รายงานการวิจัย

การสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

The Creation of an Experimental Set of Industrial Process Production to enhance the professional skills of students majoring in Mechatronics Engineering, enabling them to be ready to handle industrial technologies.

ธนัท ธนอัศวพล Tanat Tanausavaphol

ฤทัย ประทุมทอง Ruthai Prathoomthong

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้/งบประมาณ ประจำปี พ.ศ.2567

การสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

The Creation of an Experimental Set of Industrial Process Production to enhance the professional skills of students majoring in Mechatronics Engineering, enabling them to be ready to handle industrial technologies

ธนัท ธนอัศวพล Tanat Tanausavaphol

ฤทัย ประทุมทอง Ruthai Prathoomthong

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้/งบประมาณ ประจำปี พ.ศ.2567

การสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ธนัท ธนอัศวพล[1] และฤทัย ประทุมทอง[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยเลือกสร้างชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ที่มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย โมดูลจ่ายชิ้นงาน โมดูลจ่ายฝา และแขนกล การทำงานของระบบจะควบคุมด้วย PLC Mitsubishi FX5U และบอร์ด Arduino ติดตามสถานะการทำงานผ่านการแสดงผลบนหน้าจอ รวมไปถึงคู่มือการใช้งานสำหรับครู และนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหา 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนแหล่งจ่ายพลังงาน ส่วนควบคุม ส่วนอินพุต และส่วนเอาต์พุต ใบปฏิบัติงาน จำนวน 11 ใบงาน และแบบทดสอบปฏิบัติ จำนวน 1 ใบงาน ในงานวิจัยมีการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง การประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลอง ตลอดจนมีการการประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลอง โดยการใช้ เล่มคู่มือ ใบปฏิบัติงาน แบบทดสอบปฏิบัติ ใบประเมินผลใบปฏิบัติงาน ใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติงาน และแบบประเมินความพึงพอใจ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการทดลองพบว่าการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากได้ดำเนินการสร้างชุดฝึกทักษะให้มีความแข็งแรง และเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ การประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมโดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 คน ผลปรากฏว่ามีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนเท่ากับ 88.88/86.09 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และผลการประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยร้อยละอยู่ที่ 4.91

คำสำคัญ: กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ กระบวนการบรรจุภัณฑ์

[1] อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

The Creation of an Experimental Set of Industrial Process Production to enhance the professional skills of students majoring in Mechatronics Engineering, enabling them to be ready to handle industrial technologies.

Tanat Tanausavaphol [1] and Ruthai Prathoomthong [1]

Abstract

This article presents a methodology for Creating an Experimental Set of Industrial Process Production to enhance the professional skills of students majoring in Mechatronics Engineering, enabling them to be ready to handle industrial technologies. Select to create a packaging process experiment set with dimensions of 70 cm wide, 90 cm long, and 150 cm high, consisting of workpiece feeding module, cap feeding module and robotic arm. The system operation is controlled by Mitsubishi FX5 U PLC and Arduino board. The working status is monitored through the display on the screen, including the user manual for teachers and students. It consists of 4 sections of content: power supply section, control section, input section, and output section, 1 1 worksheets, and 1 practical test. In this research, the quality of the experimental set was evaluated, the efficiency of the experimental set was evaluated, and the satisfaction from teaching and learning with the experimental set was evaluated by using the manual, the practice test worksheets, the practice test evaluation form, the practice test evaluation form, and the satisfaction evaluation form as the data collection tools. The experimental results showed that the quality assessment of the industrial production process experimental set was of very good quality because the skill training set was created to be strong and suitable for learning. The efficiency of the experimental set of the industrial production process was evaluated by testing it with a sample group of 1 1 people. The results showed that the efficiency of teaching management was 88.88/86.09, which is higher than the specified criteria of 80/80. And the results of the satisfaction assessment from teaching management with the industrial production process experiment kit, overall, students were most satisfied with teaching using the industrial production process experiment kit, with an average percentage of 4.91

Keywords: Industrial production process, Programmable Logic Controller, packaging process

[1] Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณเงินรายได้/งบประมาณ ประจำปี พ.ศ.2567 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการศึกษา และทางอุตสาหกรรม

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาส นี้

ธนัท ธนอัศวพล
ฤทัย ประทุมทอง
สิงหาคม 2568

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก
Abstract ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1.1 ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม 4
2.1.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์กับระบบควบคุม 6
2.1.3 หลักการและแนวคิดของ Internet of Things (IoT) 7
2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับชุดทดลอง 8
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์ของชุดทดลอง 9
2.2.1 อุปกรณ์ควบคุม 9
2.2.2 อุปกรณ์แหล่งจ่ายพลังงาน 11
2.2.3 อุปกรณ์อินพุต 12
2.2.4 อุปกรณ์เอาต์พุต 14
2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 19
3.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 20
3.3 ออกแบบและสร้างชุดทดลอง 20
3.4 ออกแบบและสร้างคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ 23
3.5 สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 24
3.6 เก็บรวบรวมข้อมูล 27
3.7 วิเคราะห์ข้อมูล 28
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล/วิจารณ์ผล 29
4.1 ผลการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 29
4.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 30
4.3 ประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 34
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 34
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 35

5.1 สรุปผลการวิจัย 35
5.1.1 การประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 35
5.1.2 การประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 35
5.1.3 การประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม 35
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 36
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป 36
บรรณานุกรม 37
ภาคผนวก 40
ภาคผนวก ก ประวัติผู้วิจัย 41

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านโครงสร้าง..... 30
ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านลักษณะการใช้งาน 30
ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม . 31
ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน 31
ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการออกแบบคู่มือการใช้งาน..... 32
ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านเนื้อหา..... 32
ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการนำคู่มือการใช้งานไปใช้ประโยชน์..... 33
ตารางที่ 4-8 ประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ 34
ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ 34

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 กระบวนการผลิตที่ใช้แรงงานจากมนุษย์เป็นหลัก....4
รูปที่ 2-2 แสดงระบบควบคุมการผลิตที่ใชระบบไฟฟาเชิงกล....5
รูปที่ 2-3 แสดงการการควบคุมด้วยตัวคอนโทรลเลอร์ (Controller)....5
รูปที่ 2-4 การควบคุมแบบศูนย์กลาง (Central Control System)....6
รูปที่ 2-5 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบเก่า....6
รูปที่ 2-6 โครงสร้างของระบบควบคุมที่ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์....7
รูปที่ 2-7 โปรแกรมเมเบิลคอลโทลเลอร์....9
รูปที่ 2-8 โครงสร้างของ PLC....10
รูปที่ 2-9 ส่วนประกอบของ Arduino UNO R3....10
รูปที่ 2-10 ส่วนประกอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไดรเวอร์....11
รูปที่ 2-11 ส่วนประกอบของเพาว์เวอร์ซัพพลาย....12
รูปที่ 2-12 สวิตช์ปุ่มกด....12
รูปที่ 2-13 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุโฟโตอิเล็กทริกแบบอินฟราเรด....13
รูปที่ 2-14 ลิมิตสวิตช์....13
รูปที่ 2-15 โหลดเซลล์....13
รูปที่ 2-16 หลอดไฟแสดงการทำงาน....14
รูปที่ 2-17 รีเลย์....14
รูปที่ 2-18 ส่วนประกอบของรีเลย์....15
รูปที่ 2-19 สเต็ปเปอร์มอเตอร์....15
รูปที่ 2-20 ดีซีมอเตอร์....16
รูปที่ 2-21 เซอร์โวมอเตอร์....16
รูปที่ 2-22 ดิจิตอลโหลดเซลล์....16
รูปที่ 2-23 หน้าจอ HMI....17
รูปที่ 3-1 วิธีการดำเนินการวิจัย....19
รูปที่ 3-2 โมดูลจ่ายชิ้นงาน....21
รูปที่ 3-3 โมดูลจ่ายฝา....21
รูปที่ 3-4 ชุดแขนกล....21
รูปที่ 3-5 โครงสร้างโต๊ะชุดทดลอง....22
รูปที่ 3-6 การจัดวางอุปกรณ์ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์....22
รูปที่ 3-7 ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์....23
รูปที่ 3-8 คู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์....24
รูปที่ 3-9 การหาคุณภาพของชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์....27
รูปที่ 3-10 การจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง....27
รูปที่ 3-11 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน....28
รูปที่ 4-1 การสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม....29
รูปที่ 4-2 คู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์สำหรับครูและนักเรียน....30

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ถือเป็นยุคที่ 4 ของการปฏิวัติอุตสาหกรรม เป็นยุคแห่งการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านเทคโนโลยีในอุตสาหกรรม เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ยืดหยุ่น และสามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งเทคโนโลยีที่มาพร้อมกับยุคอุตสาหกรรม 4.0 ได้แก่ Big Data and Advanced Analytics, Autonomous Robots, Simulation, Horizontal and Vertical System Integration, Industrial Internet of Things, Cybersecurity, Cloud และ Additive Manufacturing (ทีโอที, 2563) เพราะเหตุนี้จึงทำให้อุตสาหกรรมหลายแห่งพัฒนาระบบกระบวนการผลิตของตนให้ก้าวทันและสอดคล้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่กำลังพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง อุตสาหกรรมในปัจจุบันส่วนใหญ่จึงใช้กระบวนการผลิตที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ เครื่องจักร และหุ่นยนต์ เป็นต้น

ในขณะที่อุตสาหกรรมเริ่มมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้มากขึ้น กลุ่มคนที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดก็คือกลุ่มแรงงานที่กำลังถูกเทคโนโลยีเหล่านี้เข้ามาแทนที่ เพราะฉะนั้นกลุ่มแรงงานในอุตสาหกรรม หรือบุคลากรที่กำลังจะเริ่มงานใหม่ ต้องมีการเตรียมความพร้อมด้านทักษะให้สอดคล้องไปกับการพัฒนาของเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถรับมือกับสิ่งที่กำลังจะเปลี่ยนแปลงนี้ได้ และไม่ใช่แค่แรงงานที่ต้องเตรียมรับมือกับการพัฒนาของเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แต่จะต้องปฏิรูปตั้งแต่การผลิตแรงงานของสถานศึกษา โดยสถานศึกษาต้องสร้างแรงงานให้มีคุณสมบัติที่พร้อมเรียนรู้ใหม่ได้ตลอดชีวิต มีความคิดสร้างสรรค์สร้างนวัตกรรมได้ เข้าใจการทำงานของเทคโนโลยีรู้ภาษาคอมพิวเตอร์ และมีทักษะ Soft Skills หรือความฉลาดทางอารมณ์ ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ก็เป็นหนึ่งในสถานศึกษาที่สร้างแรงงานสู่สถานประกอบการ โดยหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ เป็นหลักสูตรที่มุ่งผลิตครูอาชีวศึกษา และผลิตกำลังคนให้เป็นแรงงานฝีมือที่มีสมรรถนะสูง สำหรับอุตสาหกรรม New Growth Engine เพื่อรองรับการพัฒนาประเทศบนพื้นฐานของเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยมีการออกแบบโครงสร้างและหลักสูตรรายวิชาให้มีความสอดคล้องกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีระบบการผลิตอัตโนมัติและระบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2563) เพราะฉะนั้น ทักษะที่ต้องฝึกฝนและพัฒนาก่อนทำงานในอุตสาหกรรม ได้แก่ ทักษะความเข้าใจในเทคโนโลยีดิจิทัล ทักษะการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์และออโตเมชั่น ทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี และทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ หรือ Critical Thinking

แต่อย่างไรก็ตาม การที่จะให้กลุ่มแรงงานหรือนักศึกษา พัฒนาทักษะเหล่านี้ด้วยการลงไปศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมระหว่างที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปตามเทคโนโลยีที่กำลังพัฒนา เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องจากกระบวนการผลิตต้องผลิตสินค้าอย่างต่อเนื่อง ในการทำงานผู้ประกอบการก็ต้องเอาแรงงานทักษะสูง ที่เข้าใจการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติมาคอยควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้อย่างต่อเนื่อง หากเอาแรงงานที่ไม่มีทักษะเหล่านี้มาควบคุมกระบวนการผลิต และต้องคอยสอนให้เรียนรู้ระบบใหม่ทั้งหมด ก็จะเป็นการเสียเวลา อีกทั้งต้องสูญเสียรายได้ในขณะนั้น ไม่ใช่เพียงแต่กลุ่มแรงงาน แต่รวมไปถึงการลงไปศึกษาหน้างานของนักศึกษาด้วย จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความรู้ให้กับนักศึกษาโดยการสร้างชุดทดลองอยู่หลายฉบับ หนึ่งในนั้นคือวิจัยของจรัส จุนเด็น (2560) ที่ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จากผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใชชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรูตามจุดประสงคที่กำหนดไว มีผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนสูงขึ้น และพบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสนิท (2564) ที่ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกมีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้จึงทำให้ชุดฝึกมีประสิทธิภาพ เมื่อนำชุดฝึกไปใช้กับนักศึกษาจึงทำให้นักศึกษาสามารถนำความรู้และทักษะมาใช้เขียนโปรแกรม PLC ควบคุมชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติให้ทำงานตามเงื่อนไขได้ทั้งหมด

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และประยุกต์ใช้ในการทำงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมที่เลือกสร้าง คือ ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย

1) โมดูลจ่ายชิ้นงาน มีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร และสูง 16 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก และใช้มอเตอร์ DC ในการขับเฟืองให้กลไกเคลื่อนที่ โดยมีลิมิตสวิตช์ 2 ตัว เป็นตัวสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

2) โมดูลจ่ายฝา มีขนาดกว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร และสูง 17 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก และใช้มอเตอร์ DC ในการขับเฟืองให้กลไกเคลื่อนที่ โดยมีลิมิตสวิตช์ 2 ตัว เป็นตัวสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

3) แขนกล มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 37 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก รางสไลด์ชุดบอลสกรู และใช้สเต็ปมอเตอร์ในการหมุนแกนต่าง ๆ

4) ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร วัสดุโครงสร้างทำจากสแตนเลสกล่อง และแผ่นไม้กระดานเพื่อเป็นที่รองรับอุปกรณ์

5) ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ที่สร้างควบคุมการทำงานด้วย PLC Mitsubishi FX5U

6) ติดตามสถานะการทำงานของชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยการแสดงผลผ่านหน้าจอ HMI

1.3.2 คู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ สำหรับครูและผู้เรียน ประกอบด้วย

1) เนื้อหา โดยแบ่งเป็นหัวข้อหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนแหล่งจ่ายพลังงาน ส่วนควบคุม ส่วนอินพุต และส่วนเอาต์พุต

2) ใบปฏิบัติงาน จำนวน 11 ใบงาน ดังนี้

- ใบปฏิบัติงานที่ 1 งานต่อเซ็นเซอร์แบบ Sink-Source กับ PLC
- ใบปฏิบัติงานที่ 2 งานเขียนโปรแกรม PLC ควบคุมการทำงานของหลอดไฟแสดงการทำงาน
- ใบปฏิบัติงานที่ 3 งานควบคุมสัญญาณอินพุตจากเซ็นเซอร์
- ใบปฏิบัติงานที่ 4 งานควบคุมสัญญาณอินพุตจากลิมิตสวิตช์
- ใบปฏิบัติงานที่ 5 งานควบคุมอุปกรณ์รับแรงจากโหลดเซลล์

- ใบปฏิบัติงานที่ 6 งานควบคุมการทำงานของ DC มอเตอร์ด้วยรีเลย์
- ใบปฏิบัติงานที่ 7 งานควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ของแขนกล
- ใบปฏิบัติงานที่ 8 งานจ่ายชิ้นงานลงกล่อง
- ใบปฏิบัติงานที่ 9 งานรับค่าจากโหลดเซลล์เพื่อควบคุมสายพาน
- ใบปฏิบัติงานที่ 10 งานปิดฝากล่อง
- ใบปฏิบัติงานที่ 11 งานแสดงผลการทำงานของกระบวนการบรรจุผ่านหน้าจอ HMI

3) แบบทดสอบปฏิบัติ จำนวน 1 ใบงาน ดังนี้

- แบบทดสอบปฏิบัติ งานควบคุมกระบวนการการบรรจุภัณฑ์และแสดงผลการทำงานผ่านหน้าจอ HMI

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 นักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์มีชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นสื่อการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC)

1.4.2 ใช้ชุดทดลองที่สร้างนี้ในการอบรมให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการบรรจุชิ้นงานในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เพื่อทักษะความสามารถเตรียมพร้อมรับมือกับเทคโนโลยีในกระบวนการผลิต

1.4.3 สามารถนำชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ไปเป็นต้นแบบเพื่อต่อยอดเพิ่มสถานีอื่น ๆ ให้ครบกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจัยนี้มุ่งเน้นสร้างชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

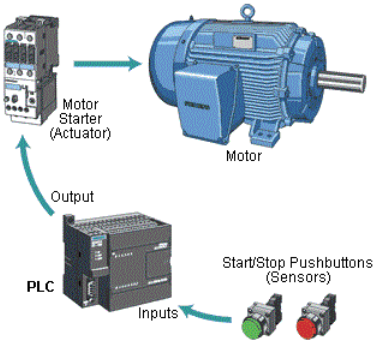
2.1.1 ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ ก็ตองอาศัยกระบวนการผลิต เพื่อใหเป็นไปตามลำดับขั้นตอนตามที่ได้ออกแบบและสร้างไว้ โดยกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนนั้นจะตองมีการควบคุมปริมาณต่าง ๆ อาทิเชน อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน อัตราการไหล เป็นต้น ซึ่งปริมาณดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่รับประกันวาสินค้าที่ทำออกจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีคุณภาพเพียงใด โดยการจัดการและควบคุมปริมาณดังกล่าว จะตองเป็นไปแบบอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติ (วิทยา, 2564) โดยเราจะเรียกการควบคุมแบบนี้วาการควบคุมแบบซีเควนซ (Sequence Control) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1) การควบคุมด้วยแรงงานจากมนุษย์ (Manually) เป็นการควบคุมที่ทุกขั้นตอนจะใช้แรงงานจากมนุษย์เป็นหลัก ไม่วาจะเป็นการควบคุมปริมาณอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ฯลฯ จึงทำใหผลผลิตที่ได้ ไม่ค่อยมีมาตรฐาน เพราะแรงงานจากมนุษย์มีมาตรฐานที่ไม่เท่ากัน

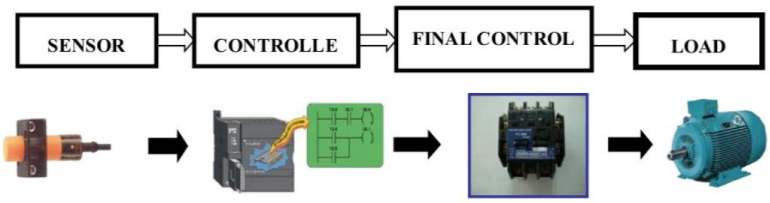
รูปที่ 2-1 กระบวนการผลิตที่ใช้แรงงานจากมนุษย์เป็นหลัก

2) การควบคุมด้วยระบบไฟฟาเชิงกล (Electro Mechanically) เป็นการพัฒนากระบวนการผลิตจากการใชแรงงานมนุษย์ในการสังเกตและตรวจวัดปริมาณต่าง ๆ มาเป็นเซ็นเซอร (Sensor) ในการตรวจวัดปริมาณต่าง ๆ ร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟาเชิงกล อาทิเชน รีเลย คอนแทคเตอร ไทมเมอร ฯลฯ ควบคุมกระบวนการผลิตทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมามีมาตรฐานและมีคุณภาพมากขึ้น



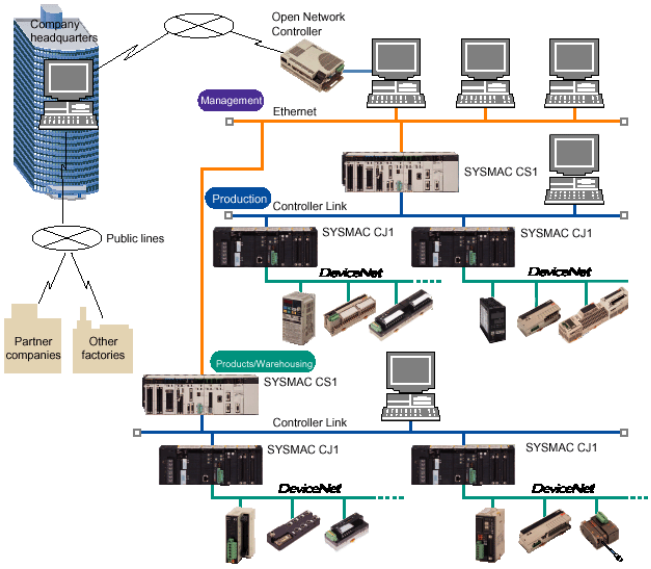
รูปที่ 2-2 แสดงระบบควบคุมการผลิตที่ใชระบบไฟฟาเชิงกล

3) การควบคุมด้วยตัวคอนโทรลเลอร์ (Controller) เป็นการควบคุมที่นำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุมโดยมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นพื้นฐาน ซึ่งจำแนกได้อีก 2 ลักษณะ คือ 1. การควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะตองอาศัยหลักการโดยใช้ซอฟตแวร์ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตต่าง ๆ เพื่อลดปญหาจากการเดินสายให้ลดน้อยลง เชน ภาษาซี ภาษาแอสเซมบลี ฯลฯ ซึ่งการออกแบบการควบคุมแบบนี้จะต้องมีพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากพอสมควร ถึงจะเขียนโปรแกรมควบคุมดังกล่าวได้ 2. การควบคุมโดยใชโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Programmable Controller) หรือโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมแบบหนึ่งที่สามารถเขียนโปรแกรมได้โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นพื้นฐาน แต่การควบคุมด้วยอุปกรณ์แบบนี้จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาที่เขาใจง่าย เชน ภาษาแลดเดอรไดอะแกรม (Ladder Diagram) เป็นตน ซึ่งเป็นภาษาที่มีความเข้าใจง่ายเพราะจะคล้ายคลึงกับการควบคุมด้วยอุปกรณ์ไฟฟาเชิงกล



รูปที่ 2-3 แสดงการการควบคุมด้วยตัวคอนโทรลเลอร์ (Controller)

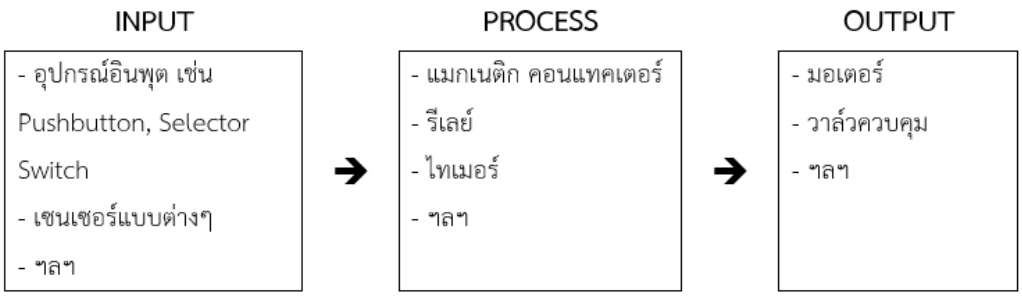
4) การควบคุมแบบศูนย์กลาง (Central Control System) การควบคุมแบบนี้จะใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลักในการควบคุม เพื่อเชื่อมโยงระบบควบคุมทั้งหมดเข้าด้วยกันทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบกระบวนการผลิตต่าง ๆ จึงทำให้สามารถผลิตและควบคุมงานที่มีจำนวนมากได้



รูปที่ 2-4 การควบคุมแบบศูนย์กลาง (Central Control System)

2.1.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์กับระบบควบคุม

ระบบการผลิตในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน มีความสลับ ซับซ้อนรวมถึงมีความต้องการให้มีการวัดและการควบคุมในรูปแบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น การพัฒนาระบบการควบคุมที่ใช้รีเลย์ หรือแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์ในแบบเก่า แสดงดังรูปที่ 2-5 ซึ่งมีรูปแบบการทำงานแบบเปิด-ปิด ไม่สามารถจะตอบสนองความต้องการต่อการผลิตในปัจจุบัน รวมถึงการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือองค์ประกอบของระบบทำได้ยาก เพราะมีการต่อสายไฟเพื่อสร้างระบบควบคุมจำนวนมาก การปรับเปลี่ยนแก้ไขหรือซ่อมบำรุง จะมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน รวมถึงปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัว ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่ายอุตสาหกรรมได้เข้ามามีบทบาทมีการนำมาทดแทนอุปกรณ์ควบคุมแบบเก่า รวมถึงยังมีขนาดเล็กสิ้นเปลืองพลังงานน้อยอีกทั้งการแก้ไขซ่อมบำรุงระบบควบคุม การปรับเปลี่ยนรูปแบบในการควบคุม สามารถทำได้ง่ายกว่าเพียงแค่ทำการพัฒนาหรือแก้ไขโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วในการใช้งาน ลดเวลาในการทำงาน อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งเป็นที่มาของการเกิดโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เพื่อมาทดแทนระบบการควบคุมแบบเดิม แสดงดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-5 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบเก่า

รูปที่ 2-6 โครงสร้างของระบบควบคุมที่ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

2.1.3 หลักการและแนวคิดของ Internet of Things (IoT)

2.1.3.1 ความหมายของ Internet of Things (IoT)

Tom Bradicich (2015) ได้อธิบายหลักการสำคัญของ Internet of Things ไว้ว่า Internet of Things คือ “ข้อมูล”ซึ่งข้อมูลในที่หมายถึง สิ่งที่มีอยู่ทั่วไปรอบ ๆ ตัวเรา มีอยู่ในธรรมชาติ มีอยู่ในทุก ๆ ที่ทั่วโลกจำนวนมากหรือที่เรียกว่า Big Analog Data เช่น แสง เสียงอุณหภูมิแรงดันไฟฟ้าสัญญาณวิทยุ ความชื้นการสั่นสะเทือนความเร็วลม การเคลื่อนไหว อัตรา เร่ง อนุภาค คลื่นแม่เหล็ก ความดัน เวลาและสถานที่ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีอยู่จำนวนมาก ถึงแม้ว่าข้อมูลเหล่านี้จะถูกมองว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานทั่วไปที่มีมานานแล้ว แต่มันเป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาให้อยู่ในรูปของดิจิตอล ที่มีอยู่เพียงสองค่า 0 และ 1 โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มานั้นจะมีการเชื่อมต่อหรือประสานกันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาผ่านระบบการสื่อสารระบบใดระบบหนึ่ง

