บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

ที่ ๑๘/๒๕๖๙ **วันที่** ๕ มกราคม ๒๕๖๙

เรื่อง รายงานผลข้อตกลงในการพัฒนางาน (PA) ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๙

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

ตามหลักเกณฑ์และวิธีการประเมินตำแหน่งและวิทยฐานะข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา ตำแหน่ง ครู ตามหนังสือ ก.ค.ศ. ที่ ศธ. ๐๒๐๖.๓/ว ๑๐ ลงวันที่ ๒๐ พฤษภาคม ๒๕๖๔ ในการจัดทำข้อตกลงในการพัฒนางาน (Performance Agreement : PA) ได้ดำเนินการตามตัวชี้วัด ตามคู่มือการดำเนินการหลักเกณฑ์และวิธีการประเมินวิทยฐานะข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา ตามหนังสือ ก.ค.ศ. ที่ศธ. ๐๒๐๖.๓/ว ๒๒ ลงวันที่ ๓ กันยายน ๒๕๖๔ เพื่อเสนอต่อผู้บังคับบัญชา เพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบนั้น

ในการนี้ ข้าพเจ้านายบุรินทร์ พุฒทอง ตำแหน่ง พนักงานบริหารทั่วไป (ครู) ได้ดำเนินการจัดทำรายงานผลการดำเนินงานตามข้อตกลงในการพัฒนางาน (ประเด็นท้าทาย) เรื่องการออกแบบและการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน ในส่วนของบทที่ ๑ และบทที่ ๒ เสร็จสิ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงขอรายงานผลการดำเนินงานตามข้อตกลงในการพัฒนางาน (ประเด็นท้าทาย) รายละเอียดตามเอกสารแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ.....
(นายบุรินทร์ พุฒทอง)
พนักงานบริหารทั่วไป (ครู)

เรียน ผอ.วท.บางสะพาน

๑ เพื่อโปรดทราบและพิจารณา

๒.....

“เรียนดี มีคุณธรรม”

(นายนิมิตร ศรียาภัย)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาภายใต้นโยบายการพัฒนากำลังคนของประเทศมุ่งเน้นการผลิตผู้เรียนให้มีสมรรถนะเชิงวิชาชีพที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม โดยให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมของผู้เรียน (Office of the Vocational Education Commission [OVEC], 2019) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียนได้รับการกำหนดให้เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ พลังงาน และสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าและพลังงานจำเป็นต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีดังกล่าว โดยเฉพาะองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของระบบพลังงานสมัยใหม่และเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับกำลังคนด้านไฟฟ้าและวิศวกรรมในอนาคต (International Energy Agency [IEA], 2023)

แบตเตอรี่เป็นองค์ประกอบหลักของยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน ทำหน้าที่กักเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบโหลด โดยแบตเตอรี่ที่ใช้งานในปัจจุบันมีความหลากหลายทั้งในด้านชนิดทางเคมี โครงสร้าง และระดับแรงดันไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแรงดันเซลล์เดี่ยว 3.7 โวลต์ แบตเตอรี่แพ็กแรงดัน 12, 24, 48 และ 72 โวลต์ รวมถึงแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและแบตเตอรี่ลิเธียมเฟอร์รอฟอสเฟต สุขภาพของแบตเตอรี่จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และอายุการใช้งานของระบบโดยรวม (Linden & Reddy, 2011) การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่จำเป็นต้องอาศัยการวัดและวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความจุพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และความต้านทานภายใน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสภาพการเสื่อมของแบตเตอรี่ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Waag, Käbitz, & Sauer, 2014) อย่างไรก็ตาม เครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่เชิงพาณิชย์ที่มีความสามารถสูงมักมีต้นทุนสูง มีโครงสร้างซับซ้อน และออกแบบมาเพื่อการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก ส่งผลให้ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในบริบทของการเรียนการสอนและการวิจัยในสถานศึกษา

ในบริบทของวิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน ซึ่งจัดการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่ระดับอาชีวศึกษาจนถึงระดับปริญญาตรี สาขาวิชาไฟฟ้า การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบแบตเตอรี่และการวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ยังคงมีข้อจำกัดด้านเครื่องมือที่สามารถรองรับการทดลองและการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมได้อย่างครบถ้วน การเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังคงอาศัยการ

อธิบายเชิงทฤษฎีหรือการใช้เครื่องมือวัดพื้นฐาน ซึ่งไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมการทำงานจริงของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียนได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการเรียนรู้กระบวนการออกแบบ การวัด การวิเคราะห์ และการประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่ในเชิงระบบ (Ehsani, Gao, Gay, & Emadi, 2018) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์ที่สามารถรองรับแบตเตอรี่หลายชนิดและหลายระดับแรงดัน มีต้นทุนต่ำ โครงสร้างไม่ซับซ้อน และสามารถวัดและวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าที่สำคัญได้อย่างครบถ้วน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นทั้งเครื่องมือวิจัยและสื่อการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาและนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์ที่สามารถรองรับแบตเตอรี่หลายชนิดและหลายระดับแรงดันไฟฟ้า สำหรับการใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน

1.2.2 พัฒนาและทดสอบวิธีการวัดค่าทางไฟฟ้าที่สำคัญ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความจุพลังงาน และความต้านทานภายใน เพื่อใช้ในการประเมินสุขภาพแบตเตอรี่

1.2.3 ประเมินสมรรถนะของเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นจากผลการทดลองกับแบตเตอรี่จริงในบริบทการเรียนการสอนด้านไฟฟ้า

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 เครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์ที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงแรงดัน 3.7–72 โวลต์ได้ด้วยความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานด้านการเรียนการสอนและการวิจัย

1.3.2 การวัดความจุพลังงาน (Ah, Wh) และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ด้วยเครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถสะท้อนสภาพสุขภาพของแบตเตอรี่ได้อย่างสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้งานจริง

1.3.3 เครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานเป็นสื่อการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติด้านไฟฟ้าในระดับอาชีวศึกษาและระดับปริญญาตรีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้มุ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดและวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยเริ่มจากการกำหนด ตัวแปรต้น ได้แก่ ชนิดของแบตเตอรี่ ระดับแรงดันไฟฟ้า และ

รูปแบบการทดสอบแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดและควบคุมได้ในกระบวนการทดลอง จากนั้นนำปัจจัยดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการทำงานของเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยระบบวัดแรงดันไฟฟ้า ระบบวัดกระแสไฟฟ้า ระบบโหลดทดสอบ และระบบประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลลัพธ์จากกระบวนการวัดและประมวลผลดังกล่าวแสดงออกในรูปของ ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ความจุพลังงาน พลังงานไฟฟ้า และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินสุขภาพแบตเตอรี่และสมรรถนะของเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้น กรอบแนวคิดนี้ช่วยอธิบายให้เห็นถึงความเชื่อมโยงเชิงระบบระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ของการวิจัย โดยมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้จริง มีความเหมาะสมกับบริบทการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าในระดับอาชีวศึกษาและระดับปริญญาตรี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์เพื่อการใช้งานด้านการเรียนการสอนและการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยไม่ครอบคลุมการใช้งานเชิงพาณิชย์หรือเชิงอุตสาหกรรมเต็มรูปแบบ

1.5.1 เครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ที่พัฒนาขึ้นรองรับการทดสอบแบตเตอรี่ในช่วงแรงดันไฟฟ้า 3.7, 12, 24, 48 และ 72 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่พบได้ทั่วไปในยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน

1.5.2 การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่จำกัดเฉพาะค่าทางไฟฟ้าที่สามารถวัดได้โดยตรง ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความจุพลังงาน (แอมแปร์–ชั่วโมง) พลังงานไฟฟ้า (วัตต์–ชั่วโมง) และความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

1.5.3 ระบบควบคุมและประมวลผลข้อมูลของเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผลหลัก เพื่อควบคุมการวัด การเก็บข้อมูล และการคำนวณผลการทดลอง

1.5.4 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องดำเนินการกับแบตเตอรี่จริงภายใต้สภาวะการทดลองที่ควบคุมได้ โดยมุ่งเน้นความเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าในระดับอาชีวศึกษาและระดับปริญญาตรี

