Journal of Energy and Environment Technology ISSN 2392-5701

http://jeet.siamtechu.net Research Article

ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับการประจุไฟฟ้าแบบด่วนให้กับรถยนต์ไฟฟ้าในระดับครัวเรือน

THE CONTROL SYSTEM OF ELECTRICITY SUPPLY FOR EV QUICK CHARGING IN HOUSEHOLD

ประพันธ์ พิกุลทอง[1] ดร.ณัฐวุฒิ อินทบุตร[2] ธเนศ วิลาสมงคลชัย[3*] ดร.ภูเทพ ดอนทัวม[2] ผศ.ศิริชัย แดงเอม[4]

Praphun Pikultong[1] Dr.Nuttawut Intaboot[2] Thanet Vilasmongkolchai[3*] Dr.Poothep Donthuam[2] Asst.Prof.Sirichai Dangeam[4]

1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

3 คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

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

บทคัดย่อ

การประจุไฟฟ้าแบบด่วนเป็นเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองต่อรถยนต์ไฟฟ้าและความเร่งรีบในชีวิตประจำวัน เพียงแต่บ้านพักอาศัยในปัจจุบันไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงเพียงพอ การใช้ระบบสะสมพลังงานจึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจตัวเลือกหนึ่งซึ่งเป็นการช่วยปรับปรุงที่พักอาศัยเดิมให้มีความสามารถรองรับการใช้รถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคลสำหรับภาคครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนลดภาระของสายส่ง งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบสะสมพลังงานสำหรับอาคารตลอดจนระบบควบคุมเพื่อสนับสนุนการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับการประจุไฟฟ้าแบบด่วนสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในระดับครัวเรือน โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกศาสตร์เพื่อให้มีการทำงานของระบบสะสมพลังงานโดยระบบควบคุมจะสั่งให้ระบบสะสมพลังงานมีการคายประจุเพื่อลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อลดการดึงพลังงานไฟฟ้าจากกริด เมื่อพิจารณาทางด้านของความสามารถในการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบ TOU ของระบบเมื่อไม่ได้ติดตั้งระบบสะสมพลังงาน และเมื่อทำการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน พบว่าการติดตั้งระบบสะสมพลังงานนอกจากจะช่วยให้ไม่เกิดความเสียหายให้กับระบบไฟฟ้าภายในบ้านเมื่อมีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงเนื่องจากการประจุไฟฟ้าแบบด่วนแล้ว ยังสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อการประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าได้ถึง71% และเมื่อมีการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อกำหนดแผนการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าล่วงหน้าจะลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อการประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าลงได้อย่างน้อย16% และ 71% เมื่อมีกำหนดการล่วงหน้าอย่างน้อย 5 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ: รถยนต์ไฟฟ้า, ประจุไฟฟ้าแบบด่วน, ระบบสะสมพลังงาน, บ้านพักอาศัย

ABSTRACT

EV quick charging technology was developed to support hasty life. Unfortunately, the EV charging at home cannot be installed regularly because the high power demand can break transmission system. Energy storage

system has been used to improve electricity efficient of the house that doesn't designed for support EV quick charging. This research presents the control system of electricity supply for EV quick charging in household. The logical based control system has been designed to control the operation of energy storage system, when to charge and when to discharge. On the cost benefit, the energy storage system can reduce the energy cost up to 71% compared to the plain building. Moreover, the EV energy planning application has been developed for customize energy management plan and make 16% and 71% energy cost reduction per EV charging in case of 5 hr. and 10 hr. pre-scheduled respectively.

Keywords: Electric vehicle, Quick charge, Energy storage, Home

1. บทนำ

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้านั้นมีความท้าทายทางด้านขีดจำกัดของระยะทางเนื่องจากความจุของแบตเตอรี่ภายในรถยนต์ ดังนั้นการประจุไฟฟ้าจึงมีความสำคัญมากเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงและการดำเนินชีวิตในปัจจุบันโดยมุ่งเน้นให้สามารถประจุไฟฟ้าให้มีความเร็วได้ใกล้เคียงกับการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงหรือภายในไม่กี่นาที ระบบสะสมพลังงานถือว่ามีบทบาทอย่างมากสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเทคโนโลยีการประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็ว (quick charge) ของรถยนต์ไฟฟ้าที่ส่งผลให้ค่าความต้องการไฟฟ้าของประเทศสูงขึ้นสูงขึ้น [1, 2] โดยนักวิจัยได้มีการประมาณการความต้องการใช้ความจุของระบบสะสมพลังงาน 2.2 MWh เมื่อมีการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าจำนวน 200 คัน ใน 1 วัน โดยจะสามารถรองรับการดึงพลังงานไฟฟ้าสูงในช่วงการประจุไฟฟ้าได้[1] D. Sbordone และคณะ ได้ทำการสืบค้นและสำรวจสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆตามมาตรฐานยุโรปเพื่อออกแบบสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นโดยทำการติดตั้งระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้สามารถรองรับการประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็ว ทั้งนี้ต้นแบบได้ทำการทดสอบและติดตั้งเข้ากับระบบกริดอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยอาศัยมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Metering System) เพื่อสามารถติดตามข้อมูลการใช้พลังงานและการบริการอย่างเหมาะสม [2] สำหรับงานพัฒนาด้านอุปกรณ์ตรวจวัดการใช้พลังงาน หรือมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) Tiong Meng Chung และ Hamdan Daniyal ได้พัฒนามิเตอร์สำหรับการวัดกระแสไฟฟ้าเฟสเดียว โดยใช้Arduino due และใช้เซ็นเซอร์ LTS 15-NP วัดแรงดันไฟฟ้าด้วยการพัฒนามิเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียวที่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน โดยนำเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ มาต่อกับวงจรเครื่องวัดดังกล่าวสามารถวัดกระแสสูงสุดไม่เกิน 13A ซึ่งมีความถูกต้องในการดำเนินงานได้ถึง 96.54% [3] จากงานวิจัยที่ได้อ้างถึงข้างต้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูล ระบบควบคุม และการสื่อสาร มีความสำคัญอย่างมากในการต่อการบริหารจัดการพลังงานเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด การติดตั้งเครื่องมือวัดจึงมีความจำเป็นที่จะแสดงข้อมูลพลังงานที่ผลิตได้และการใช้ไฟฟ้าในขณะนั้น อย่างไรก็ตามการประเมินการใช้พลังงานไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำนัก การผลิตไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องมีการผลิตในปริมาณที่เกินกว่าการใช้งานเพื่อให้เพียงพอและรองรับการใช้งานที่เกินความคาดหมาย แหล่งพลังงานทดแทนได้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานร่วมก็ไม่สามารถที่จะประเมินค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นการอาศัยเครื่องมือวัดเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถทำให้การบริหารจัดการพลังงานไม่สามารถทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาถึงการใช้ระบบสะสมพลังงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมุ่งเน้นเพื่อลดความค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน J. Neubauer และ M. Simpson ได้ทำการทดลองใช้ระบบสำรองพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กร่วมจ่ายไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงในระยะเวลาสั้น ๆ พบว่ามีความได้เปรียบในเชิงต้นทุนอย่างมาก โดยไม่ต้องคำนึงถึงพลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถทำการลดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงในช่วงสั้น ๆได้2.5% [4] ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้กับโครงการฯ ซึ่งมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสะสมพลังงาน โดยอาจปรับให้ระบบสะสมพลังงานมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นอย่างสมเหตุสมผลเพื่อตอบสนองต่อการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า และเนื่องจากพลังงานหมุนเวียนอย่างพลังงานแสงอาทิตย์ จะได้รับ

ผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ตลอดจนสภาพอากาศก็ยังส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้พลังงานร่วมด้วย F.A.T. Al-Saedi ได้นำข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต (Yahoo Weather Forecast) และทำการประเมินข้อมูลและแนวโน้มทางสถิติตลอดจนข้อมูลจากสภาพอากาศจึงได้ถูกนำมาใช้งานเพื่อประมวลผลร่วมในระบบควบคุมหลักของระบบบริหารจัดการพลังงาน ทั้งนี้ในงานวิจัยได้แสดงถึงตัวอย่างการในไปใช้ในระบบบ้านอัจฉริยะ โดยได้เสริมระบบบริหารจัดการไฟฟ้าภายในบ้าน เช่นการ เปิด-ปิด ไฟ เพื่อลดการใช้พลังงานร่วมด้วย [5]

สำหรับส่วนของระบบสำรองพลังงานไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่ ได้มีพัฒนาไปโดยควบคู่กับระบบควบคุม ซึ่งประเภทของแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการจ่ายกระแสในระดับสูงและสามารถใช้งานกับการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว (Quick Charge) ได้แก่แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน [6] ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานต่อพื้นที่สูง มีความนิยมในการนำมาใช้กักเก็บพลังงาน ทั้งนี้ European Commission Joint Research Centre in cooperation with frontier Economics ได้ทำการทดสอบแบตเตอรี่ประเภทลิเธียมไอออนในการใช้งานภาคพลังงานพบว่ามีประสิทธิภาพสูงถึง 85% [7] ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองของ S.M. Schoenung และ W.V. Hassenzahl [8] และในส่วนของการทดสอบอัตราการคายประจุด้วยตัวเอง (Self discharge) L. Beurskens พบว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนนี้มีอัตราการคายประจุด้วยตัวเองที่ค่อนข้างต่ำ (0.03 - 0.1% ต่อวัน) [8] แต่ในขณะเดียวกันแบตเตอรี่ประเภทนี้ยังมีข้อด้อยหลายประการ เช่น การเสื่อมสภาพได้ง่าย และอุณหภูมิส่งผลต่อการใช้งาน ตลอดจนราคาค่อนข้างสูง และสามารถติดไฟได้ง่ายหากเกิดอุณหภูมิสูงหรืออิเล็กโทรไลต์รั่วไหล ในการออกแบบจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการเพื่อป้องกันและรองรับสถานการณ์ดังกล่าวได้ ในการพัฒนาระบบเพื่อใช้งานในภาคสนาม Ishii Yuko และคณะ ได้นำเสนองานวิจัยเพื่อตอบสนองความต้องการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วพร้อมกันจำนวนหลายคัน โดยใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าประเภทลิเธียมไอออนและระบบควบคุมแบบโครงข่ายเพื่อประมวลผลร่วมในเชิงพลังงานของ Yokohama Smart City Project พบว่ามีความสามารถในการสร้างดุลยภาพทางด้านพลังงานของเมืองโดยภาพรวมได้ [9]

นอกจากนี้ในการศึกษาระบบบริหารจัดการดุลยภาพด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าหน่วยย่อยสำหรับประเทศไทยแล้วยังไม่มีงานวิจัยที่รองรับกับนโยบายกระตุ้นรถยนต์ไฟฟ้าที่จะเพิ่มจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตอันใกล้ เมื่อเทียบกับจำนวนสถานีประจุไฟฟ้าซึ่งเติบโตไม่เพียงพอ จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องใช้อาคารบ้านพักอาศัยเพื่อประจุไฟฟ้าเพื่อการใช้งาน เพียงแต่ข้อจำกัดของบ้านพักอาศัยนั้นไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับการใช้กระแสไฟฟ้าในระดับสูงเพื่อประจุไฟฟ้าได้

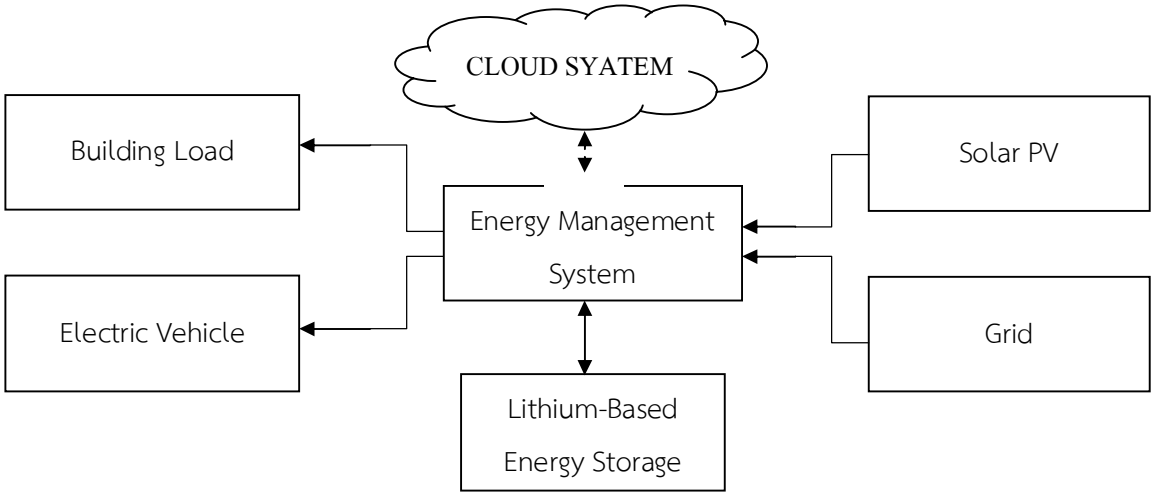
อย่างไรก็ตามการประจุไฟฟ้าแบบด่วนในปัจจุบันนั้นยังไม่ได้แพร่หลายในระดับครัวเรือน เนื่องจากต้นทุนที่สูงทั้งในด้านของอุปกรณ์และการวางระบบให้รองรับกับบ้านพักอาศัย แต่ความเร่งด่วนของชีวิตประจำวันทำให้เทคโนโลยีจำเป็นต้องตอบสนองต่อความต้องการให้ทันท่วงที การประจุไฟฟ้าแบบด่วนนั้นสามารถประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าได้ถึง 80% ของความจุแบตเตอรี่ด้วยระยะเวลาเพียง 30 นาที ซึ่งผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าสามารถทำภารกิจในช่วงหลังเลิกงานได้อย่างยืดหยุ่นยิ่งขึ้น และเป็นการผลักดันการใช้รถยนต์ไฟฟ้าให้แพร่หลายได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการปรับปรุงบ้านพักอาศัยเดิมโดยใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าและระบบควบคุมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความยืดหยุ่นในการบริหารจัดการระบบพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าเพื่อทำการติดตั้งสำหรับบ้านพักอาศัยนั้นคือต้นทุนเพิ่มเติมจากการใช้รถยนต์ไฟฟ้า การที่จะให้ประชาชนเข้าถึงเทคโนโลยีและนำไปใช้ในระดับครัวเรือนจึงจำเป็นต้องมีการนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย จากงานวิจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ J. Eyer และ G. Corey ได้ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการอัดและคายประจุของระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้า 4¢/kWh เมื่อทำการอัดประจุเข้าระบบสะสมพลังงานประเภทแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพ 75% จะจ่ายออกที่ 9.33¢/kWh ดังนี้แล้วจึงเป็นข้อมูลสำคัญในการพิจารณาและเลือกช่วงเวลาในการสะสมพลังงานไฟฟ้าและจ่ายออกเพื่อลด Demand Charge ลงได้ในอีกทางหนึ่ง [10]

การใช้เทคโนโลยีระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าจะช่วยแก้ไขปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเหล่านี้ได้ โดยจำเป็นต้องทำงานร่วมกับระบบควบคุมเพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการใช้ระบบสำรองพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำให้การบริหารจัดการพลังงานเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ การใช้แหล่งพลังงานทดแทนประเภทต่างๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าได้ส่วนหนึ่งและสามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบกับสายส่งโดยภาพรวมน้อยที่สุด

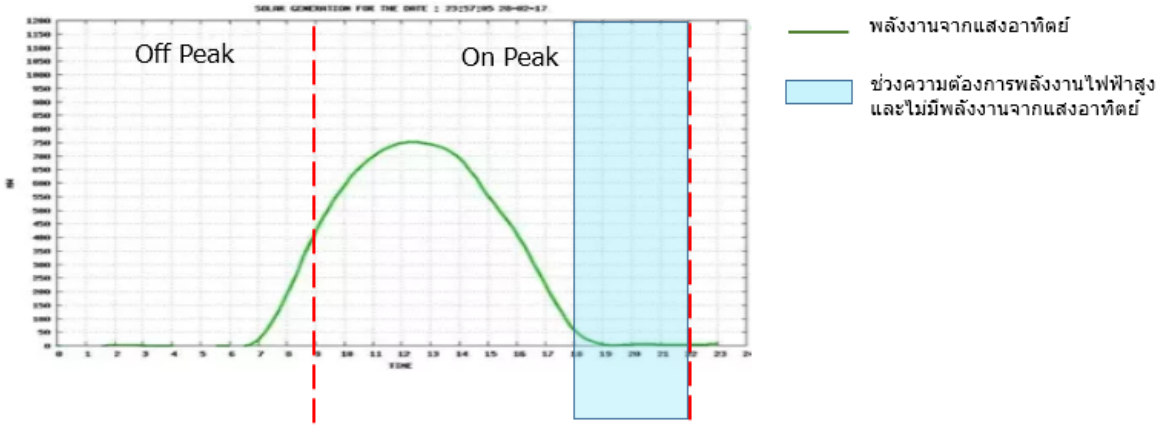
2. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้จะสามารถมองระบบในภาพรวมได้ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยระบบบริหารจัดการพลังงานที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง เพื่อสังเกตการใช้พลังงานของอาคารและพลังงานขาเข้า และบริหารจัดการตามสภาพของพลังงานแสงอาทิตย์และความต้องการใช้ไฟฟ้าซึ่งอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนตามความต้องการใช้พลังงานอย่างเร่งด่วน รวมถึงต้องใช้พลังงานจากกริดเมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง ทั้งนี้ข้อมูลด้านพลังงานจะถูกอัพโหลดขึ้นคลาวด์ ซึ่งสามารถติดตามผลหรือสั่งการควบคุมจากผู้ได้รับอนุญาตได้



รูปที่ 1 ระบบบริหารจัดการพลังงานเพื่อรองรับการประจุไฟฟ้าแบบด่วนสำหรับบ้านพักอาศัย

สำหรับการจำลองระบบขั้นต้น ระบบควบคุมจะถูกออกแบบให้ทำงานตามเงื่อนไขโดยจะให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของระบบเป็นหลัก ซึ่งสามารถแจกแจงได้ดังตารางที่ 1 ด้วยเงื่อนไขของโจทย์ที่ทำการวิจัยที่ต้องการตอบสนองของการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ตามบ้านเรือน ดังนั้นจึงได้ให้ความสำคัญกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับต่ำที่สุด โดยมุ่งเน้นให้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเพียงส่วนเติมเต็มระบบเพื่อลดการใช้พลังงานจากกริด เพิ่มเสถียรภาพด้านพลังงาน ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์จะสามารถช่วยป้อนเติมให้กับระบบสะสมพลังงานได้เพียงช่วงกลางวันเท่านั้นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระดับพลังงานแสงอาทิตย์เทียบกับระยะเวลาและความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงวัน

เนื่องจากรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในบ้านพักอาศัยจะมีใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงค่ำจนถึงดึก(19:00 น. - 24:00 น.) พบว่าคาบเกี่ยวกับช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงของประเทศ(on peak) (9:00 น. – 22:00 น.) ดังนั้นเพื่อลดการใช้พลังงานจากสายส่งในช่วงเวลาดังกล่าวลงจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ การใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งนอกจากจะลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแล้วยังสามารถลดภาระของสายส่ง และปัญหาการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย ดังนั้นรูปแบบของการควบคุมจะอ้างอิงในเชิงช่วงเวลาเป็นหลัก โดยมีเงื่อนไขการทำงานของระบบสะสมพลังงานในสถานการณ์ที่ต่างกันออกไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แนวทางการควบคุมของระบบบริหารจัดการพลังงานสำหรับประจุไฟฟ้าแบบด่วนให้รถยนต์ไฟฟ้า

สถานการณ์	ระบบสะสมพลังงาน	ความสำคัญ	หมายเหตุ
รังสีอาทิตย์ให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 100 W/m^2	n/a	5	ใช้พลังงานจากกริด
อุณหภูมิของแบตเตอรี่สูงกว่า 55°C	Not operate	0	ระบายความร้อน
ระดับความจุของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 20%	Not discharge	0	
ช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด	Discharge	3	
การประจุไฟฟ้าแบบปกติสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า	n/a	4	
การประจุไฟฟ้าแบบด่วนสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า	Discharge	2	
มีคำสั่งพิเศษล่วงหน้าในความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้า	Force charge	1	ใช้พลังงานจากกริด

ด้วยการควบคุมที่มีพื้นฐานการตัดสินใจแบบเงื่อนไขจึงเหมาะสมกับการปรับแผนการทำงานตามพฤติกรรมการใช้งานของมนุษย์ โดยระบบควบคุมสามารถติดตามตัวแปรเพียงแค่ตัวแปรด้านพลังงาน อุณหภูมิ ช่วงเวลา และคำสั่งพิเศษเท่านั้น โดยตัวแปรที่ถูกใช้ในการควบคุมของแบบจำลองจะประกอบด้วย

- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Solar PV percentage of capacity) แถบค่าพลังงานรังสีอาทิตย์นี้จะแสดงถึงพลังงานที่จะผลิตได้ระหว่างวัน ซึ่งจะถ้าพลังงานจากแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่ต่ำหรือสูงเกินไป ระบบสะสมพลังงานจะไม่ทำการชาร์จ ทั้งนี้การควบคุมเนื่องจากระดับพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะช่วยลดภาระของสายส่งเนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่อยู่ในระดับที่สูงด้วย

- ความต้องการพลังงานของอาคาร (Building Energy Demand) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอาคารถือเป็นตัวแปรหลักของการควบคุมระบบสะสมพลังงานในการจำลองนี้ โดยระบบจะรับข้อมูลจากระดับเปรียบต่างค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า(Demand Threshold) เพื่อทำรับรู้ว่าเป็นช่วงความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงหรือไม่ และเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง ระบบควบคุมจะสั่งการให้ระบบสะสมพลังงานมีการทำงาน เพื่อลดการดึงพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งลง ทั้งนี้ระบบจะต้องทำการพิจารณาข้อมูลตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น ระดับความจุพลังงานของระบบสะสมพลังงาน (battery threshold) เป็นต้น

- สถานะการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า (EV plugin) สถานะการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า เป็นตัวแปรหนึ่งซึ่งจะเพิ่มความต้องการพลังงานไฟฟ้าผลรวมของตัวอาคาร ซึ่งในการจำลองระบบนี้ได้กำหนดให้การประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้า 50kW และส่งผลให้ความต้องการพลังงานมีค่าสูงขึ้นในทันที

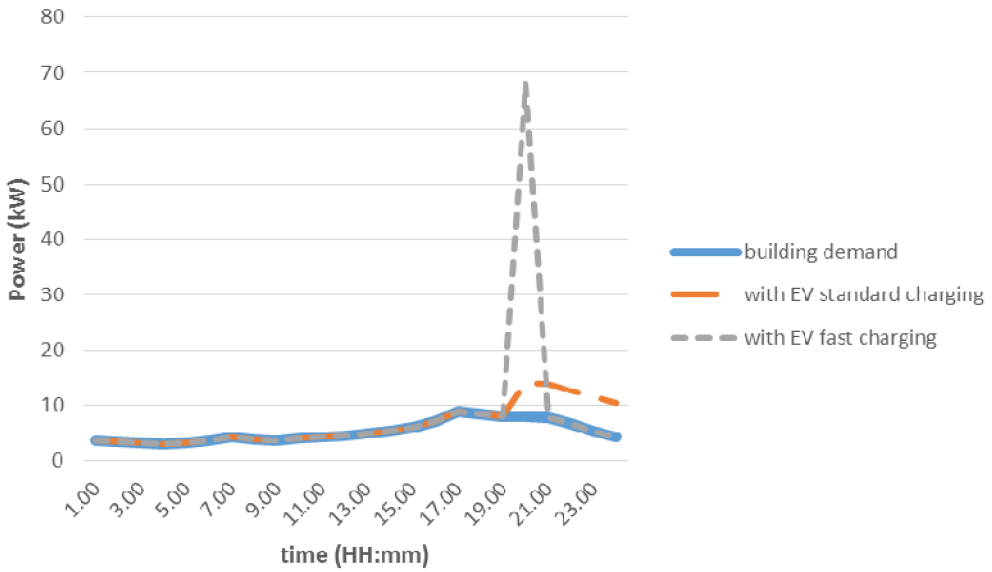
- ระดับความจุพลังงานของระบบสะสมพลังงาน (battery threshold) การปรับตั้งระดับความจุของระบบสะสมพลังงานเป็นการป้อนค่าตัวแปรที่ใช้ในการควบคุม โดยจะเป็นการแสดงระดับความจุที่จะเริ่มทำงานของระบบสะสมพลังงาน ซึ่งจะเป็นการป้องกันในขั้นต้นไม่ให้เกิดการประจุและคายประจุที่บ่อยเกินไป อย่างไรก็ตามระบบสะสมพลังงานจะทำงานตามลำดับความสำคัญของเงื่อนไขการควบคุมเป็นหลัก

- ช่วงการควบคุม (Dead band) ช่วงการควบคุมเป็นการปรับตั้งช่วงที่ระบบสะสมพลังงานจะไม่ทำการคายประจุในทันทีหลังจากที่มีระดับความจุของระบบสะสมพลังงานถึงค่าที่ปรับตั้งไว้ ซึ่งจะช่วยป้องการทำงานสลับไปสลับมาระหว่างการประจุและคายประจุของระบบสะสมพลังงาน ซึ่งยืดอายุการใช้งานของระบบออกไปทั้งในส่วนของระบบควบคุม ภาคกำลังและแบตเตอรี่

- ระดับเปรียบต่างค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า(Demand Threshold)
เป็นเงื่อนไขในการสั่งการทำงานของระบบสะสมพลังงาน โดยจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการไฟฟ้ารวมของอาคารว่ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าระดับที่ปรับตั้งไว้หรือไม่

- ระยะเวลาแสดงแผนการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าล่วงหน้า(Advance Task) แผนการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าถือเป็นตัวแปรสำคัญซึ่งการทำงานของระบบ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว ระบบสะสมพลังงานจึงต้องอยู่ในสภาพที่พร้อมต่อการตอบสนอง ดังนั้นเมื่อมีคำสั่งระบุแผนการประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าล่วงหน้า ระบบจะทำการดึงพลังงานจากกริดเพื่อประจุเข้าระบบสะสมพลังงานให้พร้อมใช้งาน

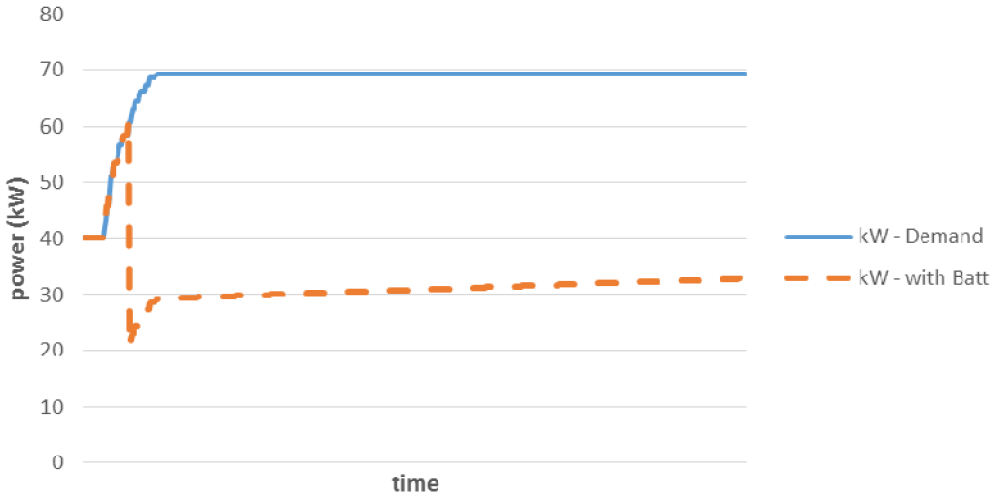
3. ผลการวิจัย



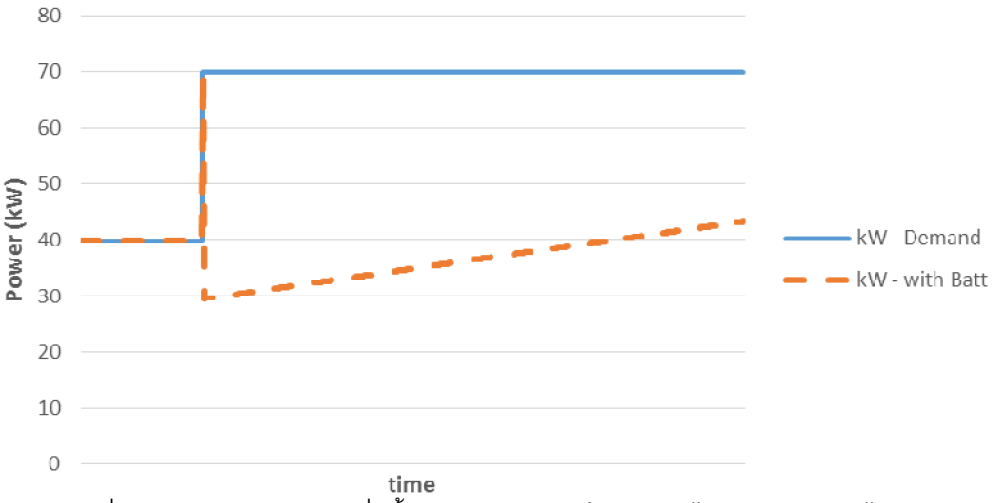
รูปที่ 3 ข้อมูลการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยในเขตเมืองเทียบกับการประเมินความต้องการเมื่อประจุรถยนต์ไฟฟ้า

จากข้อมูลการใช้พลังงานที่วัดได้ตลอดวันในกลุ่มบ้านพักอาศัยขนาดเล็กในเขตเมือง พบว่าด้วยพฤติกรรมและความเร่งด่วนของชีวิตประจำวันทำให้ระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ต่ำและจะสูงขึ้นในช่วงเย็น พฤติกรรมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าจะส่งผลให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประจุไฟฟ้าแบบด่วน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสายส่งและความต้องการใช้ไฟฟ้าในภาพรวมของประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถแสดงความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้ดังรูปที่ 3

สำหรับการทำงานของระบบเมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 โดยระบบสะสมพลังงานจะคายประจุออกเพื่อทำการลดการใช้พลังงานจากสายส่งลงโดยพยายามให้อยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุด โดยที่ระดับความจุของระบบสะสมพลังงานและความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าในขณะขั้นจะเป็นตัวแปรควบคุมย่อยในการจ่ายพลังงานออกไปยังระบบ แต่เมื่อระบบมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างฉับพลันเนื่องจากการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า(รูปที่ 5) ระดับความจุของระบบสะสมพลังงานแม้ว่าจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ปรับตั้งไว้ แต่ไม่ต่ำกว่าระดับความจุของระบบสะสมพลังงานขั้นต่ำ (กำหนดไว้ที่ 20%) ระบบควบคุมจะสั่งให้ระบบสะสมพลังงานมีการคายประจุเพื่อลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งการประจุไฟฟ้าแบบด่วนสำหรับรถยนต์ไฟฟ้านี้จะมีระดับความสำคัญเท่ากับ 2 ซึ่งรองจากการสั่งการประจุไฟฟ้าโดยผู้ใช้งานซึ่งมีความสำคัญเป็นอันดับที่ 1 และส่วนป้องกันอุณหภูมิของแบตเตอรี่และส่วนป้องกันการคายประจุเมื่อมีค่าระดับความจุที่ต่ำกว่า 20% ซึ่งมีระดับความสำคัญสูงสุด ทั้งนี้รูปที่ 5 ได้แสดงถึงการตอบสนองอย่างฉับพลันของระบบสะสมพลังงานเพื่อลดการดึงพลังงานไฟฟ้าจากกริดก่อนจะลดการจ่ายพลังงานลงอย่างช้าๆ เพื่อให้ระดับของความต้องการพลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับที่สมเหตุสมผล



รูปที่ 4 การตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 5 การตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากรถยนต์ไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาทางด้านของความสามารถในการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบ TOU ของระบบเมื่อไม่ได้ติดตั้งระบบสะสมพลังงาน และเมื่อทำการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน พบว่าการติดตั้งระบบสะสมพลังงานนอกจากจะช่วยให้ไม่เกิดความเสียหายให้กับระบบไฟฟ้าภายในบ้านเมื่อมีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง เนื่องจากการประจุไฟฟ้าแบบด่วนแล้ว ยังสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อการประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าได้ถึง 71% และเมื่อมีการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อกำหนดแผนการประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าล่วงหน้าจะลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อการประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าลงได้อย่างน้อย16% และ 71% เมื่อมีกำหนดการล่วงหน้าอย่างน้อย 5 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อมีการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมด้วย นอกจากจะเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้พลังงานแล้ว ยังสามารถลดค่าพลังงานลงได้อีกด้วยโดยจะขึ้นอยู่กับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนุบสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้โครงการพัฒนาระบบบริหารจัดการดุลยภาพด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับประจุไฟฟ้าให้รถยนต์ไฟฟ้าหน่วยย่อยรหัสโครงการ FDA-CO-2560-4227-TH

5. อ้างอิง

[1] Charles Morris, 2559, Stationary storage system enables a quick charge without straining the grid, (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://chargedevs.com/newswire/stationary-storage-system-enables-a-quick-charge-without-straining-the-grid/. 15 สิงหาคม 2560

[2] D. Sbordonea, et. al., 2015, EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm, Electric Power Systems Research, Vol. 120, pp. 96-108.

[3] Tiong Meng Chung and Hamdan Daniyal , "ARDUINO BASED POWER METER USING INSTANTANEOUS POWER CALCULATION METHOD" , ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 10 , NO. 21, NOVEMBER 2015.

[4] F.A.T. Al-Saedi, 2013, Peak Shaving Energy Management System for Smart House, International Journal of Computer Science Engineering and Technology (IJCSET), Vol. 3, No. 10, pp. 359-366.

[5] Battery University, 2559, Fast and Ultra-fast Chargers, (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://batteryuniversity.com/learn/article/ultra_fast_chargers. 2 กันยายน 2560

[6] European Commission Joint Research Centre in cooperation with frontier Economics, 2009, Electricity storage in the power sector.

[7] 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.

[8] L. Beurskens, 2003, Analysis in the Framework of the Investire network - Economic performance of storage technologies, ECN-C--03-132.

[9] I. Yuko, et. al., 2012, Development of Battery and Charger Integration System (BCIS), Special Issue on Smart Energy Solution, NEC Technical Journal, Vol. 7, No.1/2012.

[10] 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.