Padraig and Knud (2016) กล่าวว่า โดยพื้นฐานแล้ว Internet of Things คือแนวความคิดที่อธิบายการเชื่อมต่อ (Connecting) กับวัตถุทางกายภาพใด ๆ หรือ“สิ่ง (Thing)” ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยการเชื่อมต่อกับวัตถุต่าง ๆ แบบนี้ส่งผลกระทบสำคัญในการจัดการข้อมูลหรืออุปกรณ์จำนวนมาก ซึ่งต้องปรับเปลี่ยนให้สามารถเชื่อมต่อหรือสื่อสารกันได้ ดังนั้น Internet of Things จึงเป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาฝังไว้ในสิ่งต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมและแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ ให้สามารถสื่อสารหรือเชื่อมโยงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะไม่ติดต่อกับมนุษย์โดยตรงแต่จะมีอยู่ในสิ่งแวดล้อม อาคารสถานที่ ต้นไม้ รถยนต์ ฯลฯ ทุกอย่างล้วนแล้วสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้ ซึ่งบางครั้งเรียกว่า “Smart Objects”

สรุปได้ว่า Internet of Things คือ เทคโนโลยีที่มีการประยุกต์ใช้แนวคิดการเชื่อมต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีการติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อให้อุปกรณ์หรือสิ่งต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์สื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานพาหนะ อาคารสิ่งก่อสร้าง หรือวัตถุอื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล ประมวลผลข้อมูล และแสดงผลข้อมูลได้

2.1.3.2 องค์ประกอบของ Internet of Things

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ที่มาในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต อุปกรณ์สมองกลฝังตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ ที่เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัดและประมวลผลข้อมูล

2) การเชื่อมโยงการสื่อสาร เพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ให้สื่อสารกันได้ ซึ่งการสื่อสารในที่นี้อาจผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสาธารณะ หรือเป็นการสื่อสารภายในเครือข่ายส่วนตัว ทางเลือก

ในการเชื่อมต่อเครือข่ายมีตั้งแต่การสื่อสารแบบใช้สายไปจนถึงการสื่อสารแบบไร้สายไม่ว่าจะเป็น 3G,4G, 5G, Wifi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, Lora การเลือกใช้รูปแบบการสื่อสารขึ้นอยู่กับข้อจำกัดด้านระยะทางสื่อสาร อัตรารับส่งข้อมูล แบนด์วิดท์ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

3) ระบบเซิร์ฟเวอร์ (Server) เป็นระบบสำหรับจัดการการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ การส่งต่อข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง การจัดเก็บข้อมูล ความปลอดภัยของการสื่อสารการตรวจสอบสิทธิ์ รวมถึงการจัดการชุดซอฟต์แวร์ หรือการจัดการส่วนต่อประสาน การเขียนโปรแกรมแอปพลิเคชัน หรือเอพีไอ (Application Programming Interface: API) เพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนเทคโนโลยีไอโอที (พนิตา, เอมอัชนา, และกุลชาติ, 2563)

2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับชุดทดลอง

ชุดการทดลองเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอน เพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์ เพื่อสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ สามารถพิสูจน์ได้หรือแสดงให้เห็นจริงได้ ชุดทดลองสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและด้วยการลงมือปฏิบัติ รวมทั้งฝึกฝนเพื่อให้เกิดทักษะการทดลองชุดทดลองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชุดการทดลองสำหรับผู้สอนเป็นชุดการทดลองที่ออกแบบสำหรับผู้สอน เพื่อสาธิตประกอบการสอนหน้าชั้นเรียน ในเชิงทฤษฎี เพื่อพิสูจน์สูตรสรุปกฎชุดการทดลองประเภทนี้ จะสรุปเนื้อหาในแนวกว้างมากกว่ารายละเอียด และมีขนาดใหญ่เพียงพอ และชุดทดลองสำหรับผู้เรียน เป็นชุดการทดลองที่ออกแบบสำหรับผู้เรียนมีขนาดเล็กกว่าแบบแรก ค่าที่ได้จากการทดลองมีความแน่นอนและอ้างอิงได้

2.1.4.1 ประสิทธิภาพชุดทดลอง

ชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพ หมายถึง ชุดทดลองที่สามารถช่วยในการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ตามที่ผู้สอนได้ตั้งไว้ การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองจะทำให้ผู้สอนรู้ถึงประสิทธิภาพของชุดทดลอง ในขณะเดียวกันผู้สอนจะรู้ถึงจุดบกพร่องหรือจุดอ่อนของชุดทดลอง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการปรับปรุงชุดทดลองให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการทดสอบหาประสิทธิภาพ ของชุดทดลองจะช่วยให้ผู้สอนเกิดความมั่นใจว่าชุดทดลองนั้น ๆ มีประสิทธิภาพหรือไม่ เพราะ ถ้าชุดทดลองมีประสิทธิภาพต่ำจะทำให้ผลการเรียนของผู้เรียนต่ำไปด้วย แนวทางในการหาประสิทธิภาพชุดทดลองสามารถทำได้ 3 แนวทาง ดังนี้

(1) ประสิทธิภาพด้านโครงสร้างชุดทดลอง ได้แก่ การวิเคราะห์โดยศึกษาจากโครงสร้างชุดทดลองในด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุที่นำมาสร้างชุดทดลองมีความแข็งแรงทนทานเพียงใด ความสวยงาม ความปลอดภัยในการใช้งาน ขนาดของชุดทดลองพอเหมาะกับจำนวนผู้เรียนในขณะทดลองหรือไม่ ความยากง่ายในการสร้าง เป็นต้น

(2) ประสิทธิภาพด้านเนื้อหา ได้แก่ การทดสอบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาหรือไม่ โดยชุดทดลองนั้นจะต้องมีความสมบูรณ์และแม่นยำในแง่ของขบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์ได้แน่นอน

(3) ประสิทธิภาพในการใช้งานได้แก่ การทดสอบความสะดวกในด้านการทดลองความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ไม่ได้หาประสิทธิภาพของชุดทดลองตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นแต่จะใช้วิธีประเมิน 2 วิธี ได้แก่ (1) วิธีอาศัยเกณฑ์ ซึ่งเป็นการตรวจสอบหรือประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลองที่นิยมประเมินจะเป็นชุดการสอนสาหรับกลุ่มกิจกรรม หรือชุดการสอน ที่ใช้ในศูนย์การเรียน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 สำหรับประเมินเนื้อหาประเภทความรู้ความจำ และใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 สำหรับเนื้อหาที่เป็นทักษะ ความหมายของตัวเลขเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าวมีความหมายดังนี้ 90 ตัวแรกหมายถึง ค่าร้อยละของ

ประสิทธิภาพในแบบทดสอบระหว่างใบงานการทดลอง (Pre-test) ประกอบด้วยผลการประกอบภารกิจต่าง ๆ โดยการนำเอาคะแนนที่ได้จากการวัด ภารกิจทั้งหลาย ทั้งรายบุคคลและกลุ่มย่อยทุกชิ้นมารวมกัน แล้วคำนวณหาค่าร้อยละเฉลี่ย ส่วน90 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนจากการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) ของผู้เรียนทุกคนนำมาคานวณหาค่าร้อยละเฉลี่ย ก็จะได้ค่าของตัวเลขทั้งสอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน (2) วิธีไม่ได้ตั้งเกณฑ์ไว้ล่วงหน้า เป็นการประเมินประสิทธิภาพของสื่อด้วยการเปรียบเทียบผลการสอบของผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้เรียนจากสื่อแล้วนั้น (Post-test) ว่าสูงกว่าผลการสอบก่อนเรียน (Pre-test) อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หากผลการเปรียบเทียบ พบว่าผู้เรียนได้คะแนนหลังการทดลองสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าสื่อนั้นมีประสิทธิภาพ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์ของชุดทดลอง

2.2.1 อุปกรณ์ควบคุม

2.2.1.1 โปรแกรมเมเบิลคอลโทลเลอร์ (Programmable Controller)

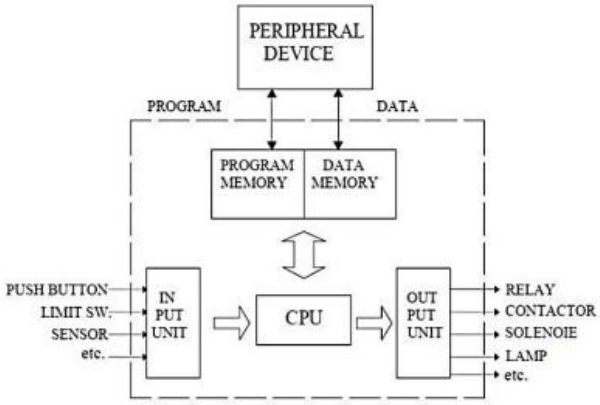
โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ ซึ่งถูกคิดขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย เนื่องจากใช้งานได้ง่ายกวา สามารถต่อเขากับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้โดยตรง ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC และถ้าต้องการเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่ นอกจากนี้ PLC ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อีกด้วย เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น (สุเธียร, 2558)

รูปที่ 2-7 โปรแกรมเมเบิลคอลโทลเลอร์

<u>โครงสร้างของ PLC</u>

- หน่วยอินพุต (Input Unit) ปจจุบันพีแอลซี ได้มีการพัฒนาใหมีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นมากสามารถรับสัญญาณได้ทั้งสัญญาณในรูปแบบ ON/OFF หรือสัญญาณแบบ Digital และสัญญาณ Analog ที่เป็นสัญญาณมาตรฐานต่างๆ เชน 4 – 20 มิลลิ แอมแปร 1 – 5 โวลต์หรือ 0-10 โวลต์ซึ่งอุปกรณ์อินพุตที่ใหสัญญาณได้แก Proximity Switch, Photo Switch Sensor, และ Temperature Sensor เป็นตน
- หน่วยเอาต์พุต (Output Unit) ทำหนาที่รับขอมูลจากตัวประมวลผล แลวส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เชน ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และโซลินอยด์วาล์ว เป็นตน
- หน่วยประมวลผล (CPU) จะทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในระบบ PLC เช่น การสั่งให้ PLC ทำงานตามคำสั่งที่ถูกโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำ CPU เป็นต้น

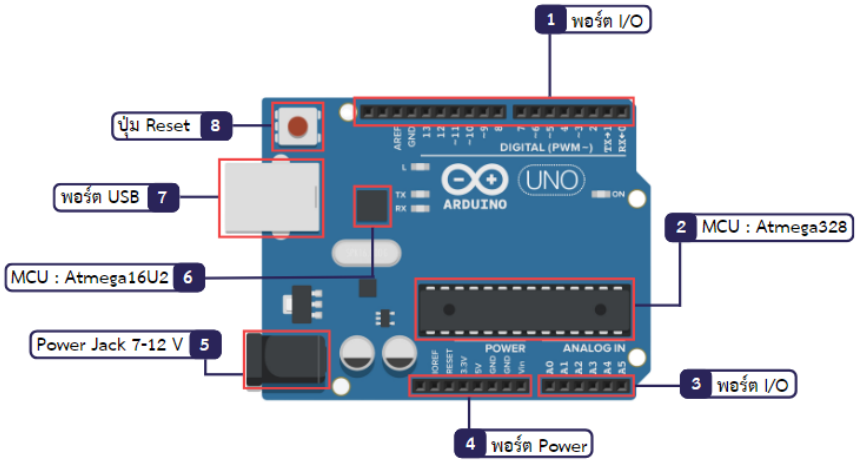
- หน่วยความจำ (Memory) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญเพราะใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมและข้อมูลหน่วยความจำภายใน PLC แบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่ Program (ROM) เก็บโปรแกรมจัดระบบงาน และ Data Memory (RAM) เก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข แสดงดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 โครงสร้างของ PLC

2.2.1.2 บอร์ด Arduino UNO R3

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกออกแบบเพื่อให้นักศึกษาที่ Interaction Design Institute Ivrea เมือง Ivrea ประเทศ Italy ได้ใช้ทดลองในการเรียนเพื่อลดค่าใช้จ่ายของนักศึกษาเนื่องจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในสมัยนั้นมีราคาแพง และยังสามารถพัฒนาการทำงานได้ด้วยโปรแกรมที่แจกฟรี (Open Sorce) และรูปแบบการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานก็ใช้โครงสร้างของภาษาซี ซึ่งเป็นสากลมีการใช้งานอย่างกว้างขวางมานาน ทำให้สามารถนำบอร์ด Arduino ไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างกว้างขวาง บอร์ด Arduino ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องมีให้เลือกใช้งานตามความต้องการของผู้พัฒนา เช่น บอร์ด Arduino UNO บอร์ด Arduino Nano บอร์ด Arduino Mega เป็นต้น ซึ่งบอร์ดแต่ละแบบก็จะมีสิ่งสนับสนุนที่อยู่บนบอร์ดแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังมีผู้พัฒนาบอร์ดสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ด้วยโดยจะเรียกว่า Shields เพื่อช่วยให้การนำบอร์ด Arduino ไปใช้งานสามารถทำงานได้สะดวกขึ้น (ศิริพงษ์ ฉายสินธ์, 2562) โดยมีส่วนประกอบของ Arduino UNO R3 แสดงดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 ส่วนประกอบของ Arduino UNO R3

