

แบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า: กรณีศึกษาระบบโทรคมนาคม

พรหมพัทธ์ บุญรักษา¹, โชคชัย ชัยทิพย์², อนุสรณ์ ผ่องประภา³,
สมมาตร ทองคำ⁴, ธีระพงษ์ บุญรักษา⁵

^{1,2} คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

^{3,4} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

⁵ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th¹, terapong.b@rmutr.ac.th^{5*}

Received: Sep 26, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Nov 25, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้ากรณีศึกษาระบบโทรคมนาคม โดยแบบจำลองได้บูรณาการตัวชี้วัดสภาพแบตเตอรี่ (เช่น อายุการใช้งาน, ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ และผลจากการคายประจุเบื้องต้น) ร่วมกับปัจจัยแวดล้อม (เช่น อุณหภูมิและโหลด) ทั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการที่เสนอกับค่าที่ได้จากการทดลองจนถึงแรงดันปลายทางที่กำหนด งานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดขนาด 100 แอมแปร์ชั่วโมง แบ่งกรณีศึกษาการสำรองไฟฟ้าของแบตเตอรี่ออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ และทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สมการที่นำเสนอสามารถคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับการทดสอบจริงทั้ง 4 กรณี โดยแบบจำลองสามารถคาดการณ์ได้ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ 11.42% อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์ใหม่ในการประเมินความน่าเชื่อถือของระบบสำรองไฟฟ้าในโซ่ตงงานโทรคมนาคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ด้านการจัดการพลังงานและการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอนาคต

คำสำคัญ: แบบจำลองเชิงประจักษ์, ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า, แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด, ระบบงานโทรคมนาคม, ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

Empirical Models for Forecasting Power Backup Duration: A Case Study on Telecommunication Systems

Promphak Boonraksa¹, Chokchai Chaithip², Anusorn Phongprapa³,
Sommart Thongkham⁴, Teerapong Boonraksa^{5*}

^{1,2} Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

^{3,4} Faculty of Engineering, Bangkok Thonburi University

^{*5} Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Email: promphak.b@rmutsb.ac.th¹, terapong.b@rmutr.ac.th^{5*}

Received: Sep 26, 2025

Revised: Nov 20, 2025

Accepted: Nov 25, 2025

Abstract

This study proposes an empirical model for forecasting the backup power duration in telecommunication systems. The model integrates key battery condition indicators—such as service life, efficiency, and the effects of initial discharge—with environmental factors including temperature and load conditions. A 100 Ah lead-acid battery was employed in four case studies: (1) a new battery under controlled temperature, (2) an aged battery under controlled temperature, (3) a new battery under uncontrolled temperature, and (4) an aged battery under uncontrolled temperature. The calculated backup durations obtained from the proposed model were compared with experimental results until the specified terminal voltage was reached. The findings indicate that the proposed empirical model can accurately estimate the backup duration with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 11.42%, demonstrating strong agreement with experimental data. The developed model can serve as a practical criterion for assessing the reliability of backup power systems in telecommunication applications and can be effectively applied to energy management and preventive maintenance planning in future work.

Keywords: Empirical Model, Backup Power Duration, Lead-Acid Battery, Telecommunication System, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

บทนำ

ในปัจจุบันระบบโทรคมนาคมมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสาร ส่งข้อมูล การทำธุรกรรมทางการเงินและการให้บริการสาธารณะทั่วโลก[1] หากระบบโทรคมนาคมเกิดปัญหาหยุดการให้บริการชั่วคราว เนื่องจากระบบไฟฟ้าขัดข้องอาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานทั้งทางธุรกิจและสังคม รวมถึงความปลอดภัยของข้อมูลและความต่อเนื่องของบริการ ทำให้การมีระบบสำรองไฟฟ้าที่เชื่อถือได้เป็นปัจจัยสำคัญที่องค์กรโทรคมนาคมต้องให้ความสำคัญ[2]

ปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ การประเมินระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าในไซต์งานโทรคมนาคมมักอาศัยแนวทางมาตรฐานหรือสมการทั่วไปที่ไม่สามารถสะท้อนปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงได้จริง เช่น อายุของแบตเตอรี่ การเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพความผันผวนของโหลดอุปกรณ์ และผลกระทบของอุณหภูมิ การละเลยปัจจัยเหล่านี้ทำให้การคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนสูง และอาจส่งผลต่อการวางแผนบำรุงรักษา การจัดสรรทรัพยากร และความมั่นคงของระบบโทรคมนาคม[3]

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสมการเชิงประจักษ์ สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า โดยบูรณาการพารามิเตอร์สำคัญเชิงปฏิบัติการ เช่น ขนาดพิกัดประจุของแบตเตอรี่ โหลดของอุปกรณ์ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ผลกระทบของอุณหภูมิ ประสิทธิภาพที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ รวมถึงผลการทดสอบจริงจากฟังก์ชัน Battery Test (BT Test) และค่าการคายประจุในช่วงแรงดันต่ำ การบูรณาการข้อมูลเหล่านี้ทำให้สมการสามารถสะท้อนพฤติกรรมจริงของระบบสำรองไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังสามารถสร้างเครื่องมือประเมินที่เชื่อถือได้สำหรับผู้บริหาร

ระบบโทรคมนาคม ช่วยให้สามารถวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ปรับปรุงการจัดการพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นคงของระบบสำรองไฟฟ้า นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงระบบสำรองไฟฟ้าในไซต์งานโทรคมนาคมอื่น ๆ ได้อย่างเป็นระบบและยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าในระบบงานโทรคมนาคมภายใต้โหลดจริงและสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
2. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยบูรณาการพารามิเตอร์สำคัญของแบตเตอรี่และโหลดการใช้ไฟฟ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าการสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองกับผลการทดลองจริง และประเมินความน่าเชื่อถือของสมการในการใช้งานจริง

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเชิงประจักษ์สำหรับการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าไครณีศึกษาระบบโทรคมนาคม โดยเริ่มจากการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องตลอดจนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบและดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลองโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาด้านการคายประจุของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและการประเมินระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า (Backup Time) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยของ M. Chen และ G. A. Rincón-Mora [4] เสนอแบบจำลองเชิงไฟฟ้า (Electrical Model) ของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่สามารถจำลองพฤติกรรมแรงดันขณะคายประจุและชาร์จใหม่ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการวิเคราะห์สมรรถนะในสถานะโหลดคงที่และโหลดแปรผัน ต่อมา J. Piller et al. [5] ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและการเสื่อมสภาพต่อความสามารถในการจ่ายประจุ โดยระบุว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 20°C จะทำให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลงประมาณ 20–30% ในขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 40°C จะเร่งการเสื่อมสภาพของแผ่นตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญ

ทฤษฎีของ Peukert [6] เป็นรากฐานสำคัญของการประเมินระยะเวลาการคายประจุแสดงดังสมการที่ 1

$$t = \frac{C}{I^k} \quad (1)$$

เมื่อ t คือ เวลาการคายประจุ, C คือ ความจุของแบตเตอรี่ (Ah), I คือ กระแสโหลด (A) และ k คือ ค่าคงที่ของพีเคิร์ต ซึ่งขึ้นกับชนิดและสภาพของแบตเตอรี่โดยค่าดังกล่าวจะสูงขึ้นเมื่อแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ การคำนวณนี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างกระแสโหลดกับระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าซึ่งถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย เช่น Buchmann [7] ได้ปรับปรุงสมการพีเคิร์ตให้รองรับผลของอุณหภูมิและอายุการใช้งานแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถประเมินสมรรถนะได้แม่นยำยิ่งขึ้นในระบบพลังงานจริง

ในบริบทของระบบโทรคมนาคม (Site Telecom) งานของ Zhang et al. [8] และ Sharma et al. [9] ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของไฟฟ้าดับต่อความต่อเนื่องของสัญญาณและความเสียหายทางเศรษฐกิจ ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟที่แม่นยำและไม่กระทบ

ต่อการทำงานจริงของระบบ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดจากทฤษฎีของ Peukert รวมกับผลของอุณหภูมิและอายุการใช้งานแบตเตอรี่ มาพัฒนาเป็นสมการเชิงประจักษ์สำหรับการคำนวณระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าในระบบ Telecom ซึ่งสามารถประเมินได้โดยไม่ต้องตัดกระแสหลักจริง (Non-Disruptive Testing) และให้ค่าความแม่นยำใกล้เคียงผลการทดสอบจริง มากกว่า 80%

2. แบบจำลองเชิงประจักษ์ที่ใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า

ตามทฤษฎีพื้นฐานสมการที่ (1) ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น เมื่อนำมาใช้คำนวณระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจริงพบว่าค่าที่คำนวณได้มักสูงกว่าค่าใช้งานจริง นอกจากแบตเตอรี่มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การทำงานในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และประสิทธิภาพการคายประจุที่ลดลง ดังนั้น การประเมินระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจริงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยปรับสมรรถนะของแบตเตอรี่ ซึ่งรวมถึงอายุแบตเตอรี่ ผลกระทบของอุณหภูมิ และสมรรถนะที่เหลือจากการใช้งานที่ผ่านมาซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 อายุแบตเตอรี่ (Battery Life, %)

แบตเตอรี่เก่าและแบตเตอรี่ใหม่มีสมรรถนะแตกต่างกัน แบตเตอรี่เก่าจะจ่ายกระแสไฟได้น้อยลง ทำให้ระยะเวลาสำรองไฟฟาลดลงตามสัดส่วนของอายุการใช้งาน[10] งานวิจัยนี้พิจารณาการเสื่อมสภาพของอายุการใช้งานแบตเตอรี่ (%) ที่ 5% ต่อปี

2.2 ผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect of Temperature, %)

อุณหภูมิมีผลกระทบต่อสมรรถนะของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดอย่างชัดเจน แบตเตอรี่ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในช่วงอุณหภูมิปานกลาง หากอุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป ประสิทธิภาพลดลง ทำให้ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าสั้นลง[10]การประเมินผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพแบตเตอรี่ตะกั่วกรดใช้โมเดลเชิงประจักษ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลแสดงดังสมการที่ 2

$$\text{Effect Temperature (\%)} = 100 \times e^{-k(T-25)} \quad (2)$$

โดย T คืออุณหภูมิแบตเตอรี่ (°C) และ k เป็นค่าคงที่ที่สะท้อนความไวต่ออุณหภูมิ ซึ่งได้จากข้อมูลทดลอง โมเดลนี้สมมติว่าประสิทธิภาพแบตเตอรี่เต็ม (100%) ที่ 25 °C และสามารถใช้ประเมินความจุที่ใช้งานได้จริงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

2.3 สมรรถนะที่เหลือ (Performance Remaining, %)

พารามิเตอร์นี้สะท้อนสมรรถนะของแบตเตอรี่หลังจากรอบการชาร์จ-ดิสชาร์จที่ผ่านมา แบตเตอรี่ใหม่มีสมรรถนะใกล้ 100% ในขณะที่แบตเตอรี่เก่าจะลดลง ส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาสำรองไฟฟ้า[10]

2.4 เวลา BT Test (BT Test, Hr.)

เป็นค่าระยะเวลาสำรองไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบแบตเตอรี่จริง เพื่อสะท้อนความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและการใช้งานจริง[10] ในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 2 ชั่วโมง

2.5 Performance Remaining (%)

คำนวณจากอายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Life %) และผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect Temperature %) ค่าที่ได้แสดงถึงประสิทธิภาพแบตเตอรี่ที่เหลือเมื่อพิจารณาทั้งอายุการใช้งานและอุณหภูมิในการใช้งาน[10]

2.6 เวลาการคายประจุที่แรงดันต่ำ (Low Voltage Discharge, Hr.)

เป็นระยะเวลาสำรองไฟฟ้าที่สูญเสียไปเนื่องจากระบบตัดแรงดันต่ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อายุแบตเตอรี่ถูกดิสชาร์จต่ำกว่าค่าปลอดภัย ซึ่งช่วยยืดอายุแบตเตอรี่[10]

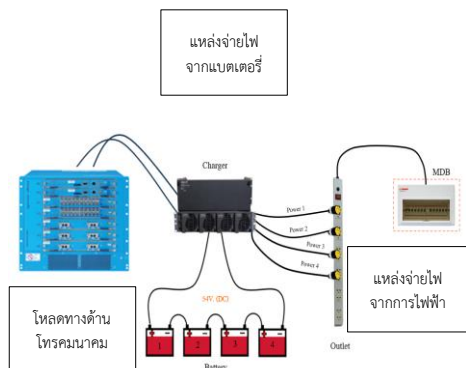
เมื่อพิจารณาปัจจัยทั้งหมดนี้ จะเห็นว่าระยะเวลาการสำรองไฟฟ้ามีส่วนโดยตรงกับความจุแบตเตอรี่และสมรรถนะที่เหลืออยู่ และมีสัดส่วนผกผันกับกระแสโหลด จึงสามารถเขียนสมการการคำนวณใหม่ดังสมการที่ 3

$$\text{Backup time} = \frac{\text{Capacity (Ah)}}{\text{Load Current (A)}} \times \left[\frac{\text{Battery Life (\%)} \times \text{Effect Temperature (\%)} \times \text{Performance Remaining (\%)}}{\text{BT Test (Hr.)} - \text{Low Voltage Discharge (Hr.)}} \right] \quad (3)$$

การรวมพารามิเตอร์เหล่านี้เข้าด้วยกันทำให้สามารถคำนวณระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าจริงของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง ทั้งเก่าและใหม่ ภายใต้สภาพควบคุมอุณหภูมิและไม่ควบคุมอุณหภูมิ ได้อย่างแม่นยำ สมการที่คิดขึ้นจึงสามารถปรับใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าจากทฤษฎีให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของระบบสำรองไฟฟ้า

3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า

เตรียมแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 16 ลูก พร้อมอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าและเครื่องมีวัดแรงดันกระแส และเวลา เพื่อใช้ในการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า ระบบการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบการทดสอบระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า

4. กำหนดเงื่อนไขการทดสอบระบบสำรองไฟฟ้า

ทำการทดลองระบบสำรองไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

4.1 ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิ

4.2 ทดสอบแบตเตอรี่เก่า 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิ

4.3 ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ

4.4 ทดสอบแบตเตอรี่เก่า 100 แอมแปร์ ชั่วโมง โดยไม่ควบคุมอุณหภูมิ

โดยนิยาม แบตเตอรี่ใหม่ ว่ามีอายุการใช้งานไม่เกิน 6 เดือน และยังไม่ผ่านรอบการชาร์จ-ดิสชาร์จครบ 50 ครั้ง โดยงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งาน 6 เดือน ในขณะที่แบตเตอรี่เก่า หมายถึงแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมากกว่า 3 ปี และมีความจุที่วัดได้ต่ำกว่า 80% ของค่ามาตรฐาน โดยงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งาน 5 ปี 5 เดือน) ในส่วนของอุณหภูมิในการควบคุม ถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ขณะที่ในการไม่ควบคุมอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $33\text{--}38^{\circ}\text{C}$ ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพการติดตั้งจริงของตู้โทรคมนาคมกลางแจ้ง

ระหว่างการทดสอบทำการบันทึกผลแรงดันไฟฟ้า และเวลาการคายประจุจนถึงแรงดันปลายทาง (Terminal Voltage) ที่กำหนด

5. ดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง

โดยงานวิจัยนี้ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นดัชนีชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$MAPE = \sum \left| \frac{(A_t - F_t)}{A_t} \right| \times \frac{100}{n} \quad (4)$$

โดยที่ A_t คือ ค่าจริง ณ เวลา t , F_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ n คือ จำนวนข้อมูลที่นำมาพิจารณา โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการพยากรณ์ หากค่าที่ได้ต่ำหมายถึงแบบจำลองมีความแม่นยำสูง[11-12]

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์เพื่อคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าของระบบสำรองไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ ตามลักษณะพื้นที่การติดตั้งของระบบ และลักษณะการใช้งานของแบตเตอรี่ เพื่อให้ทราบถึงค่าความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 กรณีแสดงผลการวิจัยดังนี้

1. ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 1 นำแบตเตอรี่ใหม่ (ใช้งานมาแล้ว 6 เดือน) ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ติดตั้งในพื้นที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (25°C) ต่อเชื่อมกับโหลดในระบบงานโทรคมนาคมจริงขนาด 9.7 แอมแปร์ ผลการคาดการณ์ระยะเวลาสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 8.66 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 9.78

ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 88.50% แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยควบคุมอุณหภูมิ

Case study 1. (Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	98.75%
Effect Temperature(%)	94.00%
Performance Remaining(%)	80.00%
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	8.66
Test Runtime (Hr)	9.78
Accuracy (%)	88.50

2. ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 2 นำแบตเตอรี่เก่าขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก มาทดสอบในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (25°C) ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 4.44 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 5.12 ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 86.76% แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยควบคุมอุณหภูมิ

Case study 2. (Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	75.88
Effect Temperature(%)	88.00
Performance Remaining(%)	50.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	4.44
Test Runtime (Hr)	5.12
Accuracy (%)	86.76

3. ทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 3 นำแบตเตอรี่ใหม่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก ติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมาทดสอบ ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 6.46 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 7.11 ชั่วโมง และผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 90.81% แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่ใหม่โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

Case study 3. (No Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	98.75
Effect Temperature(%)	67.00
Performance Remaining(%)	80.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	6.46
Test Runtime (Hr)	7.11
Accuracy (%)	90.81

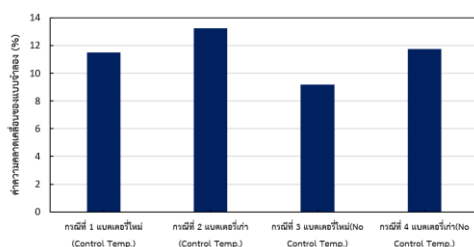
4. ทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ครั้งที่ 4 นำแบตเตอรี่เก่าขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 4 ลูก นำมาจาก Site Telecom ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิมาทดสอบ ผลการคาดการณ์ระยะสำรองไฟฟ้าของแบบจำลองอยู่ที่ 1.99 ชั่วโมง ส่วนผลการทดสอบจริงอยู่ที่ 2.25 ชั่วโมงและผลการคำนวณค่าความแม่นยำของแบบจำลองอยู่ที่ 88.25% แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความแม่นยำในการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าโดยทำการทดสอบแบตเตอรี่เก่าโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

Case study 4. (No Control Temp)	
Capacity (Ah)	100
Load Current(A)	9.70
Battery Life(%)	75.88
Effect Temperature(%)	63.00
Performance Remaining(%)	20.00
BT Test (Hr)	2
Low Voltage Discharge	1
Calculate Backup time (Hr)	1.99
Test Runtime (Hr)	2.25
Accuracy (%)	88.25

จากกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณีสามารถนำผลการทดสอบไปพลอตกราฟเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน(%)ของแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่สร้างขึ้นแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองของกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี

จากภาพที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองที่นำเสนอ เพื่อใช้ในการทำนายเวลาสำรองไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการวัดผลจริงพบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เท่ากับ 11.42%

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการคาดการณ์ระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าของแบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ชั่วโมง สำหรับระบบโทรคมนาคม โดยพิจารณาปัจจัยด้านอายุการใช้งานของแบตเตอรี่และอุณหภูมิแวดล้อม พบว่าแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำนายระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่าความแม่นยำของผลการคำนวณเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริงอยู่ในช่วง 86.76–90.81% และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.58% ซึ่งสอดคล้องกับค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ที่คำนวณได้เท่ากับ 11.42% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่เสนอมีความถูกต้องในระดับสูง

