การลดจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ด้วยการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

DEFECT REDUCTION OF MOTORCYCLE BATTERY USING DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS

รชฏ ยิ้มแย้ม[1] และ นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์[2]

[1]นักศึกษาปริญญาโท, สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240, 6614940009@rumail.ru.ac.th

[2]อาจารย์, ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240, nitidetch.k@rumail.ru.ac.th

Rachata Yimyam[1] and Nitidetch Koohathongsumrit[2]

[1]Graduate Student, Engineering Management and Technology Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University, 282 Ramkhamhaeng Road, Hua Mak, Bangkapi, Bangkok 10240, Thailand, 6614940009@rumail.ru.ac.th

[2]Lecturer, Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, 282 Ramkhamhaeng Road, Hua Mak, Bangkapi, Bangkok 10240, Thailand, nitidetch.k@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์รุ่น A7 โดยกระบวนการผลิตมีปัญหาค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่เกินมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเกิดจากการตั้งแรงดันกดชุดเซลล์ ระยะหยุด และมุมขอบตัวรับชุดเซลล์ที่ไม่เหมาะสม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้ใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 2^k เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิต ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้งหมดมีอิทธิพลหลักและอิทธิร่วมซึ่งส่งผลต่อค่าความต้านทานภายใน โดยควรกำหนดแรงดันกดชุดเซลล์เท่ากับ 5 เมกะปาสคาล ระยะหยุดเท่ากับ 24.25 มิลลิเมตร และมุมขอบตัวรับชุดเซลล์เท่ากับ 14 องศา เมื่อนำผลการวิจัยไปทดลองใช้จริงพบว่าสภาวะการผลิตที่เหมาะสมทำให้ค่าความต้านทานภายในเฉลี่ยไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการนำผลลัพธ์การวิจัยไปใช้กับกระบวนการ

ผลิตแบตเตอรี่รุ่น A7 ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้ทำให้มูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องแบตเตอรี่ที่ไม่ตามที่กำหนดเฉลี่ยเหลือเพียง 10,784 บาทต่อเดือน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 64.14 เมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียก่อนการปรับปรุง
คำสำคัญ: การออกแบบการทดลอง, แบตเตอรี่, แบตเตอรี่ตะกั่วกรด, การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

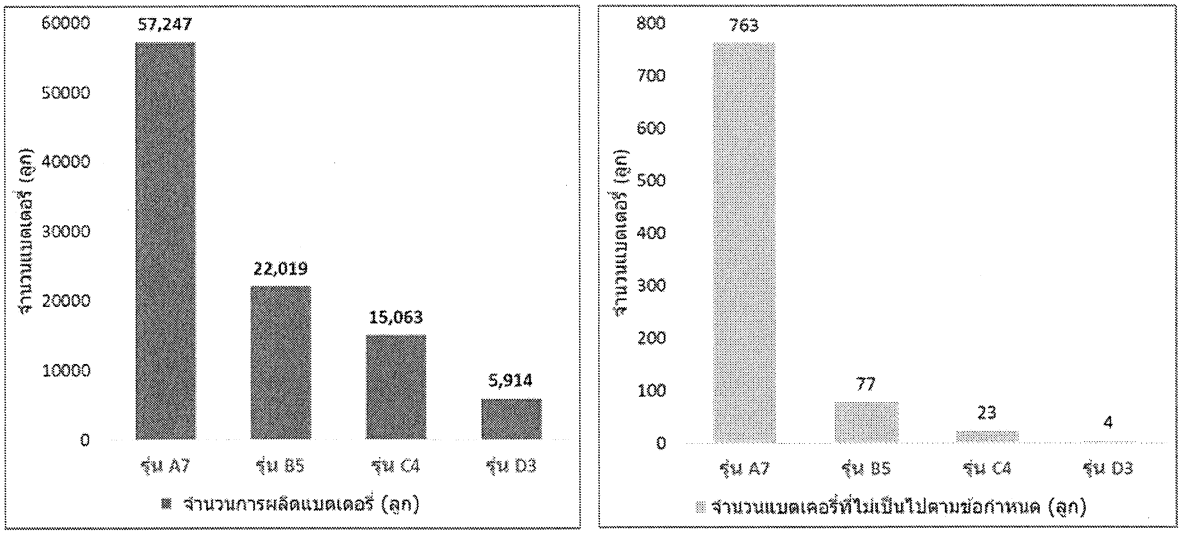
ABSTRACT

This study aims to reduce the quantity of non-compliant battery in the production process of the A7 motorcycle battery. The production process faces the issue of improper internal resistance of battery, which exceeds the standards. This problem is caused by inappropriate settings in the pressure, stopper distance, and degree of the cell holder. To solve the problem, the 2^k factorial experiment design was employed to determine the optimal production conditions. The results showed that all factors, both main and interaction effects, significantly influenced the internal resistance of the battery. The optimal conditions were found to be pressure of 5 megapascals, stopper distance of 24.25 millimeters, and cell holder angle of 14 degrees. When these optimized conditions were implemented, the average internal resistance of the battery was significantly not more than 1.15 milliohms. The implementation of the findings led to a significant reduction in the cost of defectives, with the monthly loss dropping to 10,784 Baht, a 64.14% reduction compared to the pre-improvement losses.
KEYWORDS: Experiment design, battery, lead-acid battery, defect reduction