หมายเลข 1 Port USB เป็น Port สำหรับเชื่อมต่อ Arduino Board เข้ากับคอมพิวเตอร์

หมายเลข 2 ATmega 328 เป็น Microcontroller ที่ใช้บน Arduino Board UNO

หมายเลข 3 I/O Pin เป็น Input และ Output ของ Arduino Board

หมายเลข 4 Power Input เป็น Port สำหรับเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอก

หมายเลข 5 ICSP Interface เป็น Interface สำหรับ โปรแกรม Bootloader

หมายเลข 6 ATmega 16U2 เป็น Microcontroller ที่ใช้บน Arduino Board UNO

หมายเลข 7 พอร์ต USB เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ Arduino Board เข้ากับคอมพิวเตอร์

หมายเลข 8 ปุ่ม Reset คือ ปุ่ม Reset สำหรับ Reset Arduino Board

2.2.1.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไดรเวอร์ (Stepping Motor Drive)

เป็นโมดูลควบคุม Stepper Motor หรือ DC Motor ที่มีช่องสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับ Stepper Motor จำนวน 4 เส้น และมีช่องป้อนสัญญาจากคอนโทรลเลอร์ 3 เส้น คือ PUL DIR ENABLE โดย PUL และ DIR เป็นขาควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจะเป็นการระบุทิศทางองศา และความเร็วในการหมุน ENABLE เป็นช่องที่ถูกปล่อยให้เป็น LOW ตลอดการใช้งาน เนื่องจากถ้ามีสถานะเป็น HIGH จะทำให้ Output ไปยัง Motor เป็น Disable Mode (จิรายุส คงวัน และปาริมา พร้อมพิมพ์, 2561) โดยมีส่วนประกอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไดรเวอร์ แสดงดังรูปที่ 2-10

รูปที่ 2-10 ส่วนประกอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไดรเวอร์

2.2.2 อุปกรณ์แหล่งจ่ายพลังงาน

2.2.2.1 เพาว์เวอร์ซัพพลาย (Power Supply)

เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่ออุปกรณ์เกือบทุกตัวในระบบคอมพิวเตอร์ ซัพพลายของคอมพิวเตอร์นั้นมีลักษณะการทำงาน คือทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์, 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ตามแต่ความต้องการของอุปกรณ์นั้นๆ โดยชนิดของพาวเวอร์ซัพพลาย ในคอมพิวเตอร์จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามเคส คือแบบ AT และแบบ ATX โดยมีส่วนประกอบของเพาว์เวอร์ซัพพลาย แสดงดังรูปที่ 2-11

รูปที่ 2-11 ส่วนประกอบของเพาว์เวอร์ซัพพลาย

- ฟิวส์ (Fuse) ป้องกันวงจรพาวเวอร์ซัพพลายทั้งหมดจากกระแสไฟแรงสูง
- วงจรกรองแรงดัน (Filter Circuit) กรองแรงดันไฟที่เข้ามา เพื่อป้องกันไฟกระชากไม่ให้วงจรเกิดความเสียหาย ภาคเรคติไฟเออร์ (Rectifier) แปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ปรับแรงดันไฟกระแสตรงที่ออกมาจากภาคเรคติไฟเออร์ให้เป็นไฟกระแสตรงที่เรียบจริง ๆ
- ไดโอดบริดจ์เรคติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) อาจใช้เป็นไอซีหรือไดโอด 4 ตัวต่อกัน
- วงจรควบคุม (Control Circuit) ควบคุมวงจรสวิตชิ่ง โดยตรวจสอบว่าจะจ่ายแรงดันทั้งหมดให้กับระบบหรือไม่ และสั่งการให้วงจรสวิตชิ่งทำงานต่อไป
- วงจรสวิตชิ่ง (Switching Circuit) ทำงานร่วมกับวงจรควบคุม โดยถ้าวงจรควบคุมส่งสัญญาณมาว่าให้ทำงาน ก็จะเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากภาคเรคติไฟเออร์ไปให้กับหม้อแปลงต่อไป
- หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) แปลงแรงดันไฟกระแสตรงสูงให้มีระดับแรงดันลดต่ำลง
- วงจรควบคุมแรงดัน (Voltage Control Circuit) กำหนดค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับมาจากหม้อแปลงไฟฟ้า ให้ได้แรงดันที่เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ขนาด 3.3V 5V และ 12V เป็นต้น

2.2.3 อุปกรณ์อินพุต

2.2.3.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push button Switch)

รูปที่ 2-12 สวิตช์ปุ่มกด

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สวิตช์นี้จะมีหน้าสัมผัส (Contact) แบบปกติเปิด (Normally Open ; NO) และแบบปกติปิด (Normally Close ; NC)

ชุด เมื่อกดปุ่มแล้วหน้าสัมผัสทั้งคู่ดังกล่าวจะเปลี่ยนตำแหน่ง และเมื่อปล่อยมือหน้าสัมผัสทั้งคู่จะกลับคืนตำแหน่งเดิมโดยไม่ค้างตำแหน่งด้วยแรงดันของสปริง เราเรียกการทำงานของหน้าสัมผัสนี้ว่า Momentary Contact ลักษณะรูปแบบของสวิตช์ปุ่มกดมีหลายลักษณะ (ธนวัฒน์ สิงหาทุม และคณะ, 2564)

2.2.3.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุโฟโตอิเล็กทริกแบบอินฟราเรด

รูปที่ 2-13 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุโฟโตอิเล็กทริกแบบอินฟราเรด

เป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกชนิดมีระยะตรวจจับวัตถุไกล เวลาตอบสนองรวดเร็ว ใช้กับงานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับสูง และตรวจจับวัตถุได้โดยไม่สัมผัส ตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับ (อรวรรณ โจมภาค, 2561)

2.2.3.3 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)

รูปที่ 2-14 ลิมิตสวิตช์

เป็นอุปกรณ์เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจำกัดระยะทางและตัด/ต่อวงจรการทำงานของระบบอัตโนมัติต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปโครงสร้างของลิมิตสวิตช์จะมีลักษณะเป็นกล่องสวิตช์สี่เหลี่ยมขนาดกะทัดรัด ซึ่งประกอบด้วยปุ่มสวิตช์เปิด/ปิดหลากหลายรูปทรงให้เลือกใช้งาน และภายในจะเป็นจุดเชื่อมต่อที่มีหลักการทำงาน 2 ลักษณะ ได้แก่ ปกติเปิด (NO) ไม่จ่ายกระแสไฟ และปกติปิด (NC) จ่ายกระแสไฟ โดยสามารถเลือกต่อวงจรให้เหมาะสมกับรูปแบบการทำงานได้ตามต้องการ ดังนั้นลิมิตสวิตช์จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ทั้งเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม สายพานลำเลียง รอกโซ่ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป (Thailand CRANE, 2564)

2.2.3.4 โหลดเซลล์ (Load Cell)

รูปที่ 2-15 โหลดเซลล์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ทางเราสามารถนำสัญญาณทางไฟฟ้านี้ไปจ่ายเข้าจอแสดงผล Display แสดงค่าเป็นน้ำหนักหรือแรงที่กระทำให้คนเห็นได้ โหลดเซลล์ถูกสร้างมาจาก Strain Gauge ที่ จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวิจสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งสามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, 2563)

2.2.4 อุปกรณ์เอาต์พุต

2.2.4.1 หลอดไฟแสดงการทำงาน (Pilot lamp)

รูปที่ 2-16 หลอดไฟแสดงการทำงาน

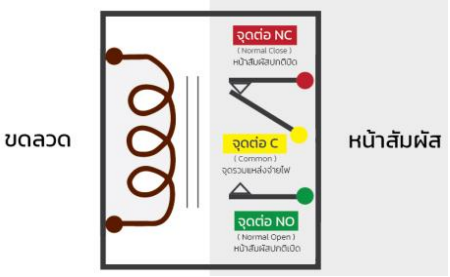
เป็นหลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องจักรในสถานะต่างๆ นิยมติดตั้งอยู่บริเวณตู้ควบคุม โดยมีหน้าที่หลักคือ บอกสถานะการทำงาน เช่น กำลังทำงานอยู่, หยุดการทำงาน, แจ้งเตือนในกรณีที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงสถานะอื่นๆ ได้ตามสีของหลอดไฟ ตามที่ผู้ออกแบบกำหนด (บุลวัชร์ เจริญยืนนาน, 2564)

2.2.4.2 รีเลย์ (relay)

รูปที่ 2-17 รีเลย์

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ไฟ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมวงจร ต่าง ๆ รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส (contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ คล้ายกับสวิตซ์ (บุลวัชร์ เจริญยืนนาน, 2564)

ส่วนประกอบของรีเลย์



รูปที่ 2-18 ส่วนประกอบของรีเลย์

- ขดลวด(coil) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตัวควบคุมหรือ controller เพื่อเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กในการทำให้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact) ให้เปลี่ยนตำแหน่ง
- หน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ ที่กำหนด ทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

2.2.4.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor)

รูปที่ 2-19 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

เป็นมอเตอร์ที่มีการหมุนเป็นขั้นๆ (Step) ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการควบคุมได้สะดวก สเตปเปอร์มอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC MOTOR) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงทั่วไปเมื่อให้กระแสไฟฟ้าจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบทีละขยัก ได้ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรง JECTI ทั่วไปจึงควบคุมได้ยาก สเตปเปอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการกำหนดตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของสเตปเปอร์มอเตอร์ คือ แกนของมอตอร์จะหมุนด้วยมุมค่าคงที่เมื่อมีสัญญาณ Pulse มากระตุ้น เช่น จะขับเคลื่อนทีละขั้น ๆ ละ 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและการออกแบบ เนื่องจากการควบคุมสเตปเปอร์มอเตอร์สามารถใช้สัญญาณดิจิตอลควบคุมได้โดยตรง และสามารถบังคับทิศทางและความเร็วของแกนหมุน สเตปเปอร์มอเตอร์เป็นที่นิยมมาใช้ในงานที่ต้องการควบคุมองศาการหมุนของมอเตอร์ พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter) (พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร, 2555)

2.2.4.4 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor)

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายของมอเตอร์เป็นพลังงานจลน์ ซึ่งการแปลงพลังงานดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายประเภทที่สามารถนำไปใช้งานในทั้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรมต่าง ๆ (นายช่างมาแชร์, 2564)

รูปที่ 2-20 ดีซีมอเตอร์

2.2.4.5 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

รูปที่ 2-21 เซอร์โวมอเตอร์

เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกลหรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่หมุน (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง (ศิวะพร มหัคพิเชียร, 2562)

2.2.4.6 ดิจิตอลโหลดเซลล์ (Digital Load Cell Transmitter)

รูปที่ 2-22 ดิจิตอลโหลดเซลล์

เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าแรงดันไฟ DC จากวงจรภายในโหลดเซลล์ (Load Cell Circuit) หรือวงจรบริดจ์ (Bridge Circuit) ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกมาตรฐาน (Analog Signal) ทางด้านเอาต์พุต (Output) เช่น 4-20 mA, 0-10V เป็นต้น โดยที่อินพุต-เอาต์พุตแยกอิสระจากกัน (Isolation) ทำให้ไม่เกิดการรบกวนสัญญาณต่อกัน โดย Digital Load Cell Transmitter (อุปกรณ์แปลงสัญญาณโหลดเซลล์เป็นสัญญาณอนาล็อกแบบดิจิตอล) จะสามารถรับชนิดของ Load Cell ได้หลายประเภท อาทิ แรงกด (Compression), แรงดึง (Force) หรือน้ำหนัก (Weight) เป็นต้น โดยหลักการทำงานของโหลดเซลล์ (Load Cell) เมื่อมีแรงมากระทำจะถูกเปลี่ยนแปลงออกมาในรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า (mV/V)

ซึ่งภายในโหลดเซลล์ (Load Cell) จะมีตัว Strain-Gauge จำนวน 4 ตัว อยู่ภายใน ซึ่งเป็นความต้านทานที่จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงกดหรือแรงดึง จัดเรียงในรูปแบบของวงจรบริดจ์ (Bridge Circuit) โดยโหลดเซลล์ (Load Cell) และอุปกรณ์แปลงสัญญาณโหลดเซลล์เป็นสัญญาณอนาล็อก (บริษัท ไพรมัส จำกัด, 2565)

2.2.4.7 หน้าจอ HMI (Human Machine Interface)

รูปที่ 2-23 หน้าจอ HMI

เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นสื่อกลางในการรับ ส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้กับระบบอัตโนมัติ เพื่อแสดงผลในกระบวนการนั้นๆ ให้ผู้ใช้เข้าใจและเห็นการทำงานของกระบวนการในขณะนั้นได้ โดยดูแบบจำลองอุปกรณ์ต่างๆในหน้าจอของโปรแกรม ที่สร้างขึ้นคล้ายกับอุปกรณ์ของจริงตามกระบวนการให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถเข้าใจ และใช้งานได้ง่าย เช่นการสร้างภาพเสมือนจริงเกี่ยวกับกระบวนการในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม (วชิรวิทย์ สาเลิศ และ วรพล กันทะษา, 2557)