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาการสำรองไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่ใหม่สามารถสำรองไฟได้ยาวนานกว่าแบตเตอรี่เก่าประมาณ 10–20% เนื่องจากค่าความต้านทานภายในต่ำกว่าและสมรรถนะทางเคมีของเซลล์ยังอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ในขณะที่แบตเตอรี่เก่ามีการเสื่อมของแผ่นขั้วไฟฟ้า ส่งผลให้ความสามารถในการจ่ายกระแสลดลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้อุณหภูมิยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะ โดยกรณีที่ระบบติดตั้งในพื้นที่ที่ไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิจะมีระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าลดลงเฉลี่ย 10–15% เมื่อเทียบกับพื้นที่ติดตั้งที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ในช่วงเหมาะสม (ประมาณ 25–30°C) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีทางอุณหพลศาสตร์และผลการศึกษาของ Gharehghani et al. [10] ที่ระบุว่าอุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไปทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการทดสอบจริง พบว่าผลลัพธ์มีความสอดคล้องกันในระดับที่น่าพอใจ โดยแบบจำลองสามารถคาดการณ์ค่าเวลาสำรองไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับค่าทดสอบจริงมากกว่า 80% ทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมอุณหภูมิ แสดงให้เห็นถึงความสามารถของสมการที่พัฒนาขึ้นในการสะท้อนผลของตัวแปรหลัก ได้แก่ อายุแบตเตอรี่ (Battery Life %), สมรรถนะที่เหลือ (Performance Remaining %), และผลกระทบของอุณหภูมิ (Effect of Temperature %) ต่อระยะเวลาการสำรองไฟฟ้าได้อย่างเป็นระบบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบริษัทซิมโพนี่จำกัดมหาชนที่อนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาให้นักวิจัยได้ทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- [1] *Future Trends of Information Technology*, Prosoft HCM. (Accessed: 2025, September 26). [Online]. Available: <https://www.prosofthcm.com/Article/Detail/16795/>
- [2] C. Chaitip, "Backup power system for telecommunication sites," B. Eng. Project (Electrical Engineering), Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Thailand, 2024.
- [3] F. Mahdavian, S. Platt, M. Wiens, M. Klein, and F. Schultmann, "Communication blackouts in power outages: Findings from scenario exercises in Germany and France," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 46, Article 101628, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.ijdr.2020.101628.
- [4] M. Chen and G. A. Rincón-Mora, "Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 21, no. 2, pp. 504–511, Jun. 2006.
- [5] S. Piller, M. Perrin, and A. Jossen, "Methods for state-of-charge determination and their applications," *Journal of Power Sources*, vol. 96, no. 1, pp. 113–120, Jun. 2001.
- [6] W. Peukert, "Über die Abhängigkeit der Kapazität von der Entladestromstärke bei Bleiakкумуляtoren," *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. 20, pp. 287–288, 1897.
- [7] I. Buchmann, *Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers*, 3rd ed., Cadex Electronics Inc., 2011.
- [8] Y. Zhang, C. Liu, and H. Li, "Reliability analysis of backup power systems for telecommunication networks," *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 67, no. 3, pp. 1179–1188, Sep. 2018.

- [9] R. Sharma, N. Singh, and K. Rao, "Impact of power outage on telecommunication systems: a reliability perspective," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 132, pp. 107205, May 2021.
- [10] A. Gharehghani, J. Gholami, P. Shamsizadeh, and S. Mehranfar, "Effect analysis on performance improvement of battery thermal management in cold weather," *Journal of Energy Storage*, vol. 45, pp. 103728, 2022.
- [11] P. Dawan, K. Sriprapha, S. Kittisontirak, T. Boonraksa, N. Junhuathon *et al.*, "Comparison of power output forecasting on the photovoltaic system using adaptive neuro-fuzzy inference systems and particle swarm optimization-artificial neural network model," *Energies*, vol. 13, no. 2, p. 351, 2020, doi: 10.3390/en13020351.
- [12] N. Khortsriwong, P. Boonraksa, T. Boonraksa, T. Fangsuwannarak, A. Boonsrirat, W. Pinthurat, and B. Marungsri, "Performance of deep learning techniques for forecasting PV power generation: A case study on a 1.5 MWp floating PV power plant," *Energies*, vol. 16, no. 5, p. 2119, 2023, doi: 10.3390/en16052119.