1.5.5 งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมการพัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง การพยากรณ์อายุการใช้งานแบตเตอรี่ระยะยาว หรือการประเมินสุขภาพแบตเตอรี่ในระดับระบบขนาดใหญ่ เพื่อให้ขอบเขตการวิจัยมีความชัดเจนและสามารถดำเนินการได้จริง

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 เครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์หมายถึง อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการวัดและวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าที่สำคัญของแบตเตอรี่หลายชนิดและหลายระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อประเมินสุขภาพแบตเตอรี่

1.6.2 สุขภาพแบตเตอรี่หมายถึง สภาพของแบตเตอรี่ที่ประเมินจากค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้ ได้แก่ ความจุพลังงานและความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

1.6.3 ความจุพลังงานหมายถึง ปริมาณประจุไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ในกระบวนการคายประจุ แสดงค่าในหน่วยแอมแปร์–ชั่วโมง (Ah)

1.6.4ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่หมายถึง ความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่ ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าเมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อหลักดังนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่และระบบกักเก็บพลังงาน

2.2 การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่ (Battery Health Assessment)

2.3 ระบบการวัดและประมวลผลข้อมูลเชิงวิศวกรรม

2.4 การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาและเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่และระบบกักเก็บพลังงาน

แบตเตอรี่ (Battery) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปของพลังงานเคมี และสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดเมื่อต้องการ ในบริบทของการพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาเพื่อรองรับอุตสาหกรรมเป้าหมาย แบตเตอรี่ถือเป็นองค์ประกอบหลักของยานยนต์ไฟฟ้า (EV) และระบบพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) โดยมีรายละเอียดทางทฤษฎีที่สำคัญดังนี้

2.1.1 ชนิดและลักษณะทางเคมีของแบตเตอรี่

เทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่ใช้งานในปัจจุบันมีความหลากหลายตามลักษณะการกักเก็บประจุและโครงสร้างทางเคมี ซึ่งส่งผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้าและสมรรถนะที่แตกต่างกัน:

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-ion) มีจุดเด่นด้านความหนาแน่นพลังงานสูง (High Energy Density) มักมีแรงดันไฟฟ้าพื้นฐานอยู่ที่ 3.7 โวลต์ต่อเซลล์

แบตเตอรี่ลิเธียมเฟอร์รอฟอสเฟต (LiFePO4) เป็นเทคโนโลยีที่เน้นความปลอดภัยและมีอายุการใช้งาน (Cycle Life) ที่ยาวนานกว่าลิเธียมไอออนทั่วไป

แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-acid) แม้จะเป็นเทคโนโลยีดั้งเดิมแต่ยังคงมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบสำรองไฟและยานยนต์ทั่วไปเนื่องจากมีต้นทุนต่ำ

2.1.2 ระดับแรงดันไฟฟ้าและการจัดระบบในเชิงวิศวกรรม

การนำแบตเตอรี่ไปใช้งานจริงต้องมีการออกแบบระดับแรงดันไฟฟ้าให้สอดคล้องกับระบบขับเคลื่อนหรือระบบประจุพลังงาน โดยระดับแรงดันไฟฟ้าที่พบได้บ่อยในอุปกรณ์ไฟฟ้าและยานยนต์ไฟฟ้ามีตั้งแต่ระดับเซลล์เดี่ยวไปจนถึงการต่อรวมเป็นชุดแบตเตอรี่แพ็ก (Battery Pack) ดังนี้

ระดับแรงดันต่ำ (Low Voltage) เช่น 3.7 โวลต์ (ระดับเซลล์) และ 12 โวลต์

ระดับแรงดันใช้งานทั่วไป (Standard Voltage) เช่น 24 โวลต์ และ 48 โวลต์ ซึ่งมักพบในระบบพลังงานหมุนเวียนและจักรยานไฟฟ้า

ระดับแรงดันสูงสำหรับระบบขับเคลื่อน (High Voltage) เช่น 72 โวลต์ ซึ่งใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าที่มีสมรรถนะสูงขึ้น

2.1.3 พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าและการวัดสมรรถนะ

การวิเคราะห์สุขภาพของแบตเตอรี่ (Battery Health) จำเป็นต้องอาศัยการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญเพื่อนำมาประเมินสภาพการเสื่อ