2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ณัฐดนัย (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “แบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพารลำเลียง” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสร้างแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง เพื่อประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง และเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีโครงสร้างที่สะดวกและเหมาะสมในการใช้งาน และสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และรายวิชาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่ออาชีพได้เป็นอย่างดี จากผลการวิจัยพบว่า การทำงานของแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงสามารถคัดแยกวัตถุที่เป็นโลหะและอโลหะได้ตามเงื่อนไขและสามารถคัดแยกวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการได้ถูกต้องรวมถึงคุณภาพของแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงที่สร้างขึ้น มีระดับการประเมินด้านการออกแบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการใช้งานอยู่ในระดับมาก ด้านคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานสำเลียงที่สร้างขึ้นสามารถจำแนกวัตถุและตำแหน่งที่ต้องการคัดแยก วัตถุที่เป็นโลหะและอโลหะได้อย่างถูกต้อง แม่นยำคิดเป็นร้อยละ 100 และระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงอยู่ในระดับมาก

สนิท (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การออกแบบและสร้างชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ ซึ่งชุดฝึกในวิจัยนี้ประกอบด้วย 1) เครื่องคัดแยกความสูงชิ้นงาน 1 ชุด 2) ใบงานทดลองและใบเฉลย

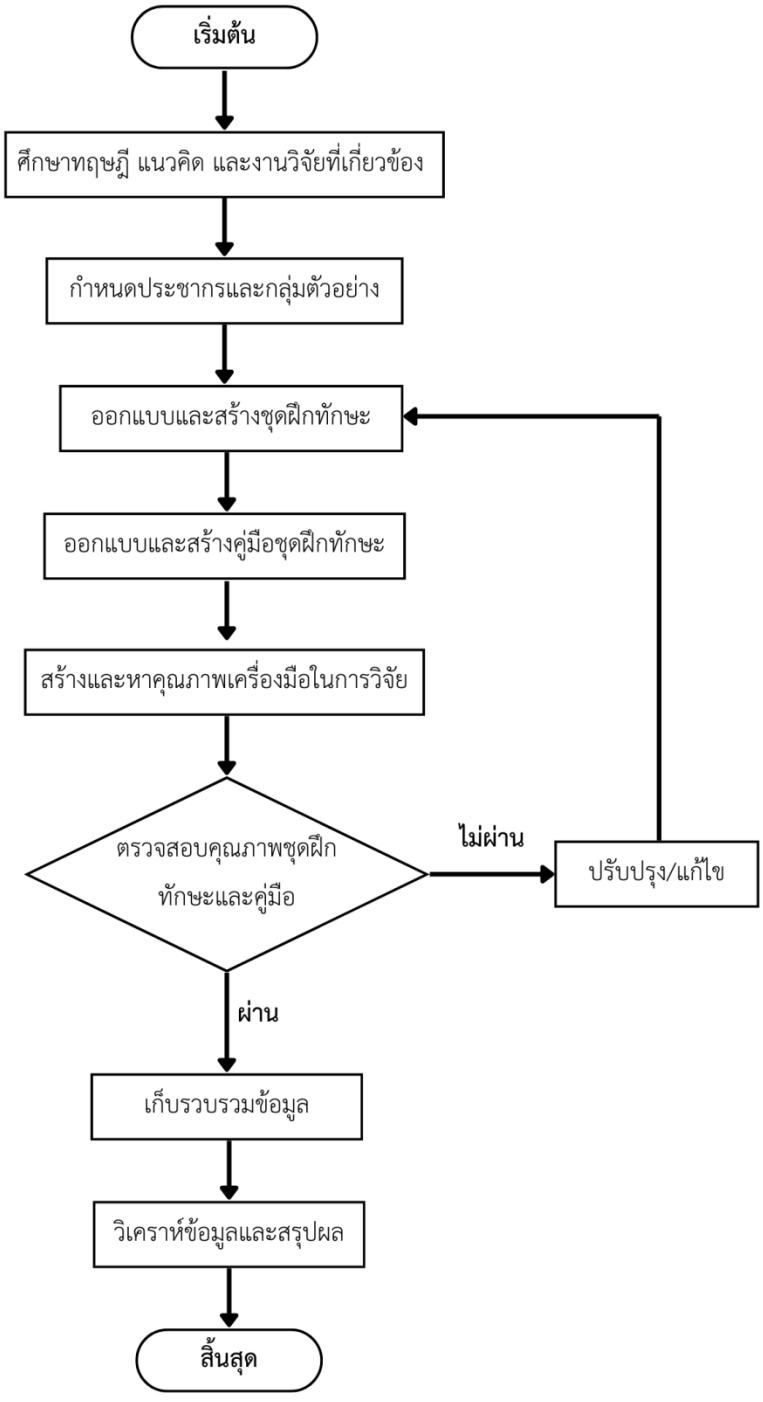
7ชุด และ 3) สื่อการสอน โดยที่ชุดฝึกนี้สามารถคัดแยกความสูงของชิ้นงานได้ 3 ขนาด คือ 60 มม. 80 มม. และ 100 มม. ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสม มีความสะดวกในการใช้งานได้ง่าย และสามารถใช้งานได้จริง ส่วนในการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทำโดยการเก็บข้อมูลในการใช้สอนกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคมอัตโนมัติชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน และได้ทำการหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์พบว่า ด้านคุณภาพของชุดฝึกมีค่าระดับคะแนนดีมาก ($\bar{X}$ = 4.59, S.D. = 0.55) ด้านคุณภาพใบงานมีค่าระดับคะแนนดีมาก ($\bar{X}$= 4.55, S.D.= 0.55) และคุณภาพโดยรวมทั้งหมดมีค่าระดับคะแนนดีมาก ($\bar{X}$= 4.57, S.D. = 0.55) ค่าประสิทธิภาพของชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 91.43/91.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 90/90 และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

พลาธิป และคณะ (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การนำระบบ IoT มาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตเชื่อมโลหะแบบจุด” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการเก็บข้อมูลด้วยระบบ IoT และแสดงผลสถานการณ์การผลิตบนเว็บไซต์แบบเรียลไทม์ (Real – time) ซึ่งในวิจัยนี้ได้นำ IoT มาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตจำนวน 5 สายการผลิต เพื่อบันทึกสถานะของเครื่องเชื่อม ชื่อชิ้นงานที่ผลิต จำนวนที่สั่งผลิต จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง ผลต่างของการผลิต และเวลาทำงานของเครื่องเชื่อมลงในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์แทนการจดบันทึกลงในกระดาษในแต่ละวัน ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นมานี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การเก็บข้อมูลจากเครื่องเชื่อม 2) การบันทึกข้อมูลลงในไฟล์เซิร์ฟเวอร์ (File server) โดยใช้โปรแกรม NAPOPC ร่วมกับ LabView และ 3) การแสดงผลด้วยเว็บไซต์พัฒนาโดยใช้ HTML, CSS, JavaScript และ PHP –Mysql ด้วยการติดตั้งระบบ IoT นี้ สถานการณ์การผลิตสามารถรายงานหรือตรวจสอบได้ทันทีทางออนไลน์ข้อมูลการผลิตจะได้รับการอัพเดตและแสดงบนหน้าจอทุกนาที และข้อมูลมีความถูกต้องมากกว่า 95 % สามารถลดงานของพนักงานในการบันทึกข้อมูลในสายการผลิตนี้ และข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพอุปกรณ์โดยรวม (OEE) ของการผลิต

วิยศพล (2565) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของเครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนในสภาวะการทำงานที่ปกติและผิดปกติแบบเวลาจริง โดยระบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้เซนเซอร์ Pzem-004T สำหรับตรวจวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ตัวประมวลผล Node MCU ESP8266 ใช้สำหรับประมวลผลค่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์และส่งข้อมูลขึ้นไปบันทึกและจัดเก็บบนคลาวด์ของเน็ตพายแพลตฟอร์ม โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาแสดงผลบนเน็ตพายฟรีบอร์ดและแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ตามสถานะการทำงานที่มีการเปลี่ยนแปลง จากการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและการตอบสนองในการตรวจวัด แสดงผล และแจ้งเตือน พบว่าระบบสามารถตรวจวัดและแสดงผลค่าข้อมูลได้ถูกต้องสามารถบ่งชี้และแจ้งเตือนสภาวะการทำงานที่ผิดปกติได้อย่างแม่นยำทุก ๆ เงื่อนไขในการเฝ้าติดตามและแจ้งเตือนสถานะการทำงานที่ผิดปกติของเครื่องอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อนได้อย่างสมบูรณ์รวมถึงสามารถนำค่าข้อมูลที่บันทึกและจัดเก็บมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้ารายละเอียด วางแผน เตรียมการ และเรียบเรียงข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาทฤษฎี แนวคิด งานวิจัย และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งกำหนดขอบเขต วัตถุประสงค์เกี่ยวข้องกับวิจัย จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุม เช่น PLC เกี่ยวกับการควบคุมการทำงานทั้งระบบ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไดรเวอร์เกี่ยวกับการควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นต้น อุปกรณ์แหล่งจ่ายพลังงาน เช่น เพาว์เวอร์ซัพพลายเกี่ยวกับการเป็นแหลงจ่ายพลังงานให้อุปกรณ์ทั้งระบบ อุปกรณ์อินพุต เช่น สวิตช์ปุ่มกดเกี่ยวกับการสั่ง/หยุดการทำงาน ลิมิตสวิตช์เกี่ยวกับการสั่ง/หยุดจ่ายชิ้นงาน เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโฟโตอิเล็กทริกแบบอินฟราเรดเกี่ยวกับการสั่งให้สายพานเคลื่อนที่/หยุดการเคลื่อนที่ และอุปกรณ์เอาต์พุต เช่น ดีซีมอเตอร์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นต้น จึงได้นำมาสร้างเป็นชุดฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ไดอะแกรมควบคุมแบบจำลองการบรรจุภัสณฑ์ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม และจากการศึกเอกสารที่เกี่ยวข้องของ สนิท ขวัญเมือง (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์เครื่องบรรจุชิ้นงานอัตโนมัติ จากข้อเสนอแนะที่ว่าควรพัฒนาสร้างให้เป็นระบบแมคคาทรอนิกส์ที่มีหลาย ๆ รูปแบบ เช่น จุดส่งจ่ายชิ้นงาน ชุดประกอบชิ้นงานเป็นต้น ทางผู้จัดทำจึงได้สร้างเป็นระบบที่มีจุดจ่ายชิ้นงานลงกล่อง จุดชั่งน้ำหนัก และจุดปิดฝากล่อง และของ สนิท ขวัญเมือง (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ จากข้อเสนอแนะที่ว่าควรพัฒนาชุดฝึกด้านแมคคาทรอนิกส์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนนั้นควรมีการศึกษาเกี่ยวกับระบบการผลิตต่าง ๆ เพื่อนำมาออกแบบและสร้างให้มีหลาย ๆ รูปแบบ และนำไปใช้ในสถานประกอบการต่อไป ทางผู้จัดทำจึงได้สร้างให้มีระบบกระบวนการผลิตที่มี 3 รูปแบบคือ การบรรจุชิ้นงานลงกล่อง การชั่งน้ำหนัก และการปิดฝากล่อง นอกจากนี้ทางผู้จัดทำก็ยังได้เพิ่มในส่วนของจอแสดงผลการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งทั้ง 2 งานวิจัยยังไม่มีในส่วนนี้

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 121 คน

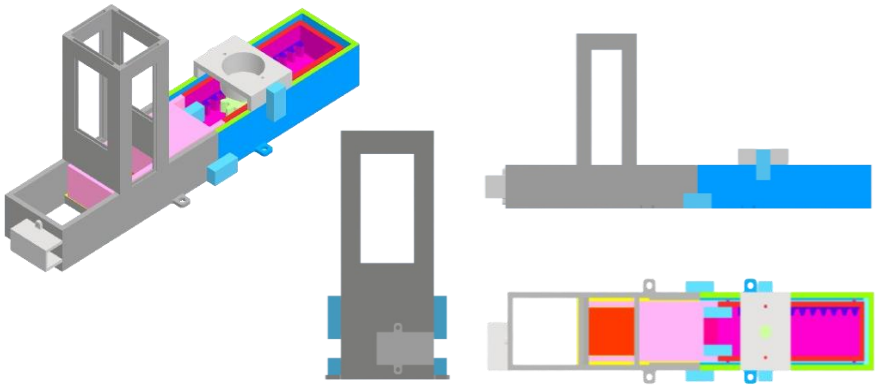
3.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ชั้นปีที่ 3 จำนวน 11 คน ที่ผ่านการลงทะเบียนเรียนรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3.3 ออกแบบและสร้างชุดทดลอง

3.3.1 ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และปรึกษาหารือกับโรงงานอุตสาหกรรม ถึงกระบวนการผลิตเพื่อถอดองค์ความรู้ของกระบวนการผลิตมาสร้างชุดทดลอง โดยเลือกกระบวนการการบรรจุภัณฑ์จากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมทั้งหมด