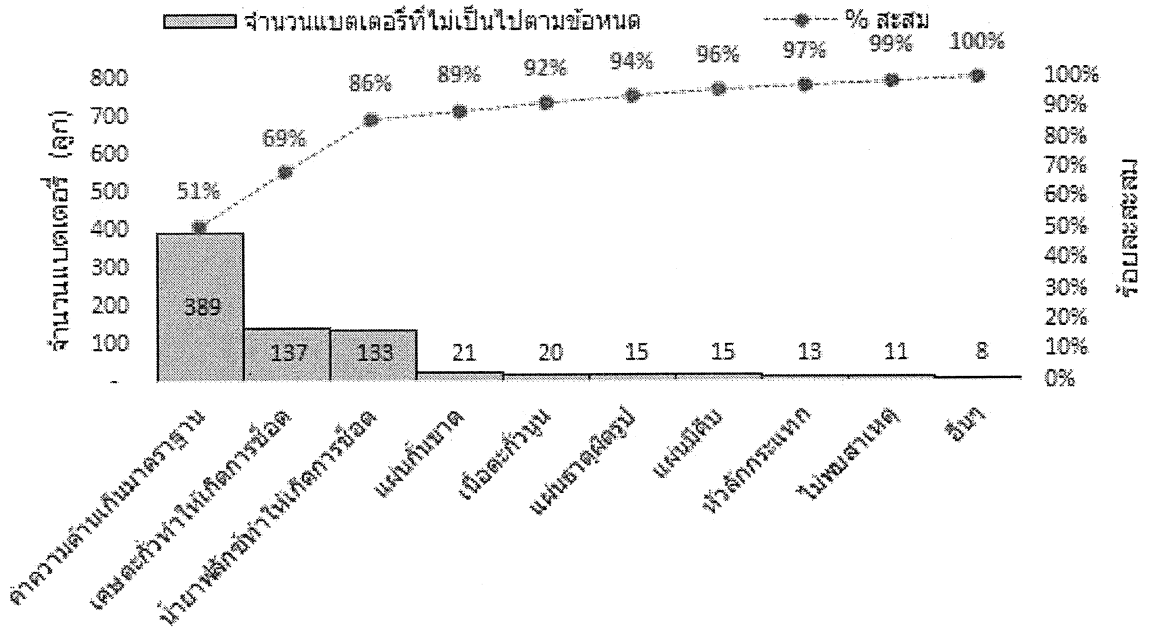
1. บทนำ

แบตเตอรี่เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตเนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ให้แสงสว่างในครัวเรือน หรือใช้เป็นประกอบจำเป็นในยานพาหนะ [1] โดยสามารถแบ่งประเภทแบตเตอรี่ได้ 2 ประเภท ได้แก่ แบตเตอรี่ประเภทที่ประจุไฟใหม่ได้และไม่ได้ โดยแบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery) เป็นประเภทที่สามารถประจุไฟใหม่ได้ แบตเตอรี่ประเภทนี้มีเหมาะสำหรับนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์ สอดคล้องกับการขยายตัวอย่างต่อเนื่องของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ซึ่งคาดการณ์มูลค่าทางตลาดจะประมาณ 1.795 ล้านล้านบาทในปี พ.ศ. 2572 จาก 1.390 ล้านล้านบาทในปี 2567 คิดเป็นอัตราการเติบโตต่อปีแบบทบต้นอยู่ที่ร้อยละ 5.44 [2]

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ทั้งหมด 4 รุ่น ได้แก่ แบตเตอรี่รุ่น A7 B5 C4 และ D3 จากข้อมูลการผลิตในช่วงระยะเวลา 6 เดือน (เดือนมิถุนายน 2567 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2567) พบว่าแบตเตอรี่รุ่น A7 มีปริมาณการผลิตสูงสุดจำนวนทั้งหมด 57,247 ลูก โดยมีจำนวนแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจำนวน 763 ลูก เฉลี่ย 127 ลูกต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 1.33 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตแบตเตอรี่รุ่น A7 และคิดเป็นมูลค่าความเสียหาย 180,300 บาท แสดงดังรูปที่ 1 นอกจากนี้เมื่อนำแบตเตอรี่รุ่น A7 ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่อง พบว่ามีลักษณะข้อบกพร่องทั้งหมด 10 ลักษณะ โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือแบตเตอรี่มีค่าความต้านทานภายในเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด จำนวน 389 ลูก คิดเป็นร้อยละสะสมเท่ากับ 51 แสดงดังรูปที่ 2 ทั้งนี้ตามมาตรฐานการออกแบบค่าความต้านทานของแบตเตอรี่รุ่น A7 ต้องมีค่าไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม



รูปที่ 1 จำนวนการผลิตแบตเตอรี่และแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด



รูปที่ 2 ปัญหาของแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

จากรูปที่ 2 และการใช้กฎพาเรโต 80:20 พบว่าร้อยละ 80 มาจาก 3 ปัญหาแรกที่ทำให้เกิดแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมากที่สุด แต่จากการระดมสมองของทีมผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา มีความเห็นว่าควรเลือกสาเหตุที่มีร้อยละสะสมของแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมากที่สุดมาแก้ไขปัญหาก่อน ได้แก่ ปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรตามประสบการณ์และการลองผิดลองถูกของพนักงานควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น โดยค่าความต้านทานภายในเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของแบตเตอรี่ในการรับกระแสไฟฟ้า หากค่าความต้านทานภายในต่ำ แบตเตอรี่จะสามารถรับกระแสไฟได้มาก แต่หากแบตเตอรี่ที่มีค่าความต้านทานภายในสูงจะจ่ายกระแสไฟได้น้อยลง [3] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการลดจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่มีค่าความต้านทานภายในไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

มีงานวิจัยจำนวนมากที่แก้ปัญหาลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรที่เหมาะสม เช่น งานวิจัยของ Jantana and Racttanawai [4] ศึกษาการปรับตั้งค่าเครื่องหั่นใบตะไคร้ด้วยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k งานวิจัยของ Sae-sio and Sokul [5] ศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในขั้นตอนกระบวนการบรรจุโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองกรณีศึกษาบริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว โดยใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k งานวิจัยของ Homsri and Kongthana [6] ศึกษาการลดผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วน