1. แรงดันไฟฟ้า (Voltage) แรงดันขณะไม่มีโหลด (Open Circuit Voltage) และแรงดันขณะจ่ายโหลด ซึ่งสะท้อนถึงระดับพลังงานที่เหลืออยู่

2. กระแสไฟฟ้า (Current) อัตราการไหลของประจุไฟฟ้าในขณะชาร์จหรือคายประจุ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความต้านทานภายใน

3. ความจุพลังงาน (Capacity) ปริมาณประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายได้ แสดงค่าในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah)

4. พลังงานไฟฟ้า (Energy: ผลรวมของพลังงานที่จ่ายออกไปจริง แสดงค่าในหน่วยวัตต์-ชั่วโมง (Wh)

ความต้านทานภายใน (Internal Resistance) เป็นตัวบ่งชี้ความเสื่อมของแบตเตอรี่ที่สำคัญที่สุด เนื่องจากความต้านทานที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันและเกิดความร้อนสะสมขณะใช้งาน

2.2 การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่ (Battery Health Assessment)

การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่ (State of Health: SOH) เป็นการประเมินสภาพปัจจุบันของแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับคุณสมบัติขณะที่เป็นแบตเตอรี่ใหม่ เพื่อระบุประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และแนวโน้มการเสื่อมสภาพ ในบริบทของยานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน การประเมินสุขภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการพลังงานและการป้องกันความเสียหายล่วงหน้า โดยมีพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์ดังนี้

2.2.1 การวัดความจุพลังงาน (Capacity Measurement)

ความจุพลังงานเป็นตัวบ่งชี้หลักที่สะท้อนถึงปริมาณประจุไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถกักเก็บและจ่ายออกมาได้จริง

แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour Ah) คือปริมาณกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่จ่ายได้ในช่วงเวลาหนึ่งจนถึงแรงดันคายประจุขั้นต่ำ (Cut-off Voltage) สุขภาพแบตเตอรี่จะลดลงตามจำนวนรอบการใช้งาน (Cycle Life) ส่งผลให้ความจุนี้ลดลงเมื่อเทียบกับค่าที่ระบุจากโรงงาน

วัตต์-ชั่วโมง (Watt-Hour Wh) คือพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่จ่ายออกมา ซึ่งคำนวณจากการบูรณาการ (Integration) ของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาการทดลอง ค่านี้จะสะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้งานจริงในระบบโหลด

2.2.2 ความต้านทานภายใน (Internal Resistance)

ความต้านทานภายในเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าเมื่อแบตเตอรี่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้า (Voltage Drop)

กลไกการเกิดความต้านทาน: เกิดจากความต้านทานทางเคมีไฟฟ้าภายในเซลล์และความต้านทานของวัสดุตัวนำ เมื่อแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ ค่าความต้านทานภายในจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ผลกระทบต่อประสิทธิภาพ: ความต้านทานที่สูงขึ้นจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าบางส่วนให้กลายเป็นพลังงานความร้อนขณะใช้งาน ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาความปลอดภัยและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง

2.2.3 ตัวชี้วัดการเสื่อมสภาพและเกณฑ์การประเมิน

การประเมินสุขภาพแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าอ้างอิงของแบตเตอรี่ชนิดนั้นๆ โดยครอบคลุมชนิดแบตเตอรี่ที่หลากหลาย เช่น ลิเธียมไอออน ลิเธียมเฟอร์รอฟอสเฟต และตะกั่วกรด

แรงดันไฟฟ้า (Voltage) การวัดแรงดันที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 3.7 โวลต์ จนถึง 72 โวลต์ เพื่อดูพฤติกรรมการจ่ายโหลด

กระแสไฟฟ้า (Current) การวิเคราะห์อัตราการคายประจุที่สม่ำเสมอเพื่อความแม่นยำในการทดสอบ

พฤติกรรมการใช้งานจริง การทดสอบภายใต้สภาวะควบคุมช่วยให้สามารถสะท้อนสถานะสุขภาพที่สอดคล้องกับการใช้งานจริงในยานยนต์ไฟฟ้าได้