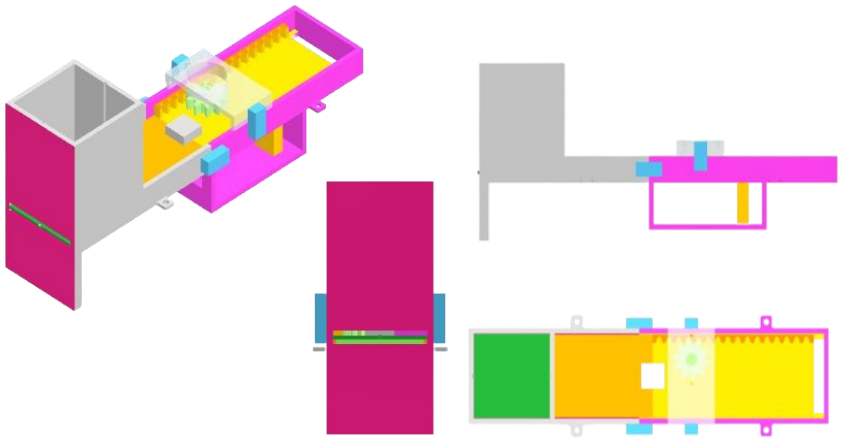
3.3.2 ออกแบบชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) โมดูลจ่ายชิ้นงาน มีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร และสูง 16 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก และใช้มอเตอร์ DC ในการขับเฟืองให้กลไกเคลื่อนที่ โดยมีลิมิตสวิตช์ 2 ตัว เป็นตัวสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน แสดงดังรูปที่ 3-2



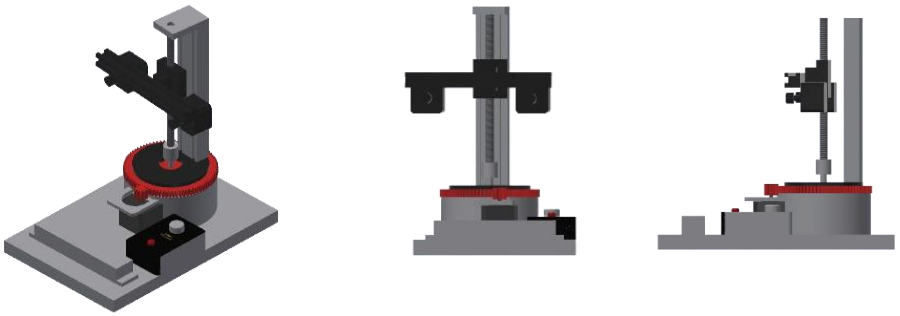
รูปที่ 3-2 โมดูลจ่ายชิ้นงาน

2) โมดูลจ่ายฝา มีขนาดกว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร และสูง 17 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก และใช้มอเตอร์ DC ในการขับเฟืองให้กลไกเคลื่อนที่ โดยมีลิมิตสวิตช์ 2 ตัว เป็นตัวสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน แสดงดังรูปที่ 3-3



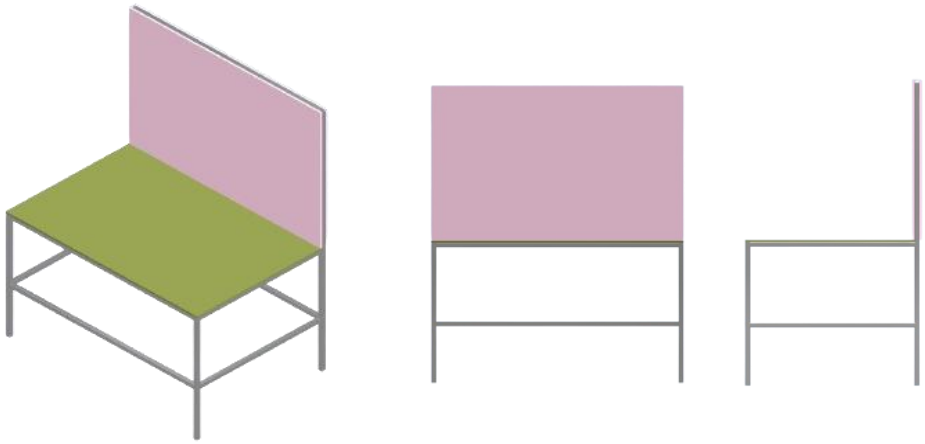
รูปที่ 3-3 โมดูลจ่ายฝา

3) แขนกล มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 37 เซนติเมตร วัสดุประกอบจากชิ้นส่วนพลาสติก รางสไลด์ชุดบอลสกรู และใช้สเต็ปมอเตอร์ในการหมุนแกนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3-4



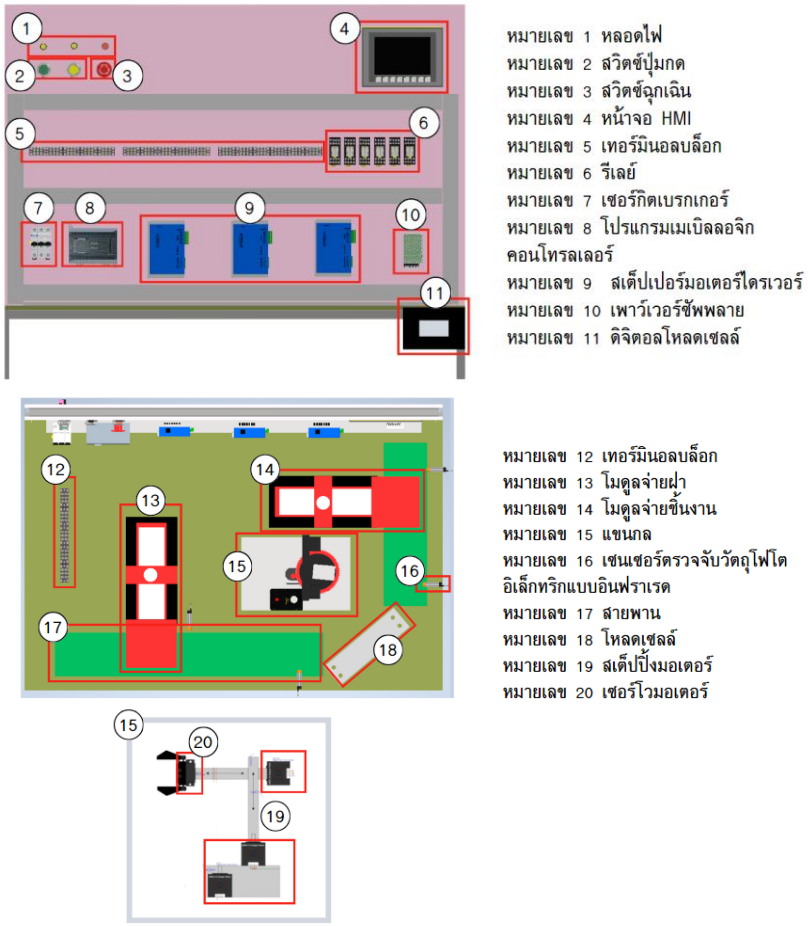
รูปที่ 3-4 ชุดแขนกล

4) โครงสร้างโต๊ะชุดทดลอง มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร วัสดุโครงสร้างทำจากสแตนเลสกล่อง และแผ่นไม้กระดานเพื่อเป็นที่รองรับอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 โครงสร้างโต๊ะชุดทดลอง

5) ออกแบบชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยมีการออกแบบจัดวางอุปกรณ์ แสดงดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 การจัดวางอุปกรณ์ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.3.3 สร้างชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 3-7

รูปที่ 3-7 ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.4 ออกแบบและสร้างคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.4.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหาในรายละเอียดของหลักสูตร (มคอ.2) หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2563 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3.4.2 ออกแบบและสร้างคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ แสดงดังภาพที่ 3-8 ประกอบด้วย

1) เนื้อหา โดยแบ่งเป็นหัวข้อหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนแหล่งจ่ายพลังงาน ส่วนควบคุม ส่วนอินพุต และส่วนเอาต์พุต

2) ใบปฏิบัติงาน จำนวน 11 ใบปฏิบัติงาน

3) แบบทดสอบปฏิบัติ

รูปที่ 3-8 คู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.5 สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.5.1 การสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพชุดทดลอง

2) วิเคราะห์และออกแบบแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง

3) สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้วยรูปแบบการวัดเป็นแบบใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านโครงสร้าง 2) ด้านลักษณะการใช้งาน 3) ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

4) นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมิน ความสอดคล้องของรายการประเมินกับหัวข้อการประเมิน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินไม่สอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

5) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการประเมินกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าหัวข้อการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

6) สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองฉบับสมบูรณ์

3.5.2 การสร้างและหาคุณภาพของคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพคู่มือการใช้งาน

2) วิเคราะห์และออกแบบแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้งานชุดทดลอง

3) สร้างแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้วยรูปแบบการวัดเป็นแบบใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการออกแบบคู่มือการใช้งาน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านการนำคู่มือการใช้งานไปใช้ประโยชน์

4) นำแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้งานชุดฝึกทักษะไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของรายการประเมินกับหัวข้อการประเมิน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินไม่สอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

5) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการประเมินกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าหัวข้อการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

6) สร้างแบบประเมินคุณภาพคู่มือการใช้งานชุดฝึกทักษะฉบับสมบูรณ์

3.5.3 การสร้างและหาคุณภาพของใบปฏิบัติงาน

1) ศึกษาคำอธิบายรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา

2) สร้างใบปฏิบัติงาน ตามจุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา ซึ่งจะมีใบปฏิบัติงานทั้งหมด 11 ใบปฏิบัติงาน

3) นำใบปฏิบัติงานให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของขั้นตอนการปฏิบัติงานกับวัตถุประสงค์การสอน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานสอดคล้อกับหัวข้อการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานสอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่สอดคล้องกับหัวข้อการประเมิน

4) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องขั้นตอนการปฏิบัติงานกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าหัวข้อการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

5) สร้างใบปฏิบัติงานฉบับสมบูรณ์

3.5.4 การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบปฏิบัติ

1) ศึกษาคำอธิบายรายวิชาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา

2) สร้างแบบทดสอบปฏิบัติตามจุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา ซึ่งจะมีแบบทดสอบปฏิบัติทั้งหมด 1 แบบทดสอบปฏิบัติ

3) นำแบบทดสอบปฏิบัติให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของรายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติกับวัตถุประสงค์การสอน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติสอดคล้อกับวัตถุประสงค์การสอน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติสอดคล้อกับวัตถุประสงค์การสอน

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การสอน

4) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าวัตถุประสงค์การสอนผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

5) สร้างแบบทดสอบปฏิบัติฉบับสมบูรณ์

3.5.5 การสร้างและหาคุณภาพของใบประเมินผลใบปฏิบัติงาน

1) ศึกษาจุดประสงค์ ขอบข่ายของเนื้อหาการฝึกปฏิบัติที่ได้กำหนดไว้

2) สร้างใบประเมินผลใบปฏิบัติงานตามจุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา ซึ่งจะมีใบประเมินผลใบปฏิบัติงานทั้งหมด 11 ใบประเมินผล

3) นำใบประเมินผลใบปฏิบัติงานให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินผลกับรายการประเมิน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลสอดคล้อกับรายการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลสอดคล้อกับรายการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลไม่สอดคล้อกับรายการประเมิน

4) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่ารายการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

5) สร้างใบประเมินผลใบปฏิบัติงานฉบับสมบูรณ์

3.5.6 การสร้างและหาคุณภาพของใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติงาน

1) ศึกษาจุดประสงค์ ขอบข่ายของเนื้อหาการฝึกปฏิบัติที่ได้กำหนดไว้

2) สร้างใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติตามจุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายของเนื้อหา ซึ่งจะมีใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติทั้งหมด 1 ใบประเมินผล

3) นำใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินผลกับรายการประเมิน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลสอดคล้อกับรายการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลสอดคล้อกับรายการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินผลไม่สอดคล้อกับรายการประเมิน

4) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการคำสั่งของแบบทดสอบปฏิบัติกับหัวข้อการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่ารายการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

5) สร้างใบประเมินผลแบบทดสอบปฏิบัติฉบับสมบูรณ์

3.5.7 การสร้างและหาคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินความพึงพอใจ

2) วิเคราะห์และออกแบบแบบประเมินความพึงพอใจ

3) สร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้วยรูปแบบการวัดเป็นแบบใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ด้านผู้สอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านชุดฝึกทักษะ 4) ด้านการวัดผลและประเมินผล

4) นำแบบประเมินความพึงพอใจที่ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมิน ความสอดคล้องของรายการประเมินกับด้านการประเมิน โดยใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับด้านการประเมิน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการประเมินสอดคล้องกับด้านการประเมิน

-1 หมายถึง แน่ใจว่ารายการประเมินไม่สอดคล้องกับด้านการประเมิน

5) นำผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามาหาค่าดัชนีความสอดคล้องรายการประเมินกับด้านการประเมิน (IOC) เมื่อพิจารณาผลจากผู้เชี่ยวชาญพบว่าด้านการประเมินผ่านเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกรายการ

6) สร้างแบบประเมินความพึงพอใจฉบับสมบูรณ์

3.6 เก็บรวบรวมข้อมูล

3.6.1 ดำเนินการหาคุณภาพของชุดทดลองและคู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ที่สร้างขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมิน แสดงดังรูปที่ 3-9

