, Thailand
srptc@hotmail.com

Abstract—This study aimed to design, develop, and evaluate the effectiveness of a Creative Problem-Solving (CPS)-based training activity package using an IoT-integrated 3-phase motor control system to enhance technical and problem-solving skills in industrial electrical maintenance. The research employed a Research and Development (R&D) methodology consisting of three phases: training package design, quality validation, and implementation with a sample of 33 industrial employees.

The results indicated that the developed CPS-based training package exceeded the standard 80/80 efficiency criterion, with Effectiveness scores of E1 = 87.27% and E2 = 90.12%. A statistically significant improvement in learning achievement was observed at the 0.1 level ($p < .01$), with mean pre-test and post-test scores of 15.30 and 39.52, respectively. Participants' satisfaction was rated at the highest level (M = 4.55), particularly in aspects related to instructor expertise and participatory learning processes.

These findings confirm the effectiveness of integrating CPS with an IoT-based 3-phase motor control training system in enhancing maintenance competencies and problem-solving capabilities in industrial contexts.

Keywords—Creative Problem-Solving (CPS), IoT-Integrated Training, 3-Phase Motor Control

I. Introduction

In the era of Industry 4.0, industrial systems increasingly integrate automation, Internet of Things (IoT) technologies, and intelligent monitoring systems to improve operational efficiency, reliability, and sustainable manufacturing processes [1], [2]. Three-phase motor control systems remain fundamental components in industrial production lines because they are widely used in manufacturing equipment, conveyor systems, and automated machinery. Consequently, maintenance personnel are expected not only to possess technical competencies but also to demonstrate analytical thinking, troubleshooting capability, and adaptive problem-solving skills in complex industrial environments [2], [5].

Despite rapid technological advancement, many industrial maintenance training programs still rely on traditional instructional approaches that focus mainly on procedural practice and theoretical explanation. These approaches often lack real-time monitoring systems, portability, interactive learning environments, and integration with Industry 4.0 technologies [6]. As a result, trainees may acquire operational knowledge without sufficiently developing higher-order thinking skills or the ability to solve authentic industrial maintenance problems.

To address these limitations, this study developed an IoT-integrated Electrical Motor 3 - Phase Control Training Set (Moving Unit) designed as a portable industrial training system. The system integrates ESP32 microcontroller technology with the Blynk IoT platform for real-time monitoring, remote operation, and electrical system analysis. The training set enables trainees to practice industrial electrical maintenance through realistic simulations, including circuit configuration, motor troubleshooting, electrical parameter monitoring, and fault diagnosis.

The IoT architecture consists of an ESP3 2 microcontroller, relay-based motor control units, voltage and current monitoring modules, and a cloud-based Blynk dashboard that supports real-time monitoring through mobile devices. This architecture allows trainees to observe operational parameters, monitor abnormal system behavior, and perform remote diagnostic activities within a simulated industrial environment.

In addition to technological integration, this study employed the Creative Problem-Solving (CPS) framework as the core instructional approach. CPS is a structured thinking process emphasizing problem identification, problem understanding, idea generation, solution selection, and implementation [2]. The CPS approach has been widely recognized for enhancing analytical thinking, creativity, collaborative learning, and problem-solving capability in technical education and industrial training contexts.

By integrating CPS with IoT-based industrial training systems, this study aims to enhance both technical competencies and cognitive problem-solving skills among industrial maintenance personnel. The findings are expected to contribute to the development of modern industrial workforce training models aligned with Industry 4 . 0 requirements and smart manufacturing systems.

II. Research Objectives

2.1 To design and develop a Creative Problem-Solving (CPS)-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) to enhance technical and problem-solving skills in electrical maintenance in industrial factories.

2.2 To evaluate the effectiveness of the CPS-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) in improving electrical maintenance competencies and IoT application in industrial settings.

*Corresponding author

2.3 To assess participants' satisfaction with the CPS-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) in enhancing electrical maintenance skills.

III. Review Literature

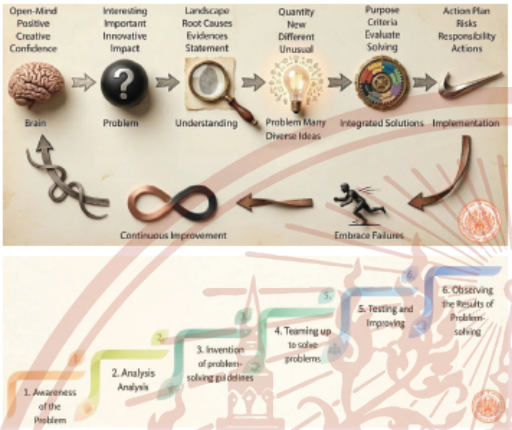


Fig. 1. Creative Problem-Solving (CPS) process and learning management framework.

Creative Problem-Solving (CPS) is an instructional approach designed to enhance systematic thinking, creativity, analytical reasoning, and collaborative problem-solving abilities [2]. CPS has been widely applied in technical education and industrial training because it supports learners in addressing complex and ill-structured problems through structured thinking processes.

The CPS process applied in this study consists of six major stages: (1) Brain/Open Mind, (2) Problem Identification, (3) Understanding the Problem, (4) Many Diverse Ideas, (5) Integrated Solutions, and (6) Implementation. These stages encourage learners to analyze industrial problems systematically and develop practical solutions through hands-on activities.

Previous studies have demonstrated that CPS-based instructional approaches can significantly improve learning achievement, technical competencies, and learner engagement in engineering and vocational education [7], [10]. Furthermore, IoT-integrated training systems have become increasingly important in Industry 4.0 learning environments because they allow learners to interact with real-time industrial data, monitoring systems, and smart control technologies [1].

In industrial maintenance contexts, IoT technologies support predictive maintenance, remote monitoring, equipment diagnostics, and operational efficiency improvement. Therefore, integrating CPS with IoT-based training systems may improve both technical performance and higher-order problem-solving skills among maintenance personnel.

The conceptual framework of this study integrates CPS learning processes with IoT-supported industrial maintenance training to promote analytical thinking, troubleshooting capability, and practical electrical maintenance competencies.

IV. Research Methodology

This study is classified as research and development (R&D). The research process is divided into three phases:

The research employed a one-group pre-test/post-test experimental design to evaluate learning achievement after participation in the CPS-based training activities. Although this design allows preliminary evaluation of learning improvement, causal interpretation should be made cautiously because the study did not include a control group.

A. Phase 1: Design and Development of the CPS-Based Training Program

In this phase, the researcher conducted a comprehensive review of related literature and previous studies on Creative Problem-Solving (CPS), electrical maintenance training, three-phase motor control systems, and IoT applications in industrial contexts.

A needs assessment was also performed through field surveys and in-depth interviews with relevant personnel, including maintenance technicians, electrical engineers, and production managers in an industrial factory. The purpose was to identify existing problems, their causes, and current problem-solving approaches in electrical maintenance tasks.

Based on the collected data, the researcher designed a CPS-based training program integrating an IoT-integrated 3-phase motor control system (Moving Unit) as a hands-on training tool. The training activities were structured according to the CPS process, consisting of six steps: (1) opening to the problem, (2) problem identification, (3) problem understanding, (4) idea generation, (5) solution selection, and (6) implementation.

The researcher then developed instructional materials, including manuals, lesson plans, activity sheets, and simulation modules using IoT platforms for real-time monitoring and control.

B. Phase 2: Quality Evaluation of the CPS-Based Training Program

The developed training program was evaluated by three experts: a training specialist, an electrical engineering expert, and a content expert. The evaluation consisted of four components:

1. Quality Assessment of the Training Program: Experts evaluated content appropriateness, clarity of activities, and alignment with CPS using a 5-point Likert scale. Mean and standard deviation were calculated. [3], [4].

2. Content Validity (IOC): The Index of Item-Objective Congruence (IOC) was used to assess alignment between test items and objectives, using scores of +1, 0, and –1. [8].

3. Effectiveness (E1/E2): The training efficiency during (E1) and after (E2) training was compared with the 80/80 standard criterion. [4].

4. Learning Achievement: A paired-sample t-test was used to compare pre-test and post-test scores. [9].

C. Phase 3: Implementation and Evaluation

The CPS-based training program was implemented with a sample group of 33 industrial employees. The sample consisted of 33 industrial employees working in a large manufacturing factory in Samut Prakan Province.

Participants were selected using purposive sampling based on their involvement in industrial electrical maintenance operations.

The training followed the CPS process and involved hands-on activities using the IoT-integrated system.

Effectiveness was evaluated using the 80/80 criterion. Learning achievement was measured using pre-test and post-test and analyzed with a paired-sample t-test at a 0.01 significance level.

Participants' satisfaction was also assessed using a 5-point Likert scale and analyzed using mean and standard deviation.

V. RESEARCH RESULTS

This research aimed to (1) To design and develop a Creative Problem-Solving (CPS)-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) to enhance technical and problem-solving skills in electrical maintenance in industrial factories., (2) To evaluate the effectiveness of the CPS-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) in improving electrical maintenance competencies and IoT application in industrial settings., and (3) To assess participants' satisfaction with the CPS-based training activity package using the Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system (Moving Unit) in enhancing electrical maintenance skills. The research findings can be summarized as follows

5.1 Results of the Activity Package Design Based on the Creative Problem-Solving (CPS) Process The activity package was designed based on the Creative Problem-Solving (CPS) process, which consists of six steps. problem awareness, problem analysis, solution development, collaborative planning, experimentation and refinement, and evaluation of the solution.

The activity package included essential content related to electrical systems in industrial factories, maintenance procedures, the application of modern technologies, particularly IoT-based monitoring and control systems, and safety practices in electrical operations.

Example Activity

Analyzing and Resolving Electrical Motor Malfunctions in Production

Learning Topic: Analyzing and resolving electrical motor malfunctions

Objectives: Analyzing electrical motor problems

- Developing creative solutions for problem-solvolving
- Performing diagnostic testing using tools and equipment ement related to motors' operation and safety

Main Content: Types and mechanisms of electrical

1. Control systems and motor operation
3. Power supply issues (e.g., power outages, low voltage, circuit breaker trip)
4. Diagnostic tools and equipment usage (e.g., Digital Multimeter, Thermal Scanner)
5. Safety measures and procedures for troubleshooting

TABLE I SAMPLE ACTIVITY PACKAGE BASED ON THE CREATIVE PROBLEM-SOLVING (CPS) PROCESS

Examples of Activities by CPS Stage	
CPS Stage	**Example Activities**
Brain (Open Mind)	Simulate an opening exercise to develop a positive attitude toward work situations. Encourage participants' brainstorm questions such as an issue that sparks curiosity (e.g., an issue to handle).
Problem (Clarify Problem)	Foster learners' critical thinking skills by conducting root cause analysis exercises. Teach how to clarify a maintenance problem.
Understanding Problem (Dig Deeper)	Create a cause-and-effect chart (e.g., Fishbone Diagram) for the chosen problem—power, lighting, motor, and method.
Many Diverse Ideas (Generate Ideas)	Students to generate at least five different possible solutions using a brainstorming session.
Integrated Solutions (Combine & Evaluate)	Conduct a cooperative group discussion with the intent of combining and evaluating alternative solutions, selecting an optimal solution.
Implementation (Test Solution)	Support learners in planning, executing, and evaluating actions to implement the best solution effectively.

5.2 Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications

The researcher designed and developed a Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications. Supporting materials and tools were created to ensure completeness and appropriateness for use in hands-on learning processes. These included four main components: (1) Manual, (2) Learning Management Plan, (3) Presentation Media, and (4) Practical Activity Kit. Each component was designed to align with the principles of the CPS process to support both theoretical learning and practical training.

The Manual is a primary document that clearly explains the basic concepts of the CPS process, specifying activity procedures, learning management methods, and systematic evaluation guidelines, such as analytical thinking assessment, rubric-based scoring, and reflection logs. The manual was designed to be a support tool for both instructors and learners.

The Learning Management Plan is a structure of activities covering all steps of the CPS process, from understanding the problem, generating ideas, planning and implementation, to evaluating each learning unit. The plan clearly specifies objectives, activity details, timeframes, and expected outcomes. For example, the learning unit "Analysis of 3-Phase Motor Control System" requires learners to analyze real situations, practice reading circuit diagrams, and use measuring tools for problem diagnosis.

The Presentation Media in PowerPoint format was developed to help learners understand theoretical content related to electrical systems in the industrial sector more easily, such as basic electrical principles, circuit analysis, and preventive maintenance techniques. The content was designed in infographic and diagram formats to ensure effective learning.

The Practical Activity Kit, which is a key part of skill training, includes worksheets, exercises, electrical measuring tools (such as Analysis of IoT System), and simulated models of 3-Phase Motor Control System in actual factories. Learners practice through hypothetical scenarios, checking equipment, measuring voltage, and analyzing circuit faults to

find reasonable solutions.



Fig. 2. CPS-based training activity package.



Fig. 3. Implementation and evaluation of the CPS-based training activity package.

5.3 Results of the Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications

The developed Creative Problem-Solving (CPS) activity package was evaluated for effectiveness. The data analysis was conducted in four key aspects as follows:

5.3.1 Analysis of the Overall Quality of the Activity Package
Experts assessed the appropriateness of the content, the clarity of the activities, and the alignment with the CPS learning process using a 5-point Likert scale questionnaire. The evaluation results revealed that the overall quality of the activity package was at the highest level, with an average score of 4.63 and a standard deviation of 0.25. These results indicate that the CPS activity package is highly suitable for application in real-life industrial maintenance training contexts.

5.3.2 Analysis of the Congruence Between Test Items and Behavioral Objectives. The alignment between test items and learning objectives was assessed by three experts using a rating system of +1, 0, and −1. The Index of Item-Objective Congruence (IOC) for all 50 test items ranged from 0.80 to 1.00, indicating a very high level of content validity.

5.3.3 Analysis of the Effectiveness of the Activity Package
The effectiveness of the activity package was calculated based on the average scores obtained during the learning process (E1) and after the learning process (E2) from the sample group. The results showed effectiveness scores of E1 = 87.27% and E2 = 90.12%, both of which exceeded the standard criterion of 80/80. This finding demonstrates that the CPS activity package is effective in promoting learning and achieving the intended instructional objectives.

TABLE II SUMMARY OF THE EFFECTIVENESS OF THE CPS ACTIVITY PACKAGE

	SUMMARY OF THE EFFECTIVENESS OF THE CPS ACTIVITY PACKAGE		
	Average Score (%)	*Standard Criterion (%)*	*Evaluation Result*
Effectiveness of the activity package based on pre-training scores (E1)	87.27	≥ 80	Meets the criterion
Effectiveness of the activity package based on post-training scores (E2)	90.12	≥ 80	Meets the criterion
Summary of effectiveness	87.27/ 90.12	80 / 80	Higher than the standard level

TABLE III RESULTS OF THE EFFECTIVENESS OF CPS-BASED TRAINING USING AN IOT-INTEGRATED 3-PHASE MOTOR CONTROL TRAINING SET

Score Type	Mean (*X*)	Standard Deviation (S.D.)	t	p
Pre-test Score	15.30	2.93		
Post-test Score	39.52	3.69	34.49	< .01*

*Statistically significant at the .01 level

5.4 Satisfaction Results Toward the CPS Activity Package for Electrical Motor 3-Phase Control Training Set combined with an IoT system

The results of the satisfaction evaluation regarding the Creative Problem-Solving (CPS) activity package for enhancing new skills in electrical maintenance in factories revealed a high level of overall satisfaction. The participants reported an average satisfaction score of 4.55 with a standard deviation of 0.52, which is interpreted as the "highest" level of satisfaction.

In detail, participants expressed the highest satisfaction with the knowledge and communication skills of the instructor (Mean = 4.70, S.D. = 0.47). This was followed by the completeness and relevance of the electrical maintenance content to real work situations (Mean = 4.60, S.D. = 0.52), and the learning atmosphere that encouraged participation and idea exchange (Mean = 4.62, S.D. = 0.50).

Moreover, the CPS learning process was found to stimulate creative thinking and enhance problem-solving skills (Mean = 4.58, S.D. = 0.49). Participants also reported that the training helped them gain a deeper understanding of real maintenance problems (Mean = 4.55, S.D. = 0.51). The sequence of activities was perceived as highly consistent with actual maintenance scenarios in factories (Mean = 4.52, S.D. = 0.55), and hands-on practices were considered useful for real-world application (Mean = 4.50, S.D. = 0.53).

Regarding assessment methods and in-training activities, participants rated their effectiveness in measuring understanding at a high level (Mean = 4.46, S.D. = 0.58). The CPS activity package itself was also perceived as contributing to the development of essential new skills in electrical maintenance (Mean = 4.48, S.D. = 0.56). Finally, the appropriateness of the materials, media, and technologies used to support learning received a satisfaction score at the highest level (Mean = 4.55, S.D. = 0.54).

VI. Conclusion, Discussion and Recommendations

6.1 Conclusion

The research on the Effectiveness of Creative Problem-Solving (CPS)-Based Training Using an IoT-Integrated 3-Phase Motor Control System for Industrial Applications revealed that the developed CPS activity package was rated by experts at a very good level in terms of content, structure, and relevance to real work. The average expert evaluation scores ranged from 4.38 to 4.61, with an Index of Item-Objective Congruence (IOC) of 0.90.

The activity package was implemented with 33 purposively selected participants working in a large factories factory in Samut Prakan province. The results showed a statistically significant improvement in learning achievement at the .01 level, with pre-test and post-test mean scores of 15.30 and 39.52, respectively. Effectiveness scores were E1 = 87.27% and E2 = 90.12%, exceeding the standard criterion of 80/80.

The overall satisfaction with the activity package was rated at the highest level (Mean = 4.55, S.D. = 0.52). The highest-rated aspects were the instructor's clarity and expertise (Mean = 4.70), the engaging learning atmosphere (Mean = 4.62), and the completeness and relevance of the content (Mean = 4.60). Meanwhile, test effectiveness (Mean = 4.46) and skill enhancement Meanwhile, test effectiveness (Mean = 4.46) and skill enhancement (Mean = 4.48) were also rated at a high level.

6.2 Discussion of Results

Electrical maintenance in factories is critical to operational safety, production efficiency, and cost management. Complex maintenance issues that arise in industrial contexts often require problem-solving methods beyond routine procedures, thereby supporting the application of Creative Problem-Solving (CPS). Compared with conventional lecture-based technical training methods, the CPS approach encourages learners to engage actively in problem analysis, collaborative discussion, and practical decision-making.

The IoT-integrated moving unit also contributed to experiential learning by providing real-time monitoring, remote control capability, and realistic industrial simulation environments. Unlike conventional electrical training systems, the proposed moving unit enables learners to interact with real operational data and system conditions, thereby improving industrial relevance and practical skill development.

Although participant satisfaction was reported at the highest level, satisfaction data should be interpreted as supportive evidence rather than direct evidence of competency improvement.

CPS emphasizes idea generation, perspective-shifting, and the pursuit of effective solutions [2]. In electrical maintenance contexts, CPS can be used in various areas, including root cause analysis, preventive strategy design, and even in the integration of technologies such as IoT for real-time equipment condition monitoring.

Moreover, integrating CPS with Lean Maintenance principles—which aim to reduce waste and improve efficiency—can enhance the value of industrial operations [9]. Equipping technicians with CPS capabilities prepares them to solve problems quickly, safely, and creatively in increasingly complex technological environments. As such, CPS methodologies are ideal for *Reskill* and *Upskill* training programs targeting industrial maintenance personnel [1].

The quality assessment results of the CPS activity package align with the findings of Saengsanga [7], whose study on a pneumatic and hydraulic control systems training kit revealed high levels of expert agreement on quality—especially in design, material use, and instructional structure.

In addition, the CPS activity kit was designed to be learner-friendly by including clearly structured electrical circuit diagrams, a comprehensive manual, and illustrated guides. These materials supported learners throughout the hands-on training process. This approach is consistent with Wongkhiat et al. [10], whose PLC touchscreen training kit helped learners gain practical skills safely through direct interaction, enhancing learning retention and transferability.

Nevertheless, the present study employed a one-group pre-test/post-test design without a comparison group. Therefore, factors such as testing effects, instructor influence, or short-term familiarity with the assessment may partially contribute to the observed score improvement.

6.3 Recommendations

6.3.1 Multiple evaluation tools should be used to gather comprehensive insights into training effectiveness. In addition to academic assessments, it is recommended to evaluate analytical thinking, teamwork, problem-solving skills, and learner satisfaction.

6.3.2 Training materials and practice equipment should be adequately prepared and proportional to the number of participants to ensure full participation in hands-on activities. This includes simulation software and scenario-based practice kits, which are vital for developing problem-solving skills.

6.3.3 When applying the CPS activity package for personnel training, the content and examples should be tailored to the specific characteristics of each industry and the types of machinery used. This alignment helps learners transfer knowledge to their real working environments.

6.4 Recommendations for Future Research

6.4.1 Comparative studies should be conducted between the CPS activity package and conventional training approaches to highlight the advantages and added value of CPS-based training.

6.4.2 Future studies should explore the long-term impact of the CPS activity package on employee performance and sustained outcomes in electrical maintenance operations.

6.4.3 Research should also investigate factors influencing the effectiveness of the CPS activity package, such as learner characteristics, instructional methods, and workplace environments. These insights can help improve and refine the CPS package for wider and more impactful application.

VII. Research Limitations

This study was conducted with participants from only one industrial factory, which may limit the generalizability of the results to other industrial sectors or diverse working environments. The context-specific nature of the training and evaluation may not fully represent broader applications in varied settings.

Furthermore, the study focused on short-term learning outcomes without assessing long-term knowledge retention or actual on-the-job performance. This limits the understanding of the sustained impact of the CPS activity package over time.

Additionally, due to time constraints, the implementation was conducted through a single training cycle. This limited duration may not have captured fluctuations in learner engagement, variation in learning progression, or adaptability of the activity package across multiple cohorts or training rounds.

References

[1] Auto Training Bench, "Maintenance electrician skills training basic," 2023. [Online]. Available: https://www.autotrainingbench.com/info/maintenance-electrician-skills-training-basic-76990683.html

[2] M. Basadur, "Leading others to think innovatively together: Creative leadership," The Leadership Quarterly, vol. 15, no. 1, pp. 103–121, 2004.

[3] D. Suwannachot, *Curriculum Development Research*, Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2006.

[4] B. Doktaisong, *Curriculum Research and Development* [in Thai], Bangkok: Chulalongkorn University Printing House, 2011.

[5] P. Songsree and C. Thongchaisuratchakul, "Assessment of energy usage needs in industrial factories for the development of an energy management model," in Proc. 16th Conf. on Electrical Engineering Network, Nong Khai, Thailand, May 2024, pp. 371–374.

[6] A. Wannakayont, N. Lonkuntod, T. Sittijantasane, P. Sayantapatum, S. Wongchaipatum, and S. Dumnil, "Development of a training kit for wiring electrical circuits in air conditioners," *Valaya Alongkorn Rajabhat Univ. Graduate J.*, vol. 13, no. 3, pp. 163–178, 2019.

[7] Y. Saengsanga, "Development and effectiveness evaluation of a teaching kit on pneumatic and hydraulic control systems using PLC," Master's thesis, King Mongkut's Univ. of Tech. North Bangkok, Thailand, 2001.

[8] A. J. Nitko, *Educational Assessment of Students*, 3rd ed., Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall, 2001.

[9] Thailand Industry, "Lean Maintenance" [in Thai], 2013. [Online]. Available: http://www.thailandindustry.com/

[10] P. Songsree and C. Thongchaisuratchakul, "Creative Problem-Solving for Electrical Maintenance Re-Skills Development in Factory," in Proc. 2025 10th Int. STEM Educ. Conf. (iSTEM-Ed), Pattaya, Thailand, 2025.

e-Proceedings of iSTEM-Ed 2026

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี
ชื่อดุษฎีนิพนธ์	การพัฒนาชุดกิจกรรมกระบวนการเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) กรณีศึกษา ปัญหางานซ่อมบำรุงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าศึกษา
ประวัติ	ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปริญญาโท สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