

การประเมินศักยภาพในการบริหารและจัดการพลังงานของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

POTENTIAL EVALUATION ON ENERGY MANAGEMENT OF HYBRID ENERGY STORAGE FOR SOLAR POWER SYSTEM

สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์^{1,2} ธเนศ วิลาสมงคลชัย^{2,*} ประพันธ์ พิกุลทอง² เอกภูมิ บุญธรรม³ และ ณัฐวงศ์ โพรธิ์สุภานันท์²

Somchai Jiajitsawat^{1,2} Thanet Vilasmongkolchai^{2,*} Praphun Pikultong² Eakpoom Boonthum³
Nattawong Phosuphanan²

¹คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

²ศูนย์วิจัยและส่งเสริมพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

³คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

* E-mail: zl.thanet@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ มักได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ทำให้ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่สม่ำเสมอ สร้างความผันผวนให้กับสายส่ง และไม่สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสะสมพลังงานจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อม แต่ด้วยต้นทุนเริ่มต้นของระบบที่สูง โดยเฉพาะแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาแพง และไม่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ จึงเป็นก้างขวางสำคัญต่อการผลักดันให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศ ระบบสะสมพลังงานไฮบริดซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ซึ่งมีต้นทุนที่ต่ำกว่าและสามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยใช้ระบบควบคุมเข้ามาบริหารจัดการเพื่อดึงจุดเด่นของแบตเตอรี่ที่แตกต่างกันให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากผลการประเมินศักยภาพในการบริหารและจัดการพลังงานของระบบแบตเตอรี่แบบไฮบริดเบื้องต้น ทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อจำกัดของระบบสะสมพลังงาน ซึ่งสามารถทำการปรับปรุงให้เหมาะสมกับรูปแบบอาคารต่างๆได้ โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกริดในช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ และเมื่อพิจารณาในส่วนของการเพิ่มเสถียรภาพด้านพลังงานของพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าระบบสะสมพลังงานจะสามารถลดความผันผวนของพลังงานได้แม้ว่าจะมีความต้องการใช้พลังงานในระดับสูงอย่างรูปแบบการใช้พลังงานในสำนักงาน ซึ่งผลการศึกษาจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการต่อไป

คำสำคัญ: ระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริด, พลังงานแสงอาทิตย์, ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด, การจัดการพลังงาน

ABSTRACT

Electricity production from solar energy is usually affected by the environment, which causes the produced electricity unstable. This instability of the electricity creates a fluctuation of transmission line and

decreases the efficient use of the electricity. An energy storage system has been used to reduce the environmental effect, but the initial cost of the system is high, especially for lithium-ion batteries (Li-ion) having high performance, expensive cost, and no production in the country. Thus, it causes a barrier to driving the wide usage of the batteries in the country. A hybrid energy storage system is a co-operation between lithium-ion batteries (Li-ion) and valve regulated lead acid battery (VRLA). The system has cheaper initial cost and can be produced in the country. The system control is used for management in order to extract the different characteristics of the batteries for maximum performance. From the results of basically potential evaluation on energy management of hybrid battery system, the problem and limitation of the system were known and could be improved for various types of buildings. The hybrid energy storage could efficiently reduce the electricity consumption from the grid during high electricity demand. Thus, it reduced the energy expense. When considering the stability of energy from solar energy, it was found that the energy storage system can reduce the energy fluctuation even though there is high energy demand as energy usage in the office. This study results will further be compared with the testing results in laboratory.

Keywords: Hybrid energy storage, Solar energy, Peak demand, Energy management

1. ภาพรวมการบริหารและจัดการพลังงานด้วยระบบสะสมพลังงาน

สถานการณ์ปัจจุบัน การติดต่อสื่อสาร การดำเนินธุรกิจ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ประเทศไทยเช่นกัน ที่ต้องมีการปรับตัวให้เท่าทันและสามารถแข่งขันในระดับโลก เศรษฐกิจไทยในไตรมาสแรกของปี 2560 ขยายตัวร้อยละ 3.3 ปรับตัวดีขึ้นจากการขยายตัวร้อยละ 3.0 ในไตรมาสก่อนหน้า โดยเป็นการขยายตัวที่นำโดยภาคเศรษฐกิจเอกชน และกระจายตัวเป็นวงกว้างมากขึ้น และเมื่อปรับผลของฤดูกาลออกแล้ว เศรษฐกิจไทยในไตรมาสแรกของปี 2560 ขยายตัวจากไตรมาสที่สี่ของปี 2559 ร้อยละ 1.3 [1] การขยายตัวทางเศรษฐกิจดังกล่าว สิ่งทีหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ การใช้พลังงานที่มากขึ้น จากสถิติความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของระบบเดือนกรกฎาคมเกิดขึ้น เมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม 2560 เวลา 20.37 น. มีค่าเท่ากับ 26,129.80 เมกะวัตต์ ลดลงจากเดือนที่ผ่านมา 617.40 เมกะวัตต์ หรือลดลงร้อยละ 2.31 [2] โดยในภาพรวมการคาดการณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปียังคงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปัญหาที่ตามมา คือ ปัญหาการขาดเสถียรภาพในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On-peak) ส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาคทั้งภาครัฐและเอกชน ทั้งในการดำเนินกิจการและความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสภาพการณ์ปัจจุบันหลากหลายประเทศได้มีความตื่นตัวด้านพลังงานทดแทน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สะอาดและมีขนาดใหญ่ที่สุด ทำให้หลายบริษัทในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ รวมถึงภาครัฐหันมาติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อการลดค่าไฟฟ้าภายในองค์กร แต่ด้วยความไม่แน่นอนจากสภาพแวดล้อมทำให้การนำพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์มาใช้งานในลักษณะที่สามารถควบคุมพลังงานได้อย่างสมบูรณ์จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีการสำรองพลังงานไฟฟ้ามาใช้ร่วมด้วย

จากรายงานทางวิชาการต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการบริหารและจัดการพลังงานด้วยระบบสะสมพลังงาน พบว่าระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าสามารถช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดได้ ทั้งนี้ได้มีงานวิจัยที่ใช้แบตเตอรี่เพื่อทำการสำรองไฟฟ้าและจ่ายคืนให้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส โดยพัฒนาในส่วนของแอคทีฟฟิลเตอร์ (Active Filter) เพื่อช่วยในการปรับสัญญาณคลื่นไซน์ให้มีความสมบูรณ์ที่สุดก่อนจ่ายกลับเข้ากับระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ [3] ซึ่งงานวิจัยนี้ถือว่าเป็นงานวิจัยในยุคต้นๆ ของการใช้ระบบสำรองพลังงานเพื่อช่วยในการบริหารจัดการพลังงานเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นการมุ่งเน้นไปยังระบบควบคุมทางไฟฟ้ามากกว่าการนำเสนอในแง่ของการควบคุมเพื่อตอบสนองต่อการใช้งานเพื่อบริหารจัดการพลังงาน M.J.M. Davis และ P. Hiralal ได้พัฒนาระบบให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อใช้สำหรับบ้านอัจฉริยะ (Smart home) โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (peak load) โดย

หลักการคือสำรองพลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำซึ่งมีค่าไฟฟ้าถูก และนำจ่ายไฟฟ้ากลับมาใช้งานในขณะที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้และมีความคุ้มค่าในเชิงของเศรษฐศาสตร์ [4]

การพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีด้านระบบการสำรองพลังงานได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการพัฒนาในแง่ของขนาดเพื่อให้ตอบสนองต่อระบบที่ใหญ่ขึ้น ตลอดจนการใช้งานร่วมกับแหล่งพลังงานทดแทน แต่จะมีความแตกต่างกันที่ระบบควบคุมและการออกแบบเพื่อให้รองรับกับสถานะการใช้งานในแต่ละประเทศนั้นๆ ในการออกแบบระบบควบคุมและจำลองสถานการณ์ความต้องการไฟฟ้าสูง A. Mishra และคณะ ได้ออกแบบและพัฒนา ระบบควบคุมแบบป้อนกลับและนำมาใช้ลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 18% และช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น [5] นอกจากนี้ S. Son และ H. Song ได้มีการพัฒนาต่อยอดโดยทำการเชื่อมต่อบริการสำรองพลังงานไฟฟ้าเข้ากับแหล่งพลังงานทดแทน และใช้ระบบควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Logic) ในการควบคุมการอัดและคายประจุของระบบสำรองพลังงาน ทั้งนี้ได้นำมาคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้จากพลังงานจากลมแบบเวลาจริง (real-time) ร่วมกับพลังงานที่เก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่เพื่อจ่ายเข้ากับระบบกริดเพื่อลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด พบว่าความต้องการไฟฟ้าสูงมีค่าลดลงและสามารถเลื่อนช่วงเวลาความต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้ [6] เช่นเดียวกับระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ J. Neubauer และ M. Simpson ได้ทำการทดลองใช้ระบบสำรองพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กกระจายไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงในระยะเวลาสั้นๆ พบว่ามีความได้เปรียบในเชิงต้นทุนอย่างมาก โดยไม่ต้องคำนึงถึงพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถทำการลดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงในช่วงสั้นๆ ได้ 2.5% [7]