ยานยนต์โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k งานวิจัยของ Visedmanee and Khadwilard [7] ศึกษาการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันตะไคร้หอมจากเครื่องกลั่นด้วยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2^k งานวิจัยของ Khamteera and Teerawatthanasukul [8] ศึกษาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ปรับตั้งเครื่องปักผ้าโดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง งานวิจัยของ Pacheco and Librelato [9] ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมเพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตอะไหล่เครื่องเสียงรถยนต์ จากการทบทวนวรรณกรรมในข้างต้นพบว่าวิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลสามารถแก้ปัญหาการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องจักรเพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดได้

จากความสำคัญของปัญหาในข้างต้น การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนแบตเตอรี่ที่มีค่าความต้านทานภายในไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตแบตเตอรี่รุ่น A7 โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2^k เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ แรงดันกดชุดเซลล์ ระยะหยุด และ มุมขอบตัวรับชุดเซลล์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดต้นทุนรวมของการดำเนินธุรกิจและเป็นการรักษาคุณภาพแบตเตอรี่ไว้ให้เป็นไปข้อกำหนด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิจัย

2.1 การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 2^k

การออกแบบการทดลองต้องทำการวางแผนและมีการควบคุมวิธีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ซึ่งผลที่ได้จะนำมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการสถิติ โดยมีวัตถุประสงค์ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระที่เรียกว่า ปัจจัย (Factors) ของกระบวนการ จากนั้นจะพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งเป็นตัวแปรตอบสนอง (Response) ในกระบวนการนั้น ๆ โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ใส่เข้าไปในกระบวนการผลิต หรือมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ได้จากกระบวน (Output) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

การทดลองจำนวนมากจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบของสองปัจจัยขึ้นไปจะต้องใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล ซึ่งเป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะการทดลองแต่ละครั้งมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ซึ่งการทดลองเกิดจากการรวมตัวกันของระดับปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้นๆ และมีประโยชน์หลายประการได้แก่ ทำให้สามารถประมาณผลของปัจจัยที่ระดับต่าง ๆ ของปัจจัยอื่นได้ รวมทั้งทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุผลตลอดเงื่อนไขของการทดลองได้ ส่วนผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ผลกระทบหลัก (Main Effect) และผลกระทบอันตรกิริยา (Interaction Effect) ผลของการออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะสามารถขยายไปสู่กรณีที่ปัจจัย A มีจำนวนระดับเท่ากับ a ปัจจัย B มีจำนวนระดับเท่ากับ b ปัจจัย C มีจำนวนระดับเท่ากับ c ต่อไป เรียกว่า แฟกทอเรียล ซึ่งมีจำนวนข้อมูลที่

ได้ทั้งหมดในการทดลองเท่ากับ abc...n และจะต้องมีการทำซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อสามารถหาค่าผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิดพลาดได้ [10]

2.2 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติเป็นสถิติเชิงอนุมานด้วยการศึกษาข้อมูลจากตัวอย่าง เพื่อหาข้อสรุปให้กับค่าพารามิเตอร์ของประชากร โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบว่ามีค่าเกินค่าวิกฤตหรือไม่ ถ้าค่าสถิติทดสอบมีค่าเกินค่าวิกฤตจะปฏิเสธ H_0 เช่นกรณีการทดสอบสมมติฐานทางขวา ถ้าค่าสถิติทดสอบมีค่ามากเกินค่าวิกฤตแสดงว่า ค่าสถิติทดสอบมีค่ามากพอที่จะปฏิเสธ H_0 กรณีการทดสอบสมมติฐานทางซ้ายมากกว่าค่าสถิติทดสอบมีค่าน้อยเกินค่าวิกฤตแสดงว่าค่าสถิติทดสอบมีค่าน้อยพอที่จะปฏิเสธ H_0 กรณีการทดสอบสมมติฐาน 2 ทาง ถ้าค่าสถิติทดสอบมีค่ามากหรือน้อยเกินค่าวิกฤต จะปฏิเสธ H_0 แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบมีค่าอยู่ในบริเวณยอมรับ H_0 จะยอมรับสมมติฐาน H_0 [11] การศึกษาวิจัยนี้ใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยสถิติทดสอบ Z (Z-test) การทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการ

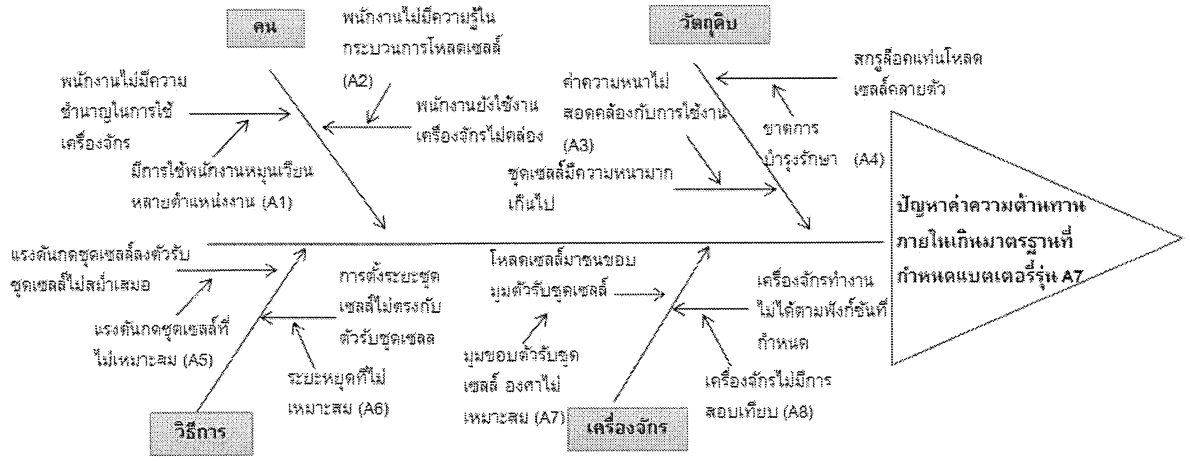
จากข้อมูลแบตเตอรี่รุ่น A7 พบแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจำนวน 763 ลูก จากการผลิตจำนวนทั้งหมด 57,247 ลูก โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดคือปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด เมื่อค่ามาตรฐานความต้านทานภายในแบตเตอรี่รุ่น A7 ต้องมีค่าไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม โดยค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่เป็นตัวเลขที่อธิบายความสามารถของแบตเตอรี่ในการรับกระแสไฟฟ้าเมื่อค่าความต้านทานภายในต่ำแบตเตอรี่จะสามารถรับกระแสไฟได้มาก ในทางกลับกันแบตเตอรี่ที่มีความต้านทานภายในสูงจะจ่ายกระแสไฟได้น้อยลง ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้งาน [12] โดยปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษากำลังประสบปัญหามีจำนวนแบตเตอรี่ที่มีค่าความต้านทานภายในเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนรวมของการผลิต

3.2 การวิเคราะห์ปัญหา

3.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังเหตุและผล

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ปัญหาค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่รุ่น A7 มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้แผนผังเหตุและผลวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยการระดมความคิดจาก

ผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายเทคนิค ฝ่ายการผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และฝ่ายวิศวกรรมร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหา สามารถวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวิเคราะห์สาเหตุปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด

เมื่อนำสาเหตุมาประเมินเพื่อคำนวณคะแนนความสำคัญความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ด้วยการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ กำหนดเกณฑ์การประเมินสาเหตุด้านความรุนแรง (Severity) ด้านโอกาสที่จะเกิด (Occurrence) และด้านความสามารถในการตรวจสอบ (Detection) แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อเกณฑ์การประเมินความสำคัญสาเหตุประยุกต์จากงานวิจัยของ Koohathongsumrit and Meethom [13] และงานวิจัยของ Darmawan [14] โดยการประเมินสาเหตุทั้งหมดดำเนินการด้วยการทำประชามติลงความเห็นโดยมีผู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้ ผู้จัดการแผนกผลิตแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ หัวหน้าผลิต วิศวกรฝ่ายวิศวกรรม วิศวกรฝ่ายเทคนิค และวิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินความสำคัญสาเหตุ

คะแนน	ความรุนแรง	โอกาสที่จะเกิด	ความสามารถในการตรวจสอบ
1	สาเหตุส่งผลกระทบน้อยมากต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุมีโอกาสเกิดน้อยมากต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดสามารถตรวจสอบได้ง่ายมาก

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินความสำคัญสาเหตุ (ต่อ)

คะแนน	ความรุนแรง	โอกาสที่จะเกิด	ความสามารถในการตรวจสอบ
2	สาเหตุส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุมีโอกาสเกิดน้อยต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดสามารถตรวจสอบได้ง่าย
3	สาเหตุส่งผลกระทบปานกลางต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุมีโอกาสเกิดปานกลางต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดสามารถตรวจสอบได้ทั่วไป
4	สาเหตุส่งผลกระทบมากต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุมีโอกาสเกิดมากต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดสามารถตรวจสอบได้ยาก
5	สาเหตุส่งผลกระทบมากที่สุดต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุมีโอกาสเกิดมากที่สุดต่อปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนด	สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดสามารถตรวจสอบได้ยากมาก

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์และคำนวณคะแนนความสำคัญความเสี่ยง

สาเหตุ	การประเมินความสำคัญจากสาเหตุ			
	S	O	D	RPN
A1	2	2	2	2 × 2 × 2 = 8
A2	3	2	2	3 × 2 × 2 = 12
A3	3	2	2	3 × 2 × 2 = 12
A4	2	2	2	2 × 2 × 2 = 8
A5	5	4	3	5 × 4 × 3 = 60
A6	5	4	3	5 × 4 × 3 = 60
A7	5	4	4	5 × 4 × 4 = 80
A8	3	2	1	3 × 2 × 1 = 6

จากการการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบและการใช้กฎพาเรโต 80:20 พบว่าร้อยละ 80 มาจาก 3 สาเหตุแรก ได้แก่ มุมขอบตัวรับชุดเซลล์ไม่เหมาะสม (RPN = 80) แรงดันกดชุดเซลล์ไม่เหมาะสม (RPN = 60) และระยะหยุดไม่เหมาะสม (RPN = 60) โดยปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ปัจจัยตามประสบการณ์และการลองผิดลองถูก ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงต้องการหาค่าที่เหมาะสมในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดของแบตเตอรี่รุ่น A7 ทั้งนี้สำหรับสาเหตุที่ไม่ได้นำมาแก้ไขจะนำมาศึกษาต่ออีกครั้งภายหลังจากการปรับปรุงการผลิตด้วยการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรแล้ว