รูปที่ 3-9 การหาคุณภาพของชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.6.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยผู้วิจัยเปนผูสอนเองตามขั้นตอนและวิธีการสอนดำเนินตามคูมือการใช้งาน และสอนการปฏิบัติงานตามใบปฏิบัติงาน ครั้งละ 1 ใบปฏิบัติงาน พร้อมทั้งสาธิตการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ แล้วให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติตามใบปฏิบัติงานจนครบ 11 ใบปฏิบัติงาน จากนั้นผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องแต่ละใบปฏิบัติงาน พร้อมทั้งปรับแต่งในประเด็นที่ผู้เรียนยังทำใบปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง และผู้สอนประเมินผลการปฏิบัติงาน แสดงดังรูปที่ 3-10

รูปที่ 3-10 การจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง

3.6.3 ทดสอบปฏิบัติหลังเรียน หลังจากผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างผ่านการเรียนการสอน ครบทุกใบปฏิบัติงาน จึงทำการทดสอบปฏิบัติหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบปฏิบัติหลังเรียน แสดงดังภาพที่ 3-11

รูปที่ 3-11 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน

3.6.4 ผู้เรียนประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

3.7 วิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำผลจากการประเมินคุณภาพแสดงความคิดเห็นจากเชี่ยวชาญแต่ละท่านมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.7.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ โดยใช้เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ คือ E1/E2 โดย E1 คือ ผลจากการทำใบปฏิบัติงาน และ E2 คือ ผลของการทำแบบทดสอบปฏิบัติ นำมาคิดเป็นร้อยละเฉลี่ย โดยกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80/80

3.7.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ด้านผู้สอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านชุดฝึกทักษะ 4) ด้านการวัดผลและประเมินผล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

บทที่ 4
ผลการวิจัย และอภิปรายผล/วิจารณ์ผล

ในการวิจัยเรื่องการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ผู้จัดทำได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์เป็นลำดับขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

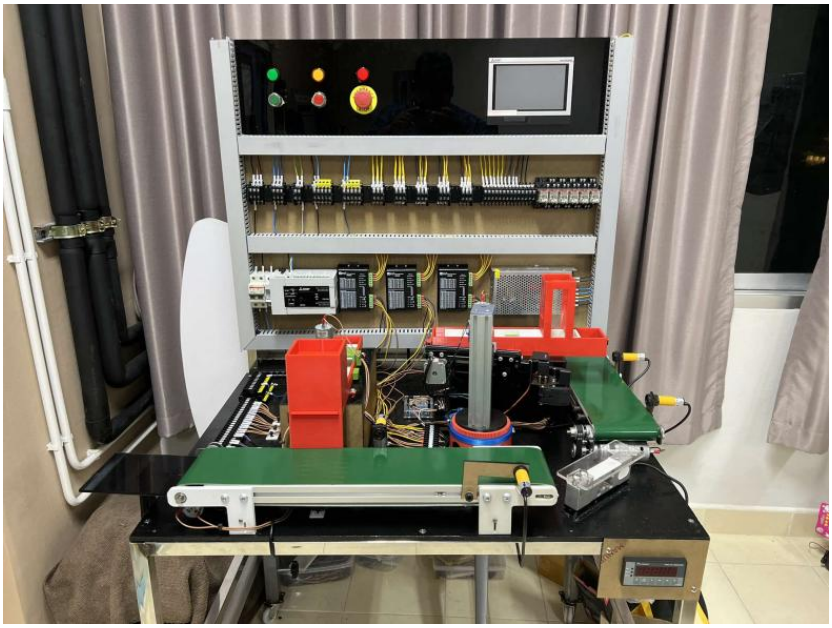
4.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4.3 ประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4.1 ผลการสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

4.1.1 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ที่สร้างเป็นชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสามารถทำงานได้ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมตามใบปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 การสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ให้พร้อมรับมือกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

4.1.1 ผลการสร้างคู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ สำหรับครูและนักเรียน ซึ่งสามารถทำงานได้ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมตามใบปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 4-2

รูปที่ 4-2 คู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์สำหรับครูและนักเรียน

4.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

4.2.1 การประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ที่สร้าง ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) ด้านโครงสร้าง 2) ด้านลักษณะการใช้งาน 3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม 4) การนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านโครงสร้าง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1.1 ความแข็งแรงของโครงสร้างของชุดทดลอง	4.33	0.58	ดี
1.2 ขนาดรูปร่างของชุดทดลองเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
1.3 การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
1.4 การจัดตำแหน่งอุปกรณ์บนชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.67	0.58	ดีมาก
1.5 ชุดทดลองมีความทันสมัย มีความน่าสนใจ	4.33	1.15	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.40	0.26	ดี

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง โดยภาพรวมทั้ง 5 หัวข้อ มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 เมื่อพิจารณาในแต่ละรายการประเมินพบว่า การจัดตำแหน่งอุปกรณ์บนชุดทดลองมีความเหมาะสม มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนความแข็งแรงของโครงสร้างของชุดทดลอง ขนาดรูปร่างของชุดทดลองเหมาะสมกับการใช้งาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองมีความเหมาะสม และชุดทดลองมีความทันสมัย มีความน่าสนใจ มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 4.33 4.33 และ 4.33 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านลักษณะการใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
2.1 ใช้งานง่าย และสะดวกในการปฏิบัติงานของชุดทดลอง	4.33	0.58	ดี
2.2 ความปลอดภัยในการใช้ขณะฝึกปฏิบัติชุดทดลอง	4.00	1.00	ดี
2.3 มีคู่มือการใช้งานอย่างชัดเจน	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายของชุดทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
2.5 ความสะดวกในการเก็บและบำรุงรักษา	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.61	0.39	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านลักษณะการใช้งาน โดยภาพรวมทั้ง 6 หัวข้อ มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่า มีคู่มือการใช้งานอย่างชัดเจน พัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติชุดทดลอง ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายของชุดทดลอง และความสะดวกในการเก็บและบำรุงรักษา มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 5.00 4.67 และ 4.67 ตามลำดับ ส่วนใช้งานง่ายและสะดวกในการปฏิบัติงานของชุดทดลอง และความปลอดภัยในการใช้ขณะฝึกปฏิบัติชุดทดลอง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และ 4.00 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-3 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
3.1 ชุดทดลองสามารถถอด เปลี่ยนอุปกรณ์ได้ง่าย	4.67	0.58	ดีมาก
3.2 ชุดทดลองสามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่าย	4.00	1.00	ดี
3.3 ชุดทดลองสามารถตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ชำรุดได้ง่าย	5.00	0.00	ดีมาก
3.4 จัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมได้สะดวก	4.67	0.58	ดีมาก
3.5 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้งานและรักษา	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.60	0.36	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม โดยภาพรวมทั้ง 5 หัวข้อ มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่า ชุดทดลองสามารถตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ชำรุดได้ง่าย ชุดทดลองสามารถถอด เปลี่ยนอุปกรณ์ได้ง่าย จัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมได้สะดวก และการบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้งานและรักษา มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 4.67 4.67 และ 4.67 ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองสามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่าย มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

ตารางที่ 4-4 ผลการประเมินชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
4.1 ชุดทดลองสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้	5.00	0.00	ดีมาก
4.2 ชุดทดลองสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
4.3 ชุดทดลองใช้งานง่าย ผู้สอนและผู้เรียนสามารถเข้าถึงและนำไปใช้ได้สะดวก	4.67	0.58	ดีมาก
4.4 ชุดทดลองส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและทำงานร่วมกันได้	5.00	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.92	0.29	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ตามตาราง โดยภาพรวมทั้ง 4 หัวข้อ มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.92 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่า ชุดทดลองสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ ชุดทดลองสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ ชุดทดลองส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและทำงานร่วมกันได้ และชุดทดลองใช้งานง่าย ผู้สอนและผู้เรียนสามารถเข้าถึงและนำไปใช้ได้สะดวก มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 5.00 5.00 และ 4.67 ตามลำดับ

4.2.2 การประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการออกแบบคู่มือการใช้งาน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านการนำคู่มือการใช้งานไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 4-5 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการออกแบบคู่มือการใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1.1 คู่มือการใช้งานมีความสวยงาม น่าสนใจ และดึงดูดให้ศึกษา	4.67	0.58	ดีมาก
1.2 ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้งานเข้าใจง่าย สั้นกระชับ และเหมาะสมกับผู้เรียน	4.67	0.58	ดีมาก
1.3 รูปภาพ ตาราง หรือกราฟประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	5.00	0.00	ดีมาก
1.4 การจัดรูปแบบของคู่มือการใช้งานมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย ช่วยให้ค้นหาข้อมูลได้ง่าย	4.67	0.58	ดีมาก
1.5 คู่มือการใช้งานมีความสมบูรณ์ ครอบคลุมทุกขั้นตอนการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.73	0.26	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ตามตาราง โดยภาพรวมทั้ง 5 หัวข้อ มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่ารูปภาพ ตาราง หรือกราฟประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น คู่มือการใช้งานมีความสวยงาม น่าสนใจ และดึงดูดให้ศึกษา ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้งานเข้าใจง่าย สั้นกระชับ และเหมาะสมกับผู้เรียน การจัดรูปแบบของคู่มือการใช้งานมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย ช่วยให้ค้นหาข้อมูลได้ง่าย คู่มือการใช้งานมีความสมบูรณ์ ครอบคลุมทุกขั้นตอนการใช้งาน มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 4.67 4.67 และ 4.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
2.1 เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์ของชุดทดลอง	4.33	1.15	ดี
2.2 ภาษาที่ใช้เหมาะสม ไม่ซับซ้อนและอ่านเข้าใจง่าย	4.67	0.58	ดีมาก
2.3 ใบปฏิบัติงานมีความหลากหลายและน่าสนใจเพียงพอที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในรูปแบบต่าง ๆ	5.00	0.00	ดีมาก
2.4 ใบปฏิบัติงานช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริงและพัฒนาทักษะอย่างตรงจุด	5.00	0.00	ดีมาก
2.5 ใบปฏิบัติงานมีรายละเอียดคำสั่งและขั้นตอนปฏิบัติอย่างชัดเจน	4.67	0.58	ดีมาก
2.6 แบบทดสอบปฏิบัติเหมาะสมสอดคล้องตามวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
2.7 แบบทดสอบปฏิบัติวัดผู้เรียนครอบคลุมได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก
2.8 ใบประเมินผลมีความหลากหลาย	5.00	0.00	ดีมาก
2.9 เกณฑ์การวัดและประเมินผลการปฏิบัติงานชัดเจนและเหมาะสม	4.33	1.15	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.70	0.45	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านด้านเนื้อหา ตามตาราง โดยภาพรวมทั้ง 9 ข้อ มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่าใบปฏิบัติงานมีความหลากหลายและน่าสนใจเพียงพอที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในรูปแบบต่าง ๆ ใบปฏิบัติงานช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริงและพัฒนาทักษะอย่างตรงจุด ใบประเมินผลมีความหลากหลาย ภาษาที่ใช้เหมาะสม ไม่ซับซ้อนและอ่านเข้าใจง่าย ใบปฏิบัติงานมีรายละเอียดคำสั่งและขั้นตอนปฏิบัติอย่างชัดเจน แบบทดสอบปฏิบัติเหมาะสมสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ แบบทดสอบปฏิบัติวัดผู้เรียนครอบคลุมได้ตรงตามวัตถุประสงค์ มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 5.00 5.00 4.67 4.67 4.67 และ 4.67 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหาครอบคลุมชัดเจนสอดคล้องกับจุดประสงค์ของชุดทดลองและเกณฑ์การวัดและประเมินผลการปฏิบัติงานชัดเจน และเหมาะสมมีผลกระประเมินอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และ 4.33 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-7 ผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ด้านการนำคู่มือการใช้งานไปใช้ประโยชน์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
3.1 คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจเนื้อหาและวิธีการใช้งานชุดทดลองได้ง่ายขึ้น	4.67	0.58	ดีมาก
3.2 คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานชุดทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.67	0.58	ดีมาก
3.3 คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในการใช้งานชุดทดลอง	5.00	0.00	ดีมาก
3.4 คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้พัฒนาทักษะที่ต้องการได้ตามเป้าหมาย	5.00	0.00	ดีมาก
3.5 คู่มือการใช้งานชุดทดลองนี้มีความเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.83	0.33	ดีมาก

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินคุณภาพคู่มือชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง ตามตาราง โดยภาพรวมทั้ง 5 หัวข้อ มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 เมื่อพิจารณาในแต่ละหัวข้อพบว่า คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในการใช้งานชุดทดลอง คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้พัฒนาทักษะที่ต้องการได้ตามเป้าหมาย คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจเนื้อหาและวิธีการใช้งานชุดทดลองได้ง่ายขึ้น คู่มือการใช้งานช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานชุดทดลองได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ และคู่มือการใช้งานชุดทดลองนี้มีความเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง มีผลกระประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 5.00 4.67 4.67 และ 4.67 ตามลำดับ

4.3 ประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4-8 ประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

จำนวนผู้เรียน	แบบฝึกหัด/ใบสั่งงาน			แบบทดสอบปฏิบัติ			ประสิทธิภาพ (E1/E2)
	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ (E1)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ (E2)	
11	1,870	977.65	88.88	1,100	947.00	86.09	88.88/86.09