เนื่องจากระบบควบคุมมีความสำคัญอย่างมากกับการบริหารจัดการพลังงานเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด การติดตั้งเครื่องมือวัดจึงมีความจำเป็นที่จะแสดงข้อมูลพลังงานที่ผลิตได้และการใช้ไฟฟ้าในขณะนั้น อย่างไรก็ตามการประเมินการใช้พลังงานไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำนัก การผลิตไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการผลิตในปริมาณที่เกินกว่าการใช้งานเพื่อให้เพียงพอและรองรับการใช้งานที่เกินความคาดหมาย แหล่งพลังงานทดแทนได้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานร่วมก็ไม่สามารถที่จะประเมินค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นการอาศัยเครื่องมือวัดเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถทำให้การบริหารจัดการพลังงานไม่สามารถทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ F.A.T. Al-Saedi ได้นำข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต (Yahoo Weather Forecast) และทำการประเมินข้อมูลและแนวโน้มทางสถิติตลอดจนข้อมูลจากสภาพอากาศ จึงได้ถูกนำมาใช้งานเพื่อประมวลผลร่วมในระบบควบคุมหลักของระบบบริหารจัดการพลังงาน ทั้งนี้ในงานวิจัยได้แสดงถึงตัวอย่างการนำไปใช้ในระบบบ้านอัจฉริยะ โดยได้เสริมระบบบริหารจัดการไฟฟ้าภายในบ้าน เช่นการ เปิด-ปิด ไฟ เพื่อลดการใช้พลังงานร่วมด้วย [8] โดยส่วนของระบบสำรองพลังงานไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่ ได้มีพัฒนาไปโดยควบคู่กับระบบควบคุม ซึ่งในโครงการวิจัยได้มีการเลือกแบตเตอรี่ตะกั่วกรดลิเทียม ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานต่อพื้นที่สูง มีความนิยมในการนำมาใช้กักเก็บพลังงาน ทั้งนี้ European Commission Joint Research Centre in cooperation with frontier Economics ได้ทำการทดสอบแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรดลิเทียมในการใช้งานภาคพลังงานพบว่ามีประสิทธิภาพสูงถึง 85% [9] ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองของ S.M. Schoenung และ W.V. Hassenzahl [10] และในส่วนของการทดสอบอัตราการคายประจุด้วยตัวเอง (Self discharge) L. Beurskens พบว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดลิเทียมนี้มีอัตราการคายประจุด้วยตัวเองที่ค่อนข้างต่ำ (0.03 - 0.1% ต่อวัน) [11] แต่ในขณะเดียวกันแบตเตอรี่ประเภทนี้ยังมีข้อด้อยหลายประการ เช่น การเสื่อมสภาพได้ง่าย และอุณหภูมิส่งผลต่อการใช้งาน ตลอดจนราคาค่อนข้างสูง และสามารถติดไฟได้ง่ายหากเกิดอุณหภูมิสูงหรืออิเล็กทรอนิกส์รั่วไหล ในการออกแบบจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการเพื่อป้องกันและรองรับสถานการณ์ดังกล่าวได้ นอกจากนี้ในการศึกษาระบบการสำรองพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดสำหรับประเทศไทยแล้ว ถือว่าเป็นงานวิจัยที่มีความสอดคล้องกับนโยบายทางด้านพลังงานของรัฐบาล และยังไม่มีการศึกษาในเชิงการนำไปใช้เท่าไรนัก โครงการนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อประเทศไทยอย่างยิ่งทั้งในปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากจะสามารถเพิ่มเสถียรภาพและความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการระบบพลังงานไฟฟ้าของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่งไฟฟ้าไปใช้งานในช่วงที่มีอัตราความต้องการไฟฟ้าสูงหรือช่วง On-peak นอกจากนี้ยังถือเป็นส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนให้เพิ่มยิ่งขึ้นอีกด้วย

ส่วนของงานวิจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ J. Eyer และ G. Corey ได้ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการอัดและคายประจุของระบบสะสมพลังงานไฟฟ้า พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า 4¢/kWh เมื่อทำการอัดประจุเข้าระบบสะสมพลังงานประเภทแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพ 75% จะจ่ายออกที่ 9.33¢/kWh ดังนั้นแล้วจึงเป็นข้อมูลสำคัญในการพิจารณาและเลือกช่วงเวลาในการสะสมพลังงานไฟฟ้าและจ่ายออกเพื่อลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในอีกทางหนึ่ง [12]

ระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดเป็นเทคโนโลยีของระบบสะสมพลังงานที่เกิดจากการผนวกรวมของระบบสะสมพลังงานสองชนิดขึ้นไปเพื่อให้ทำงานสอดคล้องกันโดยมีวัตถุประสงค์ให้นำจุดเด่นของระบบสะสมพลังงานแต่ละประเภทมาเสริมซึ่งกันและกัน [13] ทั้งนี้ระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดอาจประกอบกันด้วยระบบสะสมพลังงานซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน โดยมีระบบสำรองพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนหลักของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริด เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถนำพลังงานไปใช้ได้ง่าย และมีความสอดคล้องกับการใช้งานหลากหลายรูปแบบ

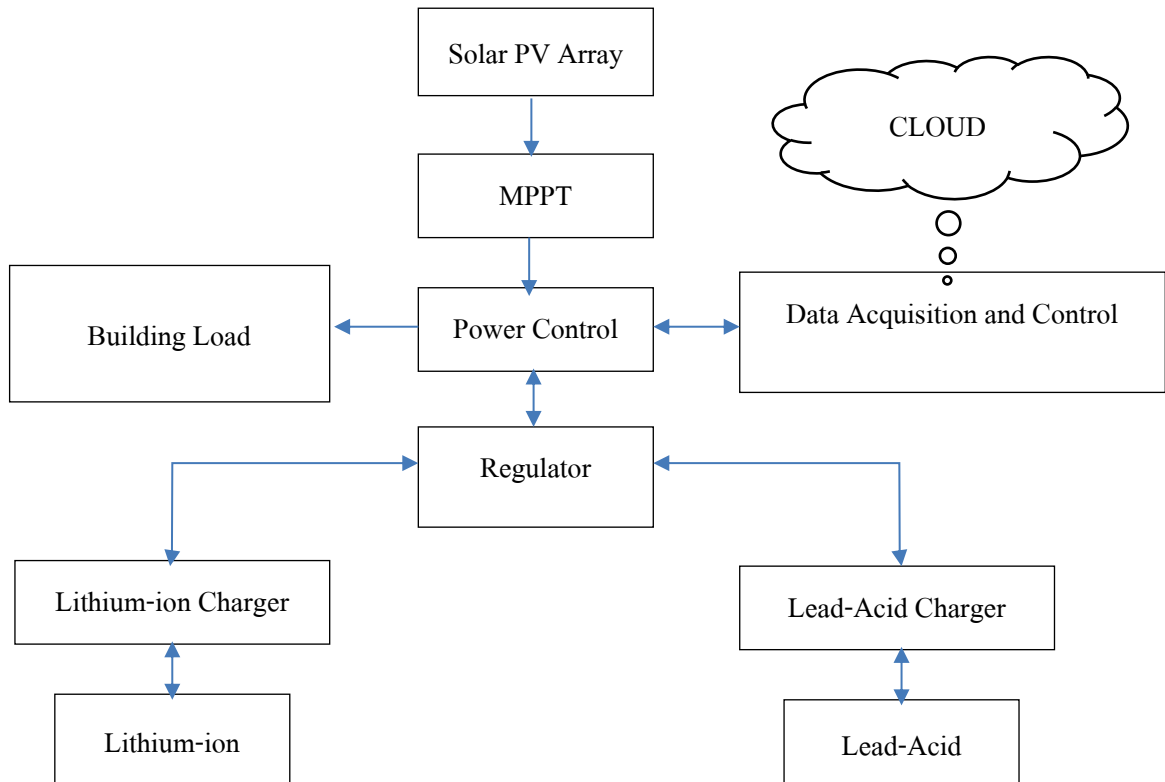
N. Mukherjee และ D. Strickland ได้ทำการวิจัยระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริด ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างตัวเก็บประจุความจุสูง (Super Capacitor) และแบตเตอรี่โดยมุ่งเน้นในการเพิ่มความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยนำเสนอระบบแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า และระบบควบคุมเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำงานและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ [14] นอกจากนี้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริดยังได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการทำงานร่วมกันระหว่างแบตเตอรี่ต่างชนิดกัน ซึ่ง H. Arita และคณะ ได้ทำการออกแบบระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริดจากแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดและแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยใช้ระบบควบคุมเพื่อให้มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดความผันผวนของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม ซึ่งสามารถลดต้นทุนของระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าลงได้ถึง 40% [15] สำหรับพื้นที่ซึ่งห่างไกลสายส่งหรือพื้นที่ซึ่งระบบไฟฟ้าขาดเสถียรภาพ ระบบสะสมพลังงานได้มีบทบาทในการลดความไม่แน่นอนของพลังงานไฟฟ้าได้โดยสามารถลดการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ตัวอย่างเช่นสถานพยาบาลในแอฟริกาได้มีการใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริดซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด พร้อมทั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานเพิ่มเติม ซึ่ง C. Rahe พบว่าแบบจำลองที่ออกแบบขึ้นโดยอ้างอิงจากการทดลองพบว่าระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและมีต้นทุนที่ต่ำลง [16]

ด้วยการประยุกต์ใช้งานทางด้านต่าง ๆ จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ตระหนักชัดว่าระบบสะสมพลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานและการเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบพลังงาน ซึ่งสมควรผลักดันเทคโนโลยีนี้ให้มีการใช้งานแพร่หลายมากขึ้น โดยจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินศักยภาพในการบริหารและจัดการพลังงานของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริด ระหว่างแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนร่วมกับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด เพื่อลดต้นทุนแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีราคาแพง โดยพัฒนาระบบควบคุมเพื่อดึงจุดเด่นของระบบสะสมพลังงานทั้งสองประเภทให้มีศักยภาพสูงขึ้นและสามารถชดเชย

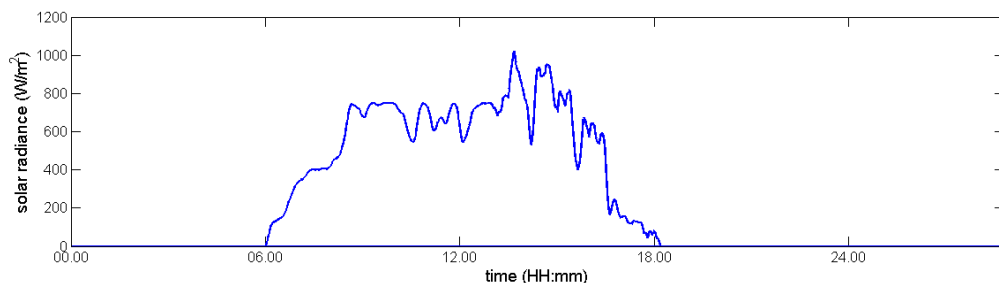
3. การประเมินศักยภาพในการบริหารและจัดการพลังงานของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริด

ระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดจะประกอบด้วยแบตเตอรี่ตะกั่วกรด และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งมีความอิสระต่อกัน โดยระบบอัดและคายประจุของระบบสะสมพลังงานจะถูกแยกออกเนื่องจากความแตกต่างของคุณลักษณะในการทำงานของระบบสะสมพลังงานแต่ละชนิด ทั้งนี้ระบบควบคุม (Power Control) ในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าจะทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุและคายประจุของระบบสะสมพลังงานทั้งสองประเภท (Lithium-ion and Lead-acid chargers) ให้สามารถทำงานสอดคล้องกันและสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปที่ 1 ได้แสดงการทำงานของระบบ ประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานขาเข้า โดยจะทำการสะสมพลังงานหรือทำการจ่ายพลังงานไปยังโหลดอาคาร (Building) ด้วยระบบควบคุม (Data acquisition and control) ซึ่งสามารถทำการติดต่อกับระบบคลาวด์ (Cloud)

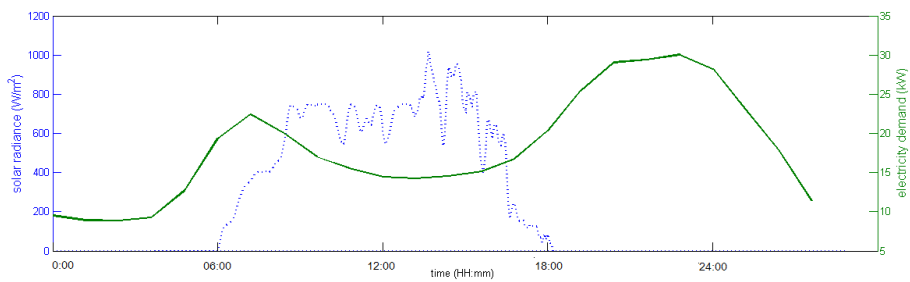
ในการประเมินศักยภาพในการบริหารจัดการพลังงานของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดขั้นต้นโดยการจำลองระบบ ได้ทำการใช้ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่มีสภาพอากาศไม่คงที่ใน 1 วัน ซึ่งประกอบด้วยแดดและฝน ในวันที่ 22 สิงหาคม 2560 ได้ถูกบันทึกเพื่อเป็นข้อมูลพลังงานขาเข้าของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาการทำงานของระบบควบคุมต่อการผันผวนของพลังงานขาเข้าด้วยในอีกกรณีหนึ่ง ทั้งนี้ได้บันทึกรูปแบบการใช้ไฟฟ้าจากบ้านพักอาศัย (รูปที่ 3) โดยอ้างอิงจากชั้นหอพักในพื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร และจากสำนักงาน (รูปที่ 4) อ้างอิงจากห้องสำนักงานโดยการเลือกโหลดของอาคารสำนักงานและบ้านพักอาศัยมาเพื่อใช้ในการจำลองระบบ เพื่อให้ได้มุมมองการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน



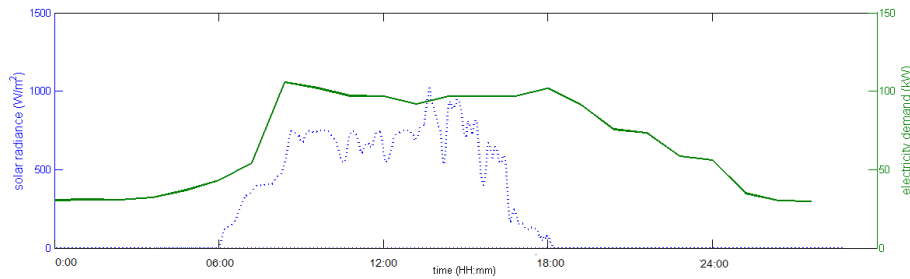
รูปที่ 1 ระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2 ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2560 พื้นที่มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3 ข้อมูลการใช้พลังงานใน 1 วัน ของบ้านพักอาศัยเทียบกับพลังงานแสงอาทิตย์ขาเข้า



รูปที่ 4 ข้อมูลการใช้พลังงานใน 1 วัน ของสำนักงานเทียบกับพลังงานแสงอาทิตย์ขาเข้า

เมื่อพิจารณารูปแบบการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยจะมีใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงค่ำจนถึงดึก (19:00 น. - 24:00 น.) และในส่วนของสำนักงานซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าสูงตั้งแต่ (9:00 น. - 19:00 น.) พบว่าคาบเกี่ยวกับช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงของประเทศ (on peak) (9:00 น. - 22:00 น.) ดังนั้นเพื่อลดการใช้พลังงานจากสายส่งในช่วงเวลาดังกล่าวลงจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ การใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งนอกจากจะลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถลดภาระของสายส่ง และปัญหาการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย ดังนั้นเมื่อทำการพิจารณารูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำการตรวจวัด พบว่าช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงในช่วงกลางคืนครอบคลุมระยะเวลา 5 ชั่วโมง (19:00 น. - 24:00 น.) ซึ่งการจ่ายพลังงานในช่วงเวลาดังกล่าวควรเป็นแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด เนื่องจากเป็นอัตราส่วนหลักของระบบสะสมพลังงานโดยมีความจุที่สูง สามารถทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบต่อเนื่องได้ดี สำหรับช่วงเวลากลางวันพลังงานที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ติดตั้งไว้จะทำการจ่ายให้เพียงพอกับความต้องการ และเมื่อมีพลังงานที่ผลิตได้มากเกินไปจะทำการสำรองเข้ากับระบบสะสมพลังงาน แต่เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่ต่ำหรือเกิดการผันผวนเนื่องจากสภาวะอากาศระบบสะสมพลังงานจะทำหน้าที่จ่ายออกไปยังระบบเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาไฟฟ้าตก โดยแบตเตอรี่ที่ทำหน้าที่ตอบสนองในช่วงเวลากลางวันนั้นได้พิจารณาเป็นแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนรอบในการประจุไฟฟ้าและคายประจุไฟฟ้ามีความได้เปรียบแบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรดอยู่มาก รวมถึงสามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิที่สูงมากกว่า โดยความผันผวนเนื่องจากสภาพอากาศมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 45% ในสภาพภูมิอากาศแบบมรสุม และด้วยระยะเวลาที่เกิดการผันผวนสูงสุดที่ 30 นาที [17] ดังนั้นเมื่อพิจารณาในเชิงของเวลา แบตเตอรี่ลิเทียมจำเป็นต้องสามารถจ่ายพลังงานได้ในเวลาที่กำหนดหรือกล่าวคือ สามารถจ่ายพลังงานเพื่อชดเชยการผันผวนของพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในกรณีศึกษานี้คิดเป็น 11.25 kWh และเมื่อมีความผันผวนต่อวันสูงจึงควรออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 300% หรือ 33.75 kWh ดังนั้นระบบสะสมพลังงานที่ถูกออกแบบไว้ที่ 100 kWh จะใช้ระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อทำการประจุไฟฟ้ากลับคืนในช่วงเวลาความต้องการไฟฟ้าต่ำ (off-peak) เพื่อใช้ในการทำงานในวันถัดไป ทั้งนี้อาจต้องพิจารณาถึงการทำงานของระบบควบคุมและศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนเกินร่วมด้วยเพื่อให้สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ในส่วนของระบบควบคุม คณะวิจัยได้ทำการออกแบบและจำลองระบบโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้กำลังการผลิตติดตั้งของแผงพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ที่ 50 kW และมีระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าที่ความจุโดยรวม

100kWh และการทดลองสั่งการระบบควบคุมเชิงตรรกศาสตร์ดังตารางที่ 1 โดยระบบควบคุมที่ได้ออกแบบขึ้นนี้จะมุ่งเน้นไปที่ระบบสะสมพลังงานเป็นหลัก โดยจำแนกออกเป็นปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก สำหรับปัจจัยภายใน ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดขึ้นกับตัวระบบสะสมพลังงานเอง อาทิ อุณหภูมิภายในของแบตเตอรี่ เปอร์เซนต์ความจุของแบตเตอรี่ เป็นต้น และปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปัจจัยจากภายนอกที่ส่งผลต่อระบบสะสมพลังงาน อาทิ ความต้องการพลังงานไฟฟ้า พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ เป็นต้น

ตารางที่ 1 แนวทางการควบคุมเบื้องต้นของระบบสะสมพลังงานแบบไฮบริด

Condition	Lead-acid	Lithium-ion	priority
Solar Radiance > upper threshold	Charge		
Solar Radiance in Normal Range	Charge the battery that Lower SOC		
Solar Radiance < lower threshold	Not Charge		
High Cell temperature	Not operate @ $T < 50^{\circ}\text{C}$	Not operate @ $T < 55^{\circ}\text{C}$	0
Battery percentage	Not discharge @ $< 40\%$	Not discharge @ $< 20\%$	1
Day Peak	Discharge First	Discharge	5
Night Peak	Discharge	Discharge First	3
Solar Fluctuation	n/a	Discharge	2
Peak forecast in 2 hr.	n/a	Force charge	4

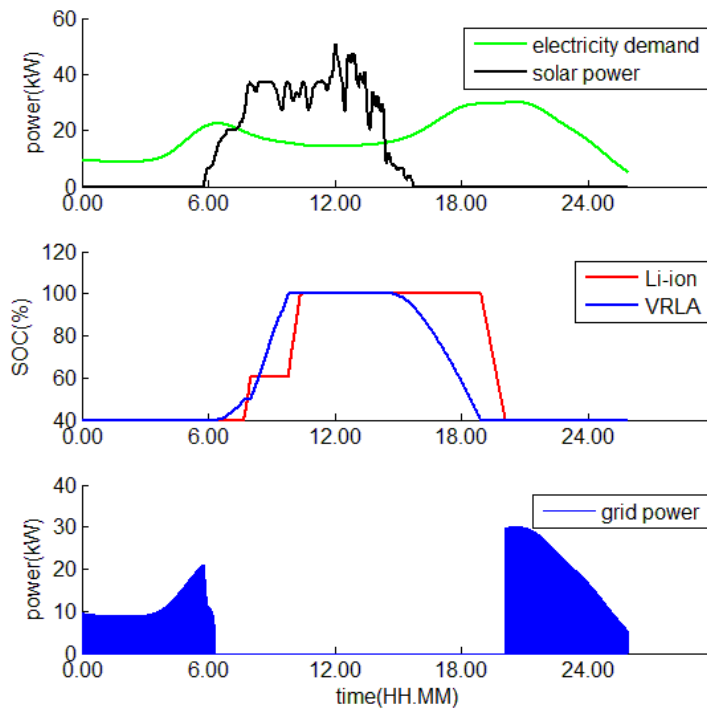
4. ผลการวิจัย

จากการจำลองระบบโดยใช้ข้อมูลจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกได้ในวันที่ 22 สิงหาคม 2560 และรูปแบบการใช้ไฟฟ้าแบบบ้านพักอาศัย พบว่าการใช้พลังงานสำหรับบ้านพักอาศัยอยู่ในระดับที่ต่ำ สามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์และระบบสะสมพลังงานได้อย่างเพียงพอในช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง (on peak) จากแบบจำลองได้เมื่อกำหนดให้ค่าพลังงานในแบตเตอรี่เริ่มต้นอยู่ที่ 40% และไม่ให้มีการคายประจุเมื่อมีความจุที่ต่ำกว่า 40% ดังรูปที่ 5 ซึ่งในช่วงเช้าจะมีการใช้พลังงานจากกริดในช่วงเวลาที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำ และเมื่อถึงเวลา 9:00 น. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ก็จะสามารถชดเชยให้กับการใช้พลังงานและนำพลังงานที่ผลิตได้ส่วนที่มากเกินพอสำรองในระบบสะสมพลังงาน และจะเริ่มการคายประจุของแบตเตอรี่ทั้งสองชนิดจะทำงานเสริมกันเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงในช่วงค่ำ ซึ่งจะใช้พลังงานจากกริดอีกครั้งในช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำ

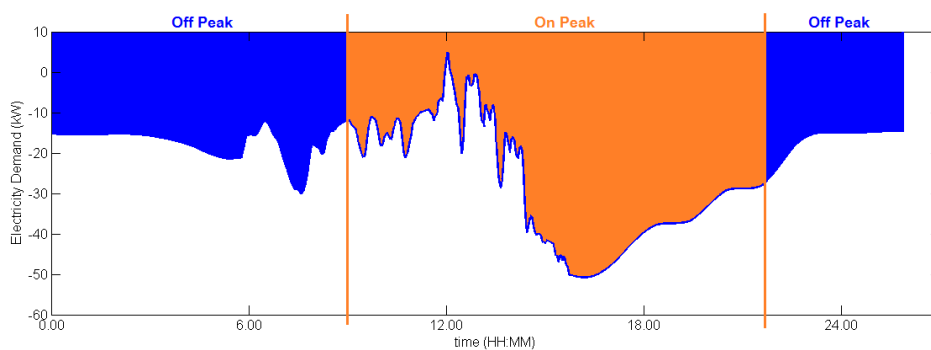
สำหรับการประจุไฟฟ้าเข้ากับระบบสำรองพลังงานที่เป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน เมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงหรือคงที่ แบตเตอรี่ลิเทียมจะหยุดการชาร์จเพื่อเตรียมพร้อมการทำงานเมื่อเกิดความผันผวนของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ ในขณะที่แบตเตอรี่ตะกั่วกรดจะทำการประจุไฟฟ้าตามปกติ

ส่วนรูปแบบการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน โดยอ้างอิงข้อมูลจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกได้ในวันที่ 22 สิงหาคม 2560 เช่นเดียวกับการใช้พลังงานในรูปแบบบ้านพักอาศัย พบว่าการใช้พลังงานสำหรับอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานที่สูง ดังนั้นเมื่อทำการประมวลผลในรูปแบบปกติ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่เพียงพอต่อการประจุไฟฟ้าให้ระบบสะสมพลังงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานจากกริดเพื่อประจุไฟฟ้าในช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำ และนำไปใช้ในช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงเพื่อลดค่าใช้จ่ายพลังงาน โดยทำการแบ่งช่วงเวลาการทำงานได้ดังรูปที่ 6 ซึ่งส่วนพื้นที่สีส้ม (on peak) ในรูปจะต้องถูกบริหารจัดการโดยใช้พลังงานจากระบบสะสมพลังงานให้มากที่สุด เพื่อเป็นการ

ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ทำให้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำ (off peak) นอกจากจะต้องดึงพลังงานจากกริดเพื่อใช้ในส่วนของการใช้ไฟฟ้าแล้วยังต้องประจุไฟฟ้าเข้ากับระบบสะสมพลังงานเพื่อชดเชยการใช้งานในช่วง on peak ด้วย



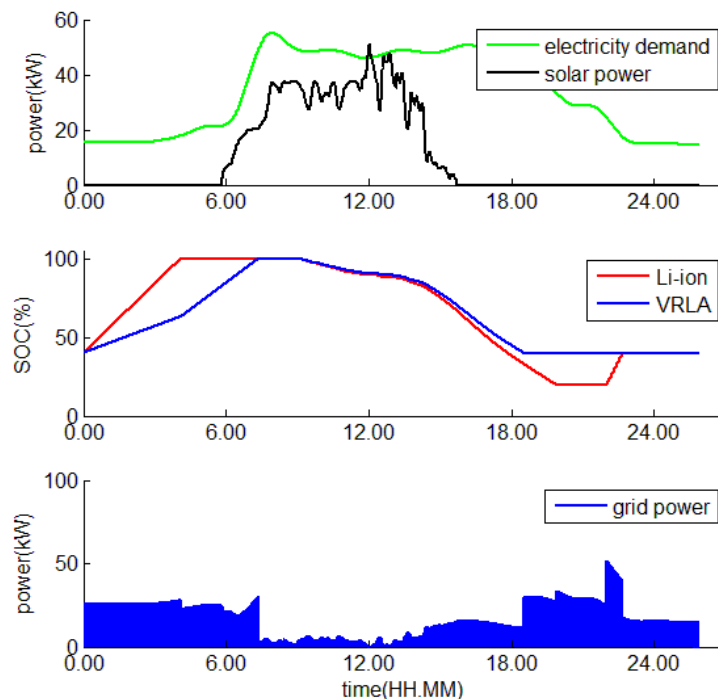
รูปที่ 5 ผลการจำลองการทำงานของระบบเทียบกับการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย



รูปที่ 6 การแบ่งช่วงเวลาเพื่อบริหารจัดการการใช้ระบบสะสมพลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ระบบควบคุมที่ปรับเปลี่ยนการทำงานเป็นรูปแบบช่วงเวลาจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ซึ่งระบบสะสมพลังงานถูกประจุพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ช่วงเวลา 0:00 น. ซึ่งเป็นช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเทศต่ำ (off peak) โดยการกักเก็บพลังงานจะไม่ทำการดึงพลังงานที่สูงเกินไปจนกระทบสายส่ง และเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าเริ่มสูงขึ้นในช่วงเช้า ระบบสะสมพลังงานจะถูกประจุไฟฟ้าจนเต็มและพร้อมการทำงานสำหรับช่วงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง (on peak) อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกริดจะไม่สามารถถูกปรับลดให้ไม่มีการใช้พลังงานในช่วงได้ เนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีมากกว่าความจุของระบบสะสมพลังงาน ดังนั้นระบบควบคุมจึงทำงานโดยพยายามเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดวัน โดยระบบสะสมพลังงานจะคายประจุเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

อัตราการจ่ายกระแสของแบตเตอรี่จะเน้นไปที่แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด เนื่องจากเป็นระบบสะสมพลังงานส่วนใหญ่ โดยแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนจะถูกปรับให้คายประจุได้ถึง 80% (SOC 20) เพื่อให้สามารถจ่ายพลังงานให้กับระบบได้จนหมดช่วงเวลา peak ทั้งนี้เมื่อระบบเข้าสู่ในช่วง off peak ระบบควบคุมจะเริ่มการดึงพลังงานจากกริดเพื่อป้อนเติมระบบสะสมพลังงานลิเธียมให้อยู่ในระดับ 40% ของความจุเช่นเดิม ซึ่งจะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณสูงขึ้น



รูปที่ 7 ผลการจำลองการทำงานของระบบเทียบกับการใช้พลังงานในสำนักงาน

จากผลการจำลองของระบบควบคุมข้างต้น ทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อจำกัดของระบบสะสมพลังงาน ซึ่งสามารถทำการปรับปรุงให้เหมาะสมกับรูปแบบอาคารต่างๆได้โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากกริดในช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ และเมื่อพิจารณาในส่วนของการเพิ่มเสถียรภาพด้านพลังงานของพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าระบบสะสมพลังงานจะสามารถลดความผันผวนของพลังงานได้แม้ว่าจะมีความต้องการใช้พลังงานในระดับสูงอย่างรูปแบบการใช้พลังงานในสำนักงาน ในส่วนของการดำเนินการในระยะต่อไป คณะวิจัยจะดำเนินการสร้างแบตเตอรี่ไฮบริดขนาดเล็กเพื่อทดลองเปรียบเทียบผลจากการออกแบบ และทำการขยายขนาดเพื่อติดตั้งในสถานีวิจัย ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับเปลี่ยนแนวทางการบริหารจัดการให้มีความยืดหยุ่นยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้โครงการพัฒนาระบบสะสมพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานของประเทศไทย รหัสโครงการ P-17-50440

5. อ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560, เศรษฐกิจไทยไตรมาสแรกของปี 2560 และแนวโน้มปี 2560 (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.nesdb.go.th/ewt_news.php?nid=6670&filename=index. 8 มิถุนายน 2560
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560, ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด, (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=348&Itemid=116. 8 มิถุนายน 2560
- [3] S.J. Chiang, S.C. Huang, C.M. Liaw, 1995, Three-phase Multifunctional Battery Energy Storage System, IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 142, No. 4, pp. 275-284.
- [4] M.J.M. Davis, and P. Hiralal, 2016, Batteries as a Service: A New Look at Electricity Peak Demand Management for Houses in the UK. Procedia Engineering, 145: pp. 1448-1455.
- [5] A. Mishra, D. Irwin, P. Shenoy, and T. Zhuz, 2013, Scaling Distributed Energy Storage for Grid Peak Reduction, ACM e-energy.
- [6] S. Son and H. Song, 2014, Real-Time Peak Shaving Algorithm Using Fuzzy Wind Power Generation Curves for Large-Scale Battery Energy Storage Systems, International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, pp. 305-312.
- [7] J. Neubauer and M. Simpson, 2015, Deployment of Behind-The-Meter Energy Storage for Demand Charge Reduction, NREL Technical Report.
- [8] F.A.T. Al-Saedi, 2013, Peak Shaving Energy Management System for Smart House, International Journal of Computer Science Engineering and Technology (IJCSSET), Vol. 3, No. 10, pp. 359-366.
- [9] European Commission Joint Research Centre in cooperation with frontier Economics, 2009, Electricity storage in the power sector.
- [10] S.M. Schoenung and W.V. Hassenzahl, 2003, SANDIA national laboratory: Long- vs. Short-Term Energy storage Technologies Analysis - A Life-Cycle Study, A study for the DoE Energy storage Systems Programme, Report reference: SAND2003-2783.
- [11] L. Beurskens, 2003, Analysis in the Framework of the Investire network - Economic performance of storage technologies, ECN-C--03-132.
- [12] J. Eyer and G. Corey, 2010, SANDIA national laboratory: Energy Storage for the Electricity Grid - Benefits and Market Potential Assessment Guide A Study for the DOE Energy Storage Systems Program, Report reference: SAND2010-0815.
- [13] T. Bocklischh, 2015, "Hybrid energy storage systems for renewable energy applications", Energy Procedia, Vol. 73, pp. 103 – 111.
- [14] N. Mukherjee and D. Strickland, 2015, "Control of Second-Life Hybrid Battery Energy Storage System Based on Modular Boost-Multilevel Buck Converter," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 62, No. 2, pp. 1034-1046.
- [15] H. Arita, et. al., 2015, "Large Format Hybrid Energy Storage System for Power Leveling", Hitachi Chemical Technical Report, No. 57, pp. 20-21.
- [16] C. Rahe, 2016, "Lead-acid Batteries and Lithium-ion Batteries in parallel Strings for an Energy Storage System for a Clinic in Africa", Proceedings of the 20th International Scientific Student Conference, Prague.
- [17] Jia-Ying Ye, Kun Ding, Thomas Reindl, Armin G. Aberle, 2013, Outdoor PV Module Performance under Fluctuating Irradiance Conditions in Tropical Climates, In Energy Procedia, Vol. 33, pp. 238-247.