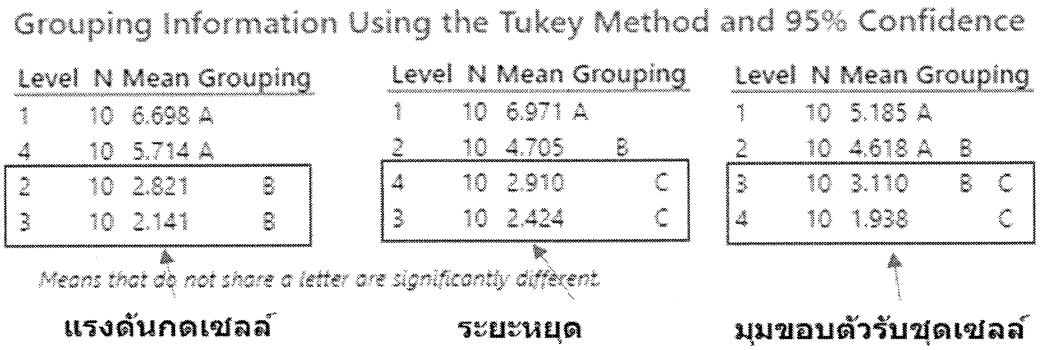
3.2.2 การออกแบบการทดลอง CRD

การศึกษาวิจัยนี้ใช้วิธีการทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomizes Design: CRD) เพื่อทดสอบมุมขอบตัวรับชุดเซลล์ แรงดันกดชุดเซลล์ และระยะหยุด ปัจจัยมีผลต่อค่าความต้านทานภายในหรือไม่ และเพื่อเป็นพิจารณาระดับของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานภายในสำหรับนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

ปัจจัย	ตัวแปร	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4
แรงดันกดชุดเซลล์ (เมกะปาสคาล)	Pressure	3	4	5	6
ระยะหยุด (มิลลิเมตร)	Stopper	23.25	23.75	24.25	24.75
มุมขอบตัวรับชุดเซลล์ (องศา)	Degree	8	10	12	14

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ปัจจัยจากการทดลองด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง CRD ทุกปัจจัยมีผลต่อค่าความต้านทานภายใน เมื่อทำการเปรียบเทียบพหุคูณ แสดงดังรูปที่ 4 สามารถเลือกระดับปัจจัยที่ให้ค่าผลลัพธ์ค่าความต้านทานภายในต่ำสุด 2 ระดับ พบว่าแรงดันกดชุดเซลล์ระดับที่ 2 และ3 ไม่แตกต่างกันและให้ค่าความต้านทานภายในต่ำที่สุดจึงเลือกปัจจัย 2 ระดับนี้มาวิเคราะห์ต่อไป ในทำนองเดียวกันพบว่าระยะหยุดและมุมขอบตัวรับชุดเซลล์ระดับที่ 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันและให้ค่าความต้านทานภายในต่ำที่สุดจึงเลือกปัจจัย 2 ระดับนี้ของแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์ โดยระดับของปัจจัยเพื่อไปวิเคราะห์ด้วยออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล แสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบพหุคูณ

ตารางที่ 4 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

ปัจจัย	ตัวแปร	ระดับต่ำ	ระดับสูง
แรงดันกดชุดเซลล์ (เมกะปาสคาล)	Pressure	4	5
ระยะหยุด (มิลลิเมตร)	Stopper	24.25	24.75
มุมขอบตัวรับชุดเซลล์(องศา)	Degree	12	14

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัย

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัยด้วยการวางแผนการออกแบบการทดลองด้วยแฟกทอเรียล 2^k เมื่อกำหนดจำนวนการทดลอง 10 ซ้ำ ดังนั้นจึงมีจำนวนการทดลองเท่ากับ 80 การทดลอง โดยการวางแผนการทดลองเป็นไปด้วยวิธีการสุ่มและทำการเก็บข้อมูลค่าความต้านทานภายในจนครบทุกการทดลอง จากนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบอิทธิพลและอิทธิพลร่วมของปัจจัย แสดงดังรูปที่ 5

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.972656	85.51%	84.10%	82.11%

Analysis of Variance

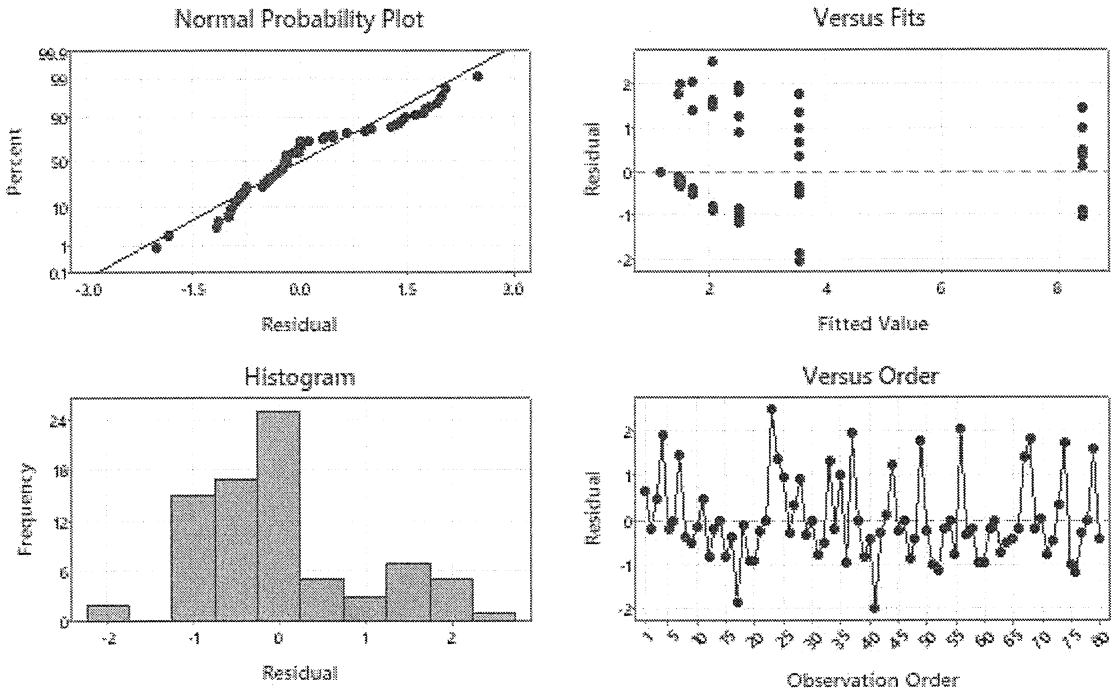
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	401.96	57.423	60.70	0.000
Linear	3	269.70	89.902	95.03	0.000
Pressure	1	94.59	94.591	99.98	0.000
Stopper	1	62.04	62.040	65.58	0.000
Degree	1	113.07	113.074	119.52	0.000
2-Way Interactions	3	113.70	37.899	40.06	0.000
Pressure*Stopper	1	18.23	18.231	19.27	0.000
Pressure*Degree	1	66.48	66.485	70.28	0.000
Stopper*Degree	1	28.98	28.980	30.63	0.000
3-Way Interactions	1	18.56	18.557	19.62	0.000
Pressure*Stopper*Degree	1	18.56	18.557	19.62	0.000
Error	72	68.12	0.946		
Total	79	470.07			

รูปที่ 5 การวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัย

จากรูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าค่า P-Value ของปัจจัยแรงดันกดชุดเซลล์ ปัจจัยระยะหยุด และปัจจัยมุมขอบตัวรับชุดเซลล์ มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดคือ 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลหลัก นอกจากนี้พบว่าค่า P-Value ของปัจจัยร่วมก็มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญจึงสรุปได้ว่าปัจจัยทั้งหมดมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความต้านทานภายใน อย่างมีนัยสำคัญ ค่า R-sq เท่ากับร้อยละ 85.51 หมายถึงตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้มานั้น สามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองซึ่งในที่นี้คือค่าความต้านทานภายใน ที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดีซึ่งถ้าค่า R-sq มีค่ามาก หมายความว่าตัวแบบที่ได้สามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก และเมื่อพิจารณา ค่า R-sq (adj) เท่ากับร้อยละ 84.10 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่า R-sq เท่ากับร้อยละ 85.51 แสดงได้ว่าจำนวนข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองมีจำนวนที่เพียงพอเหมาะสม

ต่อมานำค่าส่วนตกค้างมาทดสอบความพอเพียงของตัวแบบ แสดงดังรูปที่ 6 พบว่า Normal Probability Plot มีการกระจายของค่าความผิดพลาดของข้อมูลมีการกระจายตามแนวเส้นตรงจึงทำให้สรุปได้ค่าค่าความผิดพลาดมีการกระจายแบบปกติ การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent) Versus Order พบว่าการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดมีรูปแบบการกระจายเป็นอิสระ ไม่สามารถทำนายรูปแบบได้แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าความผิดพลาดมีความเป็นอิสระต่อกัน การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดโดยพิจารณาจากแผนภูมิการกระจายของ

ค่าความผิดพลาด Versus Fits พบว่าค่าความผิดพลาดในแต่ละระดับมีการกระจายตัวในด้านบวกและลบมีความสมดุลกัน จึงประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดมีค่าใกล้เคียงศูนย์ สรุปได้ว่าข้อมูลการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมสามารถนำผลการวิจัยไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้



รูปที่ 6 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

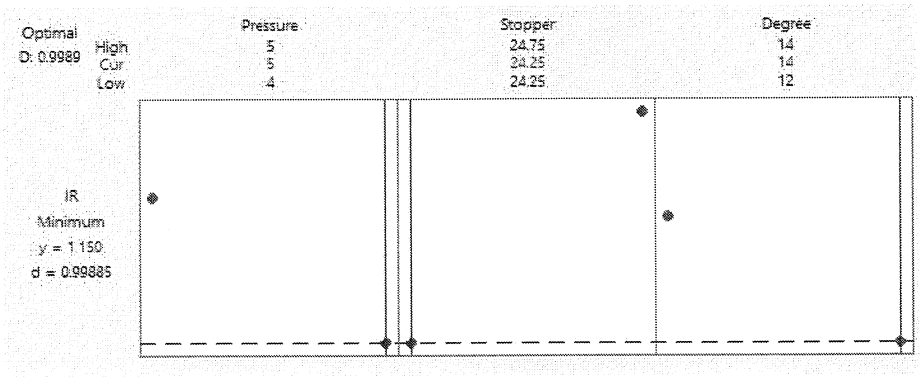
4.2 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยซึ่งทำให้ค่าความต้านทานภายในเบี่ยงเบนจากเป้าหมายต่ำสุด โดยกำหนดเป้าหมายค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่รุ่น A7 ไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม ผลการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย แสดงดังรูปที่ 7 สรุปได้ว่าควรกำหนดให้แรงดันกดชุดเซลล์เท่ากับ 5 เมกะปาสคาล ระยะหยุดเท่ากับ 24.25 มิลลิเมตร และมุมขอบตัวรับชุดเซลล์เท่ากับ 14 องศา จึงทำให้ได้ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดของบริษัทกรณีศึกษา

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Pressure	5
Stopper	24.25
Degree	14

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
IR	1.150	0.308	(0.537, 1.763)	(-0.884, 3.184)



รูปที่ 7 ผลการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย

4.3 การทดสอบสมมติฐานเพื่อยืนยันปัจจัย

ในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อยืนยันว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมทำให้ค่าความต้านทานภายในเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยในงานวิจัยนี้กำหนดสมมติฐานหลัก H_0 : $\mu \leq 1.15$ หมายถึงค่าความต้านทานภายในเฉลี่ยมีค่าไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม และสมมติฐานรอง H_1 : $\mu > 1.15$ หมายถึงค่าความต้านทานภายในเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 1.15 มิลลิโอห์ม พร้อมทดลองผลิตแบตเตอรี่ เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์แรงดันกดชุดเซลล์เท่ากับ 5 เมกะปาสคาล ระยะหยุดเท่ากับ 24.25 มิลลิเมตร และมุมขอบตัวรับชุดเซลล์เท่ากับ 14 องศา จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบตเตอรี่จำนวน 30 ลูก เพื่อมาทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ผลการวิเคราะห์พบตัวอย่างแบตเตอรี่มีค่าความต้านทานภายในเฉลี่ยเท่ากับ 1.14 มิลลิโอห์ม และนำไปทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยด้วยสถิติทดสอบ Z-test พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.855 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดคือ 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบสมมติฐานทางสถิติสามารถยอมรับสมมติฐานหลัก กล่าวคือค่าความต้านทานภายในเฉลี่ยไม่เกิน 1.15 มิลลิโอห์ม แสดงดังรูปที่ 8

Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% Lower Bound for μ
30	1.14033	0.00890	0.00913	1.12532

μ: population mean of IR
Known standard deviation = 0.05

Test

Null hypothesis H_0: $\mu = 1.15$
Alternative hypothesis H_1: $\mu > 1.15$

Z-Value	P-Value
-1.06	0.855

รูปที่ 8 ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในโรงงานกรณีศึกษาแบตเตอรี่ เพื่อแก้ไขปัญหาแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในกระบวนการผลิตซึ่งมีสาเหตุมาจากการตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม โดยการวิจัยนี้เลือกใช้การออกแบบการทดลองด้วยวิธีการทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์ การออกแบบการทดลองด้วยแฟกทอเรียล 2^k และการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งการยืนยันระดับที่เหมาะสมของปัจจัยด้วยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้งหมดมีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมต่อค่าความต้านทานภายในอย่างมีนัยสำคัญ และควรกำหนดค่าพารามิเตอร์แรงดันกดชุดเซลล์เท่ากับ 5 เมกะปาสคาล ระยะหยุดเท่ากับ 24.25 มิลลิเมตร และมุมขอบตัวรับชุดเซลล์เท่ากับ 14 องศา จากการนำผลลัพธ์การวิจัยไปใช้กับกระบวนการผลิตแบตเตอรี่รุ่น A7 สามารถช่วยลดแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเฉลี่ยจาก 127 ลูกต่อเดือน ลดลงเหลือ 46 ลูกต่อเดือน ร้อยละแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงเหลือ 0.51 (จากเดิม 1.33) ลดลงคิดเป็นร้อยละ 61.66 จากยอดเฉลี่ยจำนวนผลิตรวม 8,876 ลูกต่อเดือน โดยมีมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องของแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดเฉลี่ยจาก 30,075 บาทต่อเดือน ลดลงเหลือ 10,784 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 64.14 สามารถลดต้นทุน 19,291 บาทต่อเดือน หรือ 231,492 บาทต่อปี และจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ลดลงนั้นเป็นเหตุจากการทดลองลดปัญหาค่าความต้านทานภายในเกินมาตรฐานที่กำหนดของแบตเตอรี่รุ่น A7 เท่านั้น

6. ข้อเสนอแนะ

สามารถนำหลักการออกแบบการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและสามารถหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม ในกระบวนการผลิตที่เป็นกระบวนการโหลดชุดเซลล์ลงตัวรับชุดเซลล์กับรุ่นอื่นได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำสาเหตุจากตารางการวิเคราะห์ความสำคัญที่ไม่ได้นำมาแก้ไขมาทำการวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งต่อไป

References

[1] Feng J, Guo P, Xu, G. Barriers to electric vehicle battery recycling in a circular economy: an interpretive structural modeling. Journal of Cleaner Production 2024;469:143224.

[2] Exactitude Consultancy. Lead acid battery market [Internet]. 2023 [cited 2023 Apr 15]. Available from: https://exactitudeconsultancy.com/th/reports/15199/lead-acid-battery-market.

[3] Krivík P, Baca P, Kazelle J. Effect of ageing on the impedance of the lead-acid battery. Journal of Energy Storage 2021;36:102382.

[4] Jantana Y, Racttanawai N. Optimizing factors for lemongrass slicer using design of experiment. Science and technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal 2022;14(19):83-95. (In Thai)

[5] Sae-sio B, Sokul N. Reducing defects in packaging by applying experimental results: a case study of snack company. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal 2016;9(2):30-44. (In Thai)

[6] Homsri P, Kongthana J. Design of experiment (DOE) to reduce in plastic injection process of automotive parts. Kasem Bundit Engineering Journal 2013;3(2):73-95. (In Thai)

[7] Visedmanee J, Khadwilard A. Analysis of factors affecting the volume of lemongrass oil from distiller by experimental design. RMUTP Research Journal Sciences and Technology 2017;11(1):34-42. (In Thai)

[8] Khamteera J, Teerawatthanasukul I. Optimization for sewing machine setup using experimental design technique. RMUTP Research Journal Sciences and Technology 2015;9(1):102-11 (In Thai)

[9] Pacheco D, Librelato TP. Optimising process and product performance in complex systems: a study in the automotive industry. International Journal of Quality and Reliability Management 2023;40(4):922-41.

[10] Jankovic A, Chaudhary G, Goia F. Designing the design of experiments (DOE) – an investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems. Energy and Buildings 2021;250:111298.

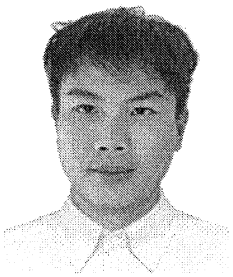
[11] Koohathongsumrit N, Meethom W. An integrated approach of fuzzy risk assessment model and data envelopment analysis for route selection in multimodal transportation networks. Expert Systems with Applications 2021;171:114342.

[12] Ketjoy N, Khaosaad N, Sirisamphanwong C, Chorchong T. Degradation of photovoltaic module peak power from internal resistance effect. Journal of Science and Technology Mahasarakham University 2013;32(5):547-54. (In Thai)

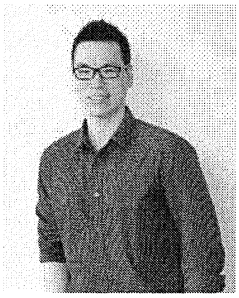
[13] Koohathongsumrit N, Meethom W. Route selection in multimodal transportation networks: a hybrid multiple criteria decision-making approach. Journal of Industrial and Production Engineering 2021;38(3):171-85.

[14] Darmawan D. The failure mode and effect analysis of islamic banking product marketing in Indonesia. Journal of Islamic Marketing 2025;16(1):290-305.

ประวัติผู้เขียนบทความ



รชฏ ยิ้มแย้ม นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง เลขที่ 282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขต บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 E-mail: 6614940009@rumail.ru.ac.th



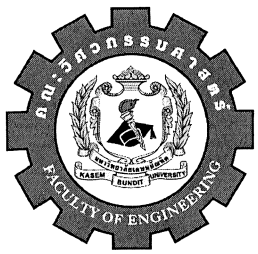
รศ.ดร.นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง เลขที่ 282 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขต บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 E-mail: nitidetch.k@rumail.ru.ac.th

วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต
KASEM BUNDIT
Engineering Journal

วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

KASEM BUNDIT Engineering Journal

ISSN 3027-6519 (Print) ISSN 3027-6527 (Online)



คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
KASEM BUNDIT UNIVERSITY

ที่ วศ.0204/160 คณะวิศวกรรมศาสตร์

21 พฤษภาคม 2568

เรื่อง กองบรรณาธิการแจ้งรับบทความที่ประสงค์ลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

เรียน รชฏ ยิ้มแย้ม และ นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ **เรื่อง การลดจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้วยการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง** (DEFECT REDUCTION OF MOTORCYCLE BATTERY USING DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS) เพื่อลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต นั้น

ขณะนี้บทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความแล้ว ตรวจสอบคุณภาพของบทความดำเนินการโดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (peer reviewer) เป็นบุคคลภายนอกจากหลากหลายสถาบัน และไม่ได้สังกัดเดียวกับผู้ประพันธ์ อย่างน้อย 3 คน

กองบรรณาธิการจะดำเนินการตีพิมพ์บทความของท่านลงใน "วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม 2568)" ในลำดับต่อไป

กองบรรณาธิการวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับบทความของท่านเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิตอีกในลำดับต่อไป เพื่อเป็นประโยชน์แก่วงการวิศวกรรมและสังคมโดยรวมตามเจตนารมณ์ของท่านและวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ วิญญู แสวงสินกสิกิจ)
บรรณาธิการวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์ (02) 320-2777 ต่อ 1211 โทรสาร (02) 321-6930-8 ต่อ 1211
E-mail : engkasemjournal@kbu.ac.th

Received: 16 กุมภาพันธ์ 2568 Revised: 12 เมษายน 2568 Accepted: 21 พฤษภาคม 2568

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
KASEM BUNDIT UNIVERSITY

ที่ วศ.0204/160

คณะวิศวกรรมศาสตร์

21 พฤษภาคม 2568

บันทึกข้อตกลงในการจัดพิมพ์บทความ

ตามที่ รชฏ ยิ้มแย้ม และ นิธิเดช ดูหาทองสัมฤทธิ์ ได้ส่งบทความ เรื่อง **การลดจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้วยการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง** (DEFECT REDUCTION OF MOTORCYCLE BATTERY USING DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS) เพื่อลงตีพิมพ์ใน "วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม 2568)" โดยบทความดังกล่าว

- เป็นบทความที่ไม่เคยได้รับการตีพิมพ์มาก่อนทั้งภายในประเทศหรือต่างประเทศ
- เป็นบทความที่ไม่ได้อยู่ในระหว่างการพิจารณาของสื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ
- เป็นบทความที่ไม่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น เนื้อหาในบทความไม่ได้ลอกเลียนหรือตัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่นหรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม

กองบรรณาธิการจะไม่รับผิดชอบในเนื้อหาหรือความถูกต้องของบทความที่ส่งมาตีพิมพ์โดยถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนและหากบทความที่ได้รับการตีพิมพ์นั้นเป็นบทความที่ละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นหรือมีความไม่ถูกต้องในเนื้อหาของบทความ ผู้เขียน/คณะผู้เขียนบทความนั้นต้องเป็นผู้รับผิดชอบ

(รองศาสตราจารย์ วิญญู แสวงสินกสิกิจ)
บรรณาธิการวิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต

(รชฏ ยิ้มแย้ม)
ผู้เขียน/คณะผู้เขียนบทความ

1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์ (02) 320-2777 ต่อ 1211 โทรสาร (02) 321-6930-8 ต่อ 1211
E-mail : engkasemjournal@eng.kbu.ac.th

คู่ฉบับสำหรับ ผู้เขียน/คณะผู้เขียนบทความ