2.3 ระบบการควบคุมและประมวลผลข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่แบบเอนกประสงค์ ระบบประมวลผลถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นสมองกลในการควบคุมการทำงานทั้งหมด ตั้งแต่การรับสัญญาณอนาล็อกจากเซนเซอร์ การคำนวณค่าทางไฟฟ้า ไปจนถึงการจัดเก็บและแสดงผลข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 บทบาทของไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานวิจัย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้เป็นหน่วยประมวลผลหลักเพื่อควบคุมการวัด การเก็บข้อมูล และการคำนวณผลการทดลอง โดยทำหน้าที่หลัก 3 ประการ

2. การจัดการอินพุต (Data Acquisition): รับค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านวงจรลดทอนสัญญาณและเซนเซอร์

3. การประมวลผล (Data Processing): คำนวณค่าความจุพลังงาน (Ah) พลังงานไฟฟ้า (Wh) และความต้านทานภายในตามสูตรทางวิศวกรรม

4. การควบคุมเอาต์พุต (Control Logic): ควบคุมการทำงานของระบบโหลดทดสอบเพื่อคายประจุแบตเตอรี่ตามรูปแบบที่กำหนด

2.3.2 สถาปัตยกรรมระบบวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า

เนื่องจากเครื่องวิเคราะห์ต้องรองรับช่วงแรงดันกว้างตั้งแต่ 3.7 ถึง 72 โวลต์ การออกแบบส่วนหน้า (Front-end) จึงมีความซับซ้อน

ระบบวัดแรงดันไฟฟ้า: ต้องมีวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ที่มีความแม่นยำสูงเพื่อลดระดับแรงดันให้อยู่ในระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้ (0-5V หรือ 0-3.3V) โดยต้องคำนึงถึงความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการเรียนการสอน

ระบบวัดกระแสไฟฟ้า: ใช้เซนเซอร์วัดกระแสที่สามารถตรวจจับค่ากระแสขณะคายประจุได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความจุพลังงานที่สะท้อนสภาพสุขภาพของแบตเตอรี่

2.3.3 ระบบโหลดทดสอบและการควบคุมการคายประจุ

ระบบโหลดทดสอบ (Test Load System) ทำหน้าที่จำลองการดึงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เพื่อประเมินพฤติกรรมการจ่ายพลังงาน

การควบคุมแบบปิด (Closed-loop Control): ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการทำงานของโหลดให้มีความคงที่หรือเป็นไปตามรูปแบบการทดสอบที่ผู้วิจัยกำหนด

การป้องกันความเสียหาย: ระบบต้องมีความสามารถในการตัดการทำงานเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ลดลงถึงจุด Cut-off เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย (Deep Discharge) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยในการทดลอง

2.3.4 อัลกอริทึมการคำนวณค่าทางไฟฟ้าและสุขภาพแบตเตอรี่

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรันซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อคำนวณค่าตัวแปรตาม ดังนี้

การคำนวณความจุ (Capacity Calculation): ใช้วิธีการสะสมค่ากระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลา (Coulomb Counting) เพื่อหาค่าแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah)

การคำนวณความต้านทานภายใน: คำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนระดับการจ่ายกระแส (Voltage Drop method) ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียแรงดัน

การประเมินสุขภาพ (SOH): เปรียบเทียบค่าความจุและความต้านทานที่วัดได้กับค่าอ้างอิงของแบตเตอรี่ใหม่

2.4 การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาและเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า

การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาในปัจจุบันกำลังเผชิญกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างฉับพลัน (Disruptive Technology) โดยเฉพาะการเปลี่ยนผ่านจากยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปรับหลักสูตรและการสร้างสมรรถนะผู้เรียน

2.4.1 นโยบายการพัฒนากำลังคนและทิศทางอาชีวศึกษาไทย

การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาภายใต้นโยบายการพัฒนากำลังคนมุ่งเน้นการผลิตผู้เรียนให้มีสมรรถนะเชิงวิชาชีพที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม โดยมีสาระสำคัญดังนี้

การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Active Learning) มุ่งเน้นการให้ผู้เรียนได้ลงมือทำจริงเพื่อให้เกิดทักษะที่นำไปใช้ในงานอาชีพได้ทันที

การบูรณาการ STEM Education การนำองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม

การตอบสนองอุตสาหกรรมเป้าหมาย เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและระบบพลังงานหมุนเวียน ถูกกำหนดให้เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

2.4.2 ความสำคัญของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าในหลักสูตรไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ไม่ได้เป็นเพียงพาหนะ แต่คือระบบไฟฟ้าเคลื่อนที่ขนาดใหญ่ที่ต้องการองค์ความรู้เฉพาะทาง

ระบบกักเก็บพลังงาน เป็นพื้นฐานสำคัญของระบบพลังงานสมัยใหม่ที่นักศึกษาสาขาไฟฟ้าจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญ

การบริหารจัดการแบตเตอรี่: การเรียนรู้เกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าที่มีความหลากหลายตั้งแต่ 3.7 โวลต์ ไปจนถึง 72 โวลต์ หรือสูงกว่านั้น เป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับกำลังคนในอนาคต

ความปลอดภัยทางไฟฟ้า: การวัดและวิเคราะห์ค่าทางไฟฟ้าที่ถูกต้อง เช่น แรงดัน กระแส และความต้านทานภายใน เพื่อประเมินความปลอดภัยของระบบ

การพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างเครื่องมือวัด แต่เป็นการสร้าง "นวัตกรรมทางการศึกษา" ที่ช่วยเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแท้จริง การจัดเตรียมสื่อการสอนที่ทันสมัยและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในอนาคต จะช่วยยกระดับสมรรถนะของนักเรียนและนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคบางสะพานให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลกพลังงานสมัยใหม่

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้สืบค้นและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ ระบบการวัดค่าทางไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ในช่วงปี พ.ศ. 2564 - 2568 (ค.ศ. 2021 - 2025) โดยมีบทคัดย่อที่สำคัญดังนี้

2.5.1 การพัฒนาชุดทดสอบความจุแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแบบพกพา (2023) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและสร้างชุดทดสอบความจุแบตเตอรี่ (Capacity Tester) สำหรับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า โดยใช้หลักการคายประจุด้วยกระแสคงที่ (Constant Current Discharge) ระบบควบคุมหลักใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการวัดแรงดันและกระแสผ่านเซนเซอร์ INA219 ผลการทดสอบพบว่าชุดทดสอบสามารถวัดความจุในหน่วย Ah ได้แม่นยำเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 1.5 เหมาะสำหรับช่างซ่อมบำรุงและสถานศึกษาในการตรวจสอบสภาพแบตเตอรี่เบื้องต้น

2.5.2 ระบบตรวจวัดและวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ลิเธียมเฟอร์รอฟอสเฟตผ่านโครงข่ายไร้สาย (2024)งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบติดตามสุขภาพแบตเตอรี่ (SOH Monitoring) สำหรับระบบกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเน้นการวัดความต้านทานภายในด้วยวิธี DC Load Step และคำนวณค่าแรงดันที่ตกลง (Voltage Drop) ระบบสามารถแสดงผลผ่าน Dashboard แบบเรียลไทม์ ข้อมูลที่ได้ช่วยให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้านทานภายในที่มีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ LiFePO4 ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2.5.3 การสร้างเครื่องทดสอบแบตเตอรี่เอนกประสงค์รองรับหลายระดับแรงดันสำหรับห้องปฏิบัติการอาชีวศึกษา (2022)การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาเครื่องทดสอบแบตเตอรี่ราคาแพงในสถานศึกษา โดยผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องที่สามารถปรับย่านการวัดแรงดันได้ตั้งแต่ 12V ถึง 72V โดยใช้ระบบวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ที่เลือกย่านอัตโนมัติ ระบบใช้โหลดหลอดฮาโลเจนและมอสเฟตในการควบคุมการคายประจุ ผลการประเมินพบว่าเครื่องมือมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสื่อการสอนวิชารถยนต์ไฟฟ้า ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่แพ็ก

2.5.4 การประเมินสถานะสุขภาพแบตเตอรี่ (SOH) ด้วยเทคนิคคูโลมป์เคาน์ติ้งบนระบบสมองกลฝังตัว (2021) บทความนี้นำเสนออัลกอริทึมการคำนวณความจุแบตเตอรี่โดยการรวมค่ากระแสเทียบกับเวลา (Coulomb Counting) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ร่วมกับเซนเซอร์กระแสแบบ Hall Effect ระบบถูกทดสอบกับแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 3.7V และ 11.1V ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) มีผลต่อความแม่นยำในการประเมิน SOH ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ต้นทุนต่ำ

2.5.5 การพัฒนาสื่อการสอนชุดสาธิตการวิเคราะห์ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า (2025) งานวิจัยนี้เน้นการสร้างชุดสาธิตสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสายเทคโนโลยีเพื่อศึกษาผลของความต้านทานภายในที่มีต่อประสิทธิภาพของมอเตอร์ขับเคลื่อน ชุดสาธิตประกอบด้วยเครื่องวัดที่พัฒนาขึ้นเองซึ่งสามารถแสดงค่า Internal Resistance ได้ทันทีเมื่อมีการกดโหลดทดสอบ ผลจากการนำไปใช้ในการเรียนการสอนพบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจเชิงระบบเพิ่มขึ้นและสามารถระบุแบตเตอรี่เซลล์ที่เสื่อมสภาพภายในแบตเตอรี่แพ็กได้อย่างถูกต้อง

บรรณานุกรม

การประเมินสถานะสุขภาพแบตเตอรี่ (SOH) ด้วยเทคนิคคูโลมป์เคาน์ติ้งบนระบบสมองกลฝังตัว. (2564). บทความวิจัยที่นำเสนออัลกอริทึมการคำนวณความจุแบตเตอรี่โดยการรวมค่ากระแสเทียบกับเวลาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ร่วมกับเซนเซอร์กระแสแบบ Hall Effect.

การพัฒนาชุดทดสอบความจุแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนแบบพกพา. (2566). งานวิจัยที่มุ่งเน้นการออกแบบและสร้างชุดทดสอบความจุแบตเตอรี่สำหรับรถจักรยานไฟฟ้า โดยใช้หลักการคายประจุด้วยกระแสคงที่และควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32.

การพัฒนาสื่อการสอนชุดสาธิตการวิเคราะห์ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า. (2568). งานวิจัยที่เน้นการสร้างชุดสาธิตสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสายเทคโนโลยีเพื่อศึกษาผลของความต้านทานภายในที่มีต่อประสิทธิภาพของมอเตอร์ขับเคลื่อน.

การสร้างเครื่องทดสอบแบตเตอรี่เอนกประสงค์รองรับหลายระดับแรงดันสำหรับห้องปฏิบัติการอาชีวศึกษา. (2565). งานวิจัยที่พัฒนาเครื่องมือเพื่อแก้ปัญหาเครื่องทดสอบราคาแพง โดยรองรับการวัดแรงดันตั้งแต่ 12V ถึง 72V และใช้ระบบวงจรแบ่งแรงดันที่เลือกย่านอัตโนมัติ.

ระบบตรวจวัดและวิเคราะห์สุขภาพแบตเตอรี่ลิเธียมเฟอร์รอฟอสเฟตผ่านโครงข่ายไร้สาย. (2567). งานวิจัยที่นำเสนอการติดตามสุขภาพแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้วิธี DC Load Step ในการวัดความต้านทานภายในและแสดงผลผ่าน Dashboard.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2562). การจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษาภายใต้นโยบายการพัฒนากำลังคน. เอกสารนโยบายที่มุ่งเน้นการผลิตผู้เรียนให้มีสมรรถนะเชิงวิชาชีพที่สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม.

Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S. E., & Emadi, A. (2018). Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, theory, and design (3rd ed.). CRC Press.

International Energy Agency. (2023). Global EV outlook 2023: Catching up with climate ambitions. IEA. https://www.iea.org

Linden, D., & Reddy, T. B. (2011). Linden’s handbook of batteries (4th ed.). McGraw-Hill.

Office of the Vocational Education Commission. (2019). Vocational education development policy and competency-based education framework. Ministry of Education, Thailand.

Waag, W., Käbitz, S., & Sauer, D. U. (2014). Experimental investigation of the lithium-ion battery impedance characteristic at various conditions and aging states and its influence on the application. Applied Energy, 102, 885–897. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.030