จากตารางที่ 4-8 พบว่าประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลอง คู่มือการใช้งานชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ผู้เรียนจำนวน 11 คน มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำใบปฏิบัติงาน คิดเป็นร้อยละ 88.88 และมีคะแนนร้อยละเฉลี่ยการทำแบบทดสอบปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ 86.09 แสดงว่า ประสิทธิภาพของของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมาเท่ากับ 88.88/86.09 ซึ่งสูงกว่าค่าประสิทธิภาพ E1/E2 ที่กำหนดไว้คือ 80/80

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4-9 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
1. ด้านผู้สอน	4.91	0.29	มากที่สุด
2. ด้านเนื้อหา	4.93	0.26	มากที่สุด
3. ด้านชุดทดลอง	4.93	0.26	มากที่สุด
4. ด้านการวัดผลและประเมินผล	4.93	0.26	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	**4.91**	**0.29**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4- พบว่าผลการประเมินจากความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจจากการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 เมื่อพิจารณาเป็นรายการประเมิน พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายการประเมิน แต่ละด้านการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 4.93 4.93 4.91 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งหวังเพื่อสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม โดยในงานวิจัยเป็นการสร้างชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ มีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 150 เซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วย โมดูลจ่ายชิ้นงาน โมดูลจ่ายฝา และแขนกล การทำงานของระบบจะควบคุมด้วย PLC Mitsubishi FX5U ซึ่งติดตามสถานะการทำงานแสดงผลผ่านหน้าจอ HMI อีกทั้งยังมีคู่มือการใช้งานสำหรับครู และนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหา 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนแหล่งจ่ายพลังงาน ส่วนควบคุม ส่วนอินพุต และส่วนเอาต์พุต ใบปฏิบัติงาน จำนวน 11 ใบงาน และแบบทดสอบปฏิบัติ จำนวน 1 ใบงาน จากการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลโดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1.1 การประเมินคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ที่สร้างขึ้นได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากได้ดำเนินการสร้างชุดฝึกทักษะให้มีความแข็งแรง เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ อีกทั้งชุดฝึกทักษะสร้างขึ้นอย่างมีระบบ มีความสมบูรณ์เบ็ดเสร็จในตัวที่เองที่ครอบคลุมเนื้อหาสารเกือบทั้งรายวิชา

5.1.2 การประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

ผลการหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 คน ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนเท่ากับ 88.88/86.09 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ หมายความว่า ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ มีผลคะแนนจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนประกอบด้วย ใบปฏิบัติงานจำนวน 11 ใบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.88 และผลคะแนนหลังเรียนจากแบบทดสอบมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 86.09 เนื่องจากชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์มีการออกแบบและจัดสร้างอย่างเป็นขั้นตอน ได้ผ่านการตรวจสอบและรับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ แต่ทั้งนี้ผลการทำใบปฏิบัติงานที่ 11 ในการเรียนของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าใบปฏิบัติงานอื่น ๆ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 78.91 ทั้งนี้หากพิจารณาในรายละเอียดจะพบว่า เนื้อหาในใบปฏิบัติงานที่ 11 มีการใช้โปรแกรมที่แตกต่างจากใบปฏิบัติงานอื่น ๆ และมีความยากสูงกว่า แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการสอนมีน้อย ทำให้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้

5.1.3 การประเมินความพึงพอใจจากกการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

การศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองกระบวนการการบรรจุภัณฑ์ ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยร้อยละอยู่ที่ 4.91 ถึงแม้จะมีความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ก็ยังมีบางด้านที่ต้องปรับปรุง คือด้านการวัดผลและประเมินผลที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละอยู่ที่ 4.86 ซึ่งน้อยที่สุดจากทั้งหมด 4 ด้าน

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ขณะทำการทดลองพบว่าเครื่องชั่งน้ำหนักมีค่าไม่คงที่ เนื่องจากเครื่องชั่งน้ำหนักติดตั้งอยู่กับฐานที่มีความยาวพอดีกัน ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้นจึงมีการเปลี่ยนฐานใหม่โดยลดความยาวของฐานลงเหลือเพียงแค่ครึ่งเดียว

5.2.2 เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์ออกแบบมาให้ควบคุมโดยบอร์ด Arduino แต่ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมที่สร้างควบคุมด้วย PLC จากการทดลองพบว่าเซอร์โวมอเตอร์ไม่ทำงาน ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้นจึงเพิ่มบอร์ด Arduino และใช้ PLC ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ผ่านบอร์ด Arduino อีกครั้ง

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

ควรสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ที่มีการนำระบบนิวเมติกส์มาใช้ร่วมกับชุดทดลองและจัดการเรียนการสอนให้ครอบคลุมทั้งรายวิชา

บรรณานุกรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 2563. **หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ (4 ปี) (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2563)**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, สงขลา

จรัส จุนเด็น, กฤษณ์ โชติพันธ์ และพโรจน ชวยนุกูล. 2560. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์. **วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา** 1(1): 78-85.

จิรายุส คงวัน และ ปาริมา พร้อมพิมพ์. 2561. ต้นแบบเครื่องทดสอบหมู่เลือดด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ (ชุดลำเลียงของเหลว). รายงานวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฐดนัย เรือนคำ. 2561. แบบจำลองเครื่องคัดแยกโลหะและอโลหะอัตโนมัติบนสายพาลำเลียง.**วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1** 3(2): 45-55.

ทีโอที. 2563. **อุตสาหกรรม 4.0 คืออะไร? มีวิธีรับมืออย่างไร?**. แหล่งที่มา: https://www.tot.co.th, 23 มีนาคม 2566

ไทยแลนด์ เครน. 2564. **ความรู้ทั่วไปของลิมิตสวิตช์**. แหล่งที่มา: https://shorturl.asia, 23 มีนาคม 2566

ธนวัฒน์ สิงหาทุม, กวี เมืองจันทร์ และ จักริน วินทะไชย. 2564. ชุดปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าและการควบคุม Electrical Machine and Control Set. รายงานวิจัย, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

นายช่างมาแชร์. 2564. **Electric Motor [EP: 2].** มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) แหล่งที่มา: https://naichangmashare.com, 25 พฤษภาคม 2566

บุลวัชร์ เจริญยืนนาน. 2564. **Technical Contents**. แหล่งที่มา: https://misumitechnical.com, 25 พฤษภาคม 2566

บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. 2563. **โหลดเซลล์ (Load Cell) คืออะไร.** แหล่งที่มา: https://mall.factomart.com, 25 พฤษภาคม 2566

บริษัท ไพรมัส จำกัด. 2565. **มาทำความรู้จัก Digital Load Cell Transmitter**. อุปกรณ์แปลงสัญญาณโหลดเซลล์เป็นสัญญาณอนาล็อกแบบดิจิตอล. แหล่งที่มา: https://www.primusthai.com, 25 พฤษภาคม 2566

พนิตา พงษ์ไพบูลย์, เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์ และ กุลชาติ มีทรัพย์หลาก. 2563. แพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ฐานรากสำคัญสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมดิจิทัล. **วารสารวิชาการ กสทช.** 270-287

พลาธิป เอกวรชัย และคณะ. 2564. การนำระบบ IoT มาประยุกต์ใช้ในสายการผลิตเชื่อมโลหะแบบจุด. **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53 เรื่อง การจัดการเรียนรู้การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน**, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร. 2555. หุ่นยนต์ผู้ช่วยตำรวจขนาดเล็ก. รายงานวิจัย, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศษสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี.

วชิรวิทย์ สาเลิศ และ วรพล กันทะษา. 2557. ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมอัตโนมัติแบบ HMI. รายงานวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

วิทยา สุภาอินทร์. 2564. เอกสารประกอบการสอน วิชา การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า Electrical Control and Programming (2104-2109) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ประวัติความเป็นมาของ Programmable Controller. รายงานวิจัย, แผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่.

วิยศพล กวนคอนสาร. 2565. การพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของเครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ศิริพงษ์ ฉายสินธ์. 2562. การใช้งาน Arduino เบื้องต้น. รายงานวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.

ศิวะพร มหัคพิเชียร. 2562. การฝึกปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายขาย. รายงานวิจัย, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสยาม.

สนิท ขวัญเมือง. 2564. การออกแบบและสร้างชุดฝึกแมคคาทรอนิกส์คัดแยกความสูงชิ้นงานอัตโนมัติ. **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม**, 12(1): 108-118.

สุเธียร เกียรติสุนทร. 2558. **ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม**. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ โจมภาค. 2561. การศึกษาคุณลักษณะโฟโตเซ็นเซอร์ของเครื่องนับเม็ดยา. รายงานวิจัย, สาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

Bradicich, Tom. 2015. **The 7 Principles of the Internet of Things (IoT).** Available Source: http://blog.iiconsortium.org/2015/07/the-7-principles-of-theinternet-of-things-iot.html, March 23, 2023.

Scully, Padraig and Knud. 2016. **Guide to IoT Solution Development**. Available Source: http://iot-analytics.com, March 23, 2023.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ประวัติผู้วิจัย

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล : นายธนัท ธนอัศวพล

ตำแหน่งทางวิชาการ : อาจารย์

คุณวุฒิ/สาขาวิชา : ปริญญาตรี วศ.บ. วิศวกรรมเมคาทรอนิกส์
ปริญญาโท วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล

ผลงานวิจัย

ธนัท ธนอัศวพล วิมล บุญรอด นพดล นิจกร และจิ รารัตน์ โทบุรี (2566). การออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับเสนสำหรับการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ฝึกกรีฑา Design and Development of Line Detection System for Application with Athletics Training. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทสไทย ครั้งที่ 37* (น. 739-746). โรงแรมเดอะเบดเวเคชั่น ราชมังคลา สงขลา

ธนัท ธนอัศวพล ธนาภรณ์ เพ็ชรรัตน์ รัชนีกร รอดเสน และ เรืองศักดิ์ ชูเชิด (2565). การคัดแยกประเภทขยะ โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv5 Waste Classification Based on YOLOv5 Algorithm. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 36* (น. 730-737). โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ วานา นาวา หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

วิมล บุญรอด **ธนัท ธนอัศวพล** ศักดิ์ชัย ตันติวิวัทน์ และ มณฑนรรห์ วัฒนกุล (2565). การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชุมชนโดยใช้การจัดการเชิงกลยุทธ์ : กรณีศึกษา กลุ่มเครื่องแกงบ้านห้วยหลอ ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา. *การประชุมวิชาการระดับชาติ Engagement Thailand* (น. 278-287). โรงแรมเรือรัษฎา จังหวัดตรัง

ฤทัย ประทุมทอง. ทรงนคร การนา วิมล บุญรอด และ **ธนัท ธนอัศวพล.** 2567. การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฐานสมรรถนะรายวิชาเพื่อเสริมสร้างทักษะสมรรถนะวิชาชีพ สู่การเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.). *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*. 9(1), หน้า 97-106

ประสบการณ์ทำงาน

-หัวหน้าหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวฤทัย ประทุมทอง

ตำแหน่งทางวิชาการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

คุณวุฒิ/สาขาวิชา : ปริญญาตรี ค.อบ.วิศวกรรมไฟฟ้า
ปริญญาโท ค.อ.ม.ไฟฟ้า

ผลงานวิจัย

ฤทัย ประทุมทอง และอรุณ สุขแก้ว. 2561. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนา 3 เฟส. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา,* 31(2), หน้า 36-44

ฤทัย ประทุมทอง และกรภัทร เฉลิมวงศ์. 2562. “การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบ MISE โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นฐานในการสอนปฏิบัติ รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย” การประชุมและนำเสนอผลงานวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 6 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล 12 -13 มกราคม 2562 หน้า 518 – 525

ฤทัย ประทุมทอง และ สุจริต สิงหพันธุ์. 2562. “การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง การเลือกทาตามเงื่อนไข โดยใช้รูปแบบการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ (CCPR Model) รายวิชา คอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม” การประชุมวิชาการระดับชาติ ศึกษาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6 18 – 19 กรกฎาคม 2562 หน้า 1007-1015

ฤทัย ประทุมทอง และ วิมล บุญรอด. 2562. “คุณลักษณะของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูตามทรรศนะของสถานศึกษาเครือข่าย” การประชุมวิชาการครั้งที่ 57 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาศึกษาศาสตร์ 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2562 หน้า 48 -56

ทรงนคร การนา และ **ฤทัย ประทุมทอง**. 2563. การพัฒนาชุดการสอนรูปแบบ MIAP สาหรับจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเพื่อส่งเสริมทักษะการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*. 5(1), หน้า 11-21

ฤทัย ประทุมทอง. 2563. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ STAD ร่วมกับกระบวนการสอนแบบ MIAP รายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิชาการศรีปทุมชลบุรี.* 16(3), หน้า 110-121

ฤทัย ประทุมทอง. ทรงนคร การนา วิมล บุญรอด และ ธนัท ธนอัศวพล. 2567. การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรฐานสมรรถนะรายวิชาเพื่อเสริมสร้างทักษะสมรรถนะวิชาชีพ สู่การเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.). *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*. 9(1), หน้า 97-106

ประสบการณ์ทำงาน

-หัวหน้าหน่วยฝึกประสบการณ์และสหกิจศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

-คณะกรรมการดำเนินงานโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการพัฒนาท้องถิ่นโดยมีสถาบันอุดมศึกษาเป็นพี่เลี้ยง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย