



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

**การตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้อัลกอริทึมการ
รบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวภายใต้โหมดการทำงานแบบอิสระ**

**Maximum power point tracking for EVs charging station using adaptive P&O algorithm
under stand-alone mode**

ธนธิป บุญทวี กองพัน อารีรักษ์* กองพล อารีรักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

Tanatip Boontawee Kongpan Areerak* Kongpol Areerak

School of Electrical Engineering, Instituted of Engineering, Suranaree University of Technology Nakhon Ratchasima 30000

* Corresponding author.

E-mail: kongpan@sut.ac.th; Telephone: 0 4422 4520

วันที่รับบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 14 เมษายน 2567; วันที่ตอบรับบทความ 10 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาศัยหลักการปรับเปลี่ยนค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (ΔV) ของอัลกอริทึมให้เหมาะสมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้สามารถลดการสั่นไหวของกำลังไฟฟ้าที่สถานะอยู่ตัว นอกจากนี้ยังช่วยให้ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าทางด้านแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามีการสั่นไหวของผลตอบสนองที่ลดลง โดยการยืนยันประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวจะถูกเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink จากผลการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวสามารถติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอย่างมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิม

คำสำคัญ

ยานยนต์ไฟฟ้า การตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ การรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว

Abstract

The article presents a maximum power point tracking approach for photovoltaic (PV) in electric vehicles (EVs) charging station system using adaptive perturb and observe algorithm (adaptive P&O algorithm). The proposed method changes the step size (ΔV) depending on the operating point of PV that can reduce oscillation in the steady-state of power response. Moreover, it can reduce oscillation of voltage crossing battery in electric vehicles (EVs). The performance of the proposed algorithm is verified by comparing the responses with the conventional perturb and observe algorithm (P&O algorithm) through simulation using the MATLAB/Simulink program. The simulation results demonstrate that the proposed algorithm can provide more efficient in term of maximum power point tracking than those of the conventional perturb and observe algorithm.

Keywords

electric vehicles; maximum power point tracking; photovoltaic systems; adaptive perturb and observe algorithm

1. บทนำ

ยานยนต์ไฟฟ้า (EVs) มีจำนวนเพิ่มขึ้นบนท้องถนนในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากผู้บริโภคเล็งเห็นถึงความสำคัญของมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลในการขับเคลื่อน รวมถึงค่าเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าทำให้ความต้องการในการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามีมากขึ้น ซึ่งสาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า [1-2] หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาคือ โครงสร้างพื้นฐานของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากการนำพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ามาชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยโครงสร้างของการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ และวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า กระแสตรงเป็นกระแสตรง โครงสร้างพื้นฐานดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมากสำหรับการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยส่วนใหญ่พลังงานที่มาจากระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจะเป็นพลังงานที่มาจากถ่านหินและก๊าซ การเข้ามาของแหล่งพลังงานทดแทนเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ส่งผลให้โครงสร้างสถานีชาร์จมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อรองรับการใช้งานพลังงานทดแทน หนึ่งในสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าแบบพลังงานทดแทนที่นิยม ณ ปัจจุบันคือ สถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของสถานีชาร์จดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงวัน เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงและอุณหภูมิ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ของช่วงวัน ส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อัลกอริทึมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (MPPT) [3-4] จึงมีส่วนสำคัญกับสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยอัลกอริทึมดังกล่าวทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าภายใต้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุด ณ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในช่วงวัน

อัลกอริทึมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่นิยมใช้งานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีอยู่ 2 วิธีคือ อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกต และอัลกอริทึมการเพิ่มค่าความนำ ซึ่งทั้ง 2 วิธีเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนเพียงแต่มีข้อจำกัดคือ ประสิทธิภาพการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า ΔV ถ้ากำหนดค่า ΔV มากเกินไประบบจะเกิดการสั่นไหวของผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัวและกำหนดค่า ΔV น้อยเกินไประบบจะใช้เวลามากในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว ดังนั้นในบทความนี้จะนำเสนออัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว [5-6] ที่อาศัยค่า ΔV ที่แปรผันตามจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งผลตอบสนองที่ได้จากวิธีการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่นำเสนอในบทความนี้จะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม บทความนี้จะนำเสนออัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวมาประยุกต์ใช้กับสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งผลการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink จะนำมาใช้ในการยืนยันประสิทธิภาพของวิธีการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่นำเสนอในบทความนี้

บทความนี้ประกอบไปด้วย 5 ส่วน รายละเอียดของระบบไฟฟ้าที่พิจารณาและพารามิเตอร์จะถูกกล่าวในส่วนที่ 2 ในส่วนที่ 3 จะอธิบายถึงอัลกอริทึมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของวิธีที่นำเสนอ ส่วนที่ 4 กล่าวถึงผลการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์สำหรับการเปรียบเทียบการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด และส่วนสุดท้าย ส่วนที่ 5 สรุป

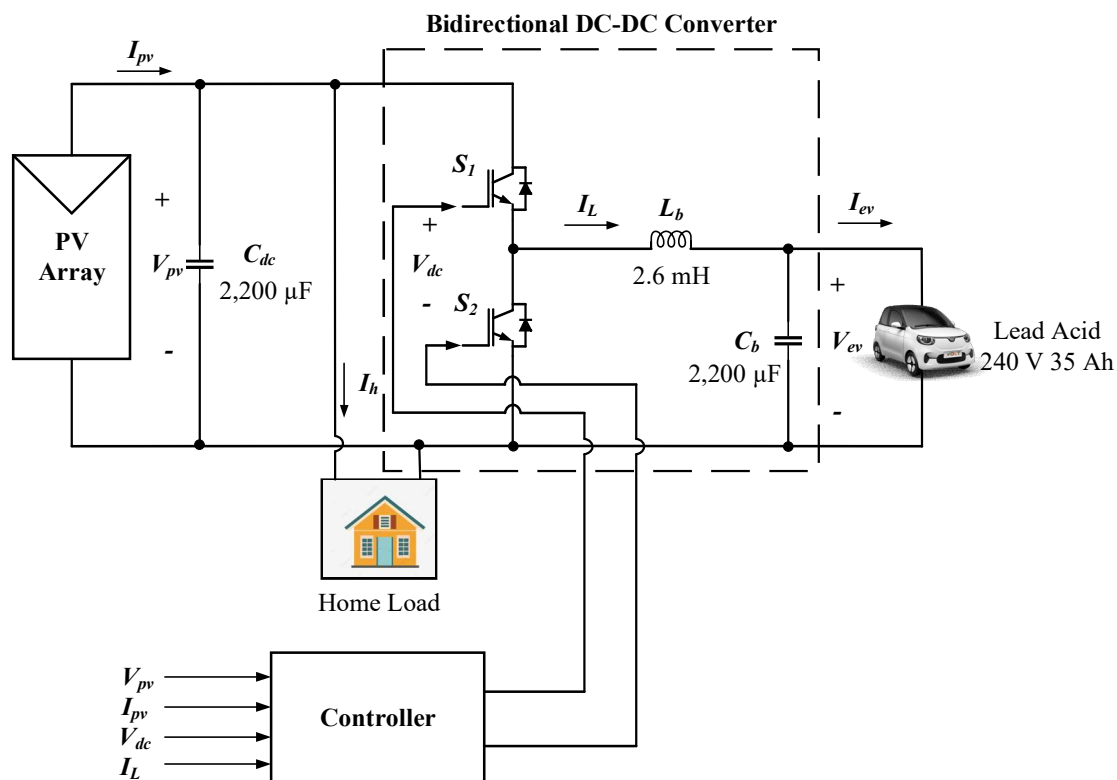
2. ระบบไฟฟ้าที่พิจารณา

โครงสร้างของระบบไฟฟ้าของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบสองทิศทาง (bidirectional DC-DC converter) โหลดบ้าน แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า และตัวควบคุม โดยรายละเอียดของตัวควบคุมแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบสองทิศทางจะทำงานในโหมดลดทอนแรงดันไฟฟ้าเมื่อระบบได้รับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

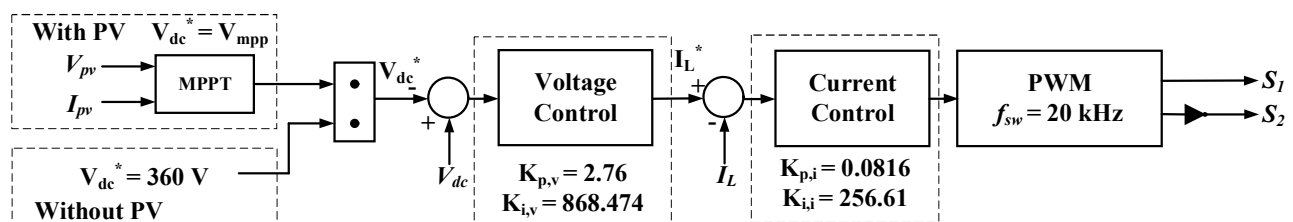
ผ่านการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟตรงให้อยู่ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกนำไปจ่ายให้กับโหลดบ้าน เมื่อมีพลังงานเหลือจากการจ่ายโหลดบ้านพลังงานที่เหลือจะถูกชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ในทางกลับกันวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงแบบสองทิศทางจะทำงานในโหมดเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟตรงให้คงที่ 360 V ซึ่งแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้าน ในบทความนี้โหลดบ้านที่พิจารณาจะกำหนดให้เป็นโหลดไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่า

กำลังไฟฟ้าคงที่ซึ่งถูกแทนด้วยโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว (constant power load)

สำหรับการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยนิยมใช้หัวชาร์จแบบ Combined Charging System (CCS) ซึ่งหัวชาร์จดังกล่าวจะสามารถชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง โดยการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสสลับจะผ่าน On Board Charger เพื่อแปลงเป็นกระแสตรงแล้วเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ส่วนการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงจะต่อเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าโดยตรง [7-8] สำหรับโครงสร้างระบบสถานีชาร์จของบทความนี้จะเป็นการชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่แบตเตอรี่โดยตรง



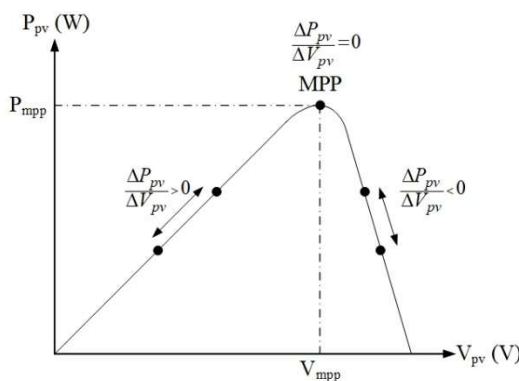
รูปที่ 1 ระบบสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2 ตัวควบคุมของระบบไฟฟ้าที่พิจารณา

3. อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว

การตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมเป็นอัลกอริทึมอย่างง่ายสำหรับใช้ติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมดังกล่าวจำเป็นต้องกำหนดค่า ΔV ที่มีขนาดคงที่ โดยค่า ΔV ที่ถูกกำหนดดังกล่าวจะมีผลต่อการตอบสนองของระบบทั้งในเรื่องความไวในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดและการสิ้นไกวของผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัว จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดค่า ΔV ที่เหมาะสมกับระบบที่นำไปใช้งาน ดังนั้นอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวจึงถูกมาใช้ในการกำหนดค่า ΔV ที่เหมาะสมให้กับระบบ ซึ่งการทำงานของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวจะทำงานเป็นคาบเวลาเช่นเดียวกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมด้วยการรบกวนแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการเพิ่มหรือลดระดับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และสังเกตจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการตรวจจับวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าในคาบเวลาปัจจุบันกับค่าในคาบเวลาก่อนหน้าในการตรวจสอบจุดการทำงาน of แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะอาศัยกราฟคุณลักษณะเฉพาะของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 3 ในการอธิบายจุดการทำงาน of แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเขียนอธิบายได้ดังสมการที่ (1)

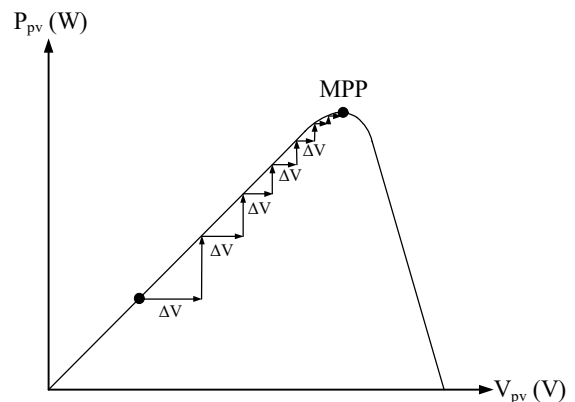


รูปที่ 3 กราฟคุณลักษณะเฉพาะของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} &= 0; \text{ จุดทำงานอยู่ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด} \\ \frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} &> 0; \text{ จุดทำงานอยู่ที่ด้านซ้ายของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด} \\ \frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} &< 0; \text{ จุดทำงานอยู่ที่ด้านขวาของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด} \end{aligned} \quad (1)$$

โดย ΔP_{pv} คือผลต่างของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ΔV_{pv} คือผลต่างของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวมีหลักการปรับค่า ΔV ของระบบผ่านค่าขนาดของความชันของกราฟคุณลักษณะเฉพาะของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อจุดทำงานอยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวาของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดมาก ๆ ค่า ΔV ของระบบจะมีค่ามากเพื่อให้เข้าใกล้จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้เร็วขึ้น เมื่อระบบเลื่อนจุดการทำงาน of แผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าใกล้จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดค่า ΔV ของระบบจะมีค่าน้อยลงเพื่อให้เข้าจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้มากขึ้น ซึ่งขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่า ΔV สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 โดยขั้นตอนการทำงาน of อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวมีหลักการการทำงานสำหรับการปรับเปลี่ยนจุดทำงาน of แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงได้ดังแผนภาพการทำงาน of อัลกอริทึมในรูปที่ 5



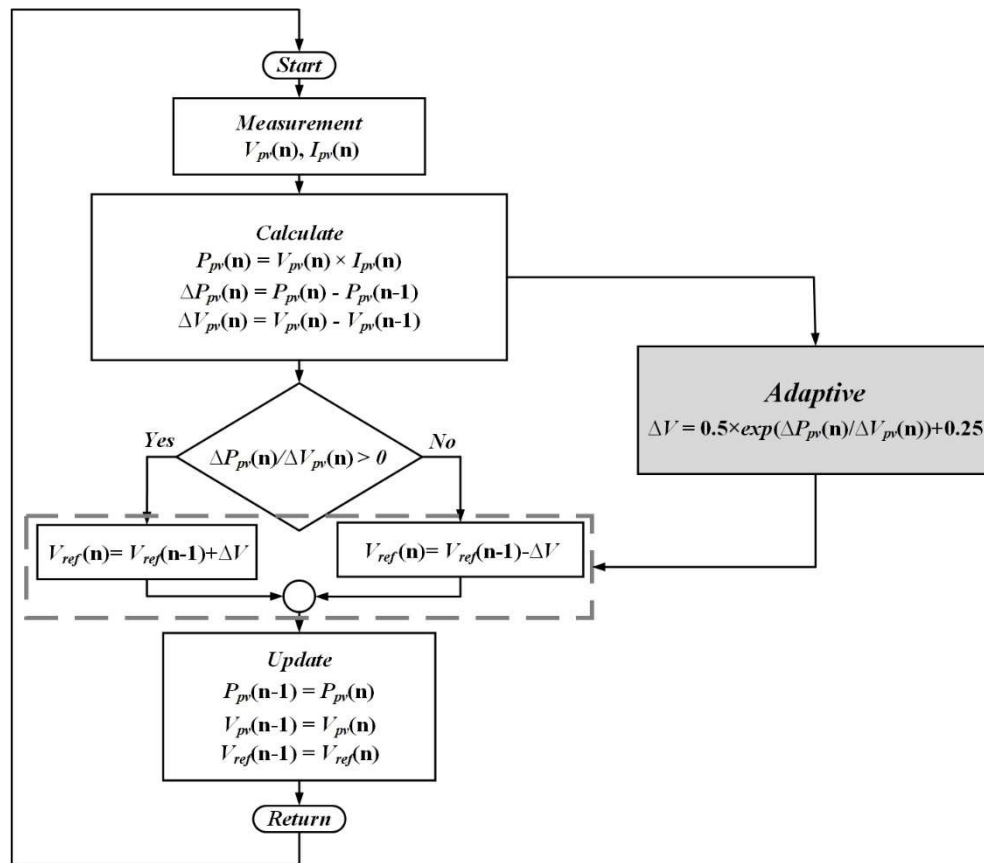
รูปที่ 4 การปรับเปลี่ยนค่า ΔV ของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว

วิธีการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่อาศัยอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแสดงได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมจะอาศัยค่า ΔV ที่มีค่าคงที่

ในบทความนี้นำเสนออัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว โดยที่ค่า ΔV จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นอยู่กับจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การพัฒนาดังกล่าวจะอาศัยบล็อกที่คำนวณค่า ΔV (สีเทา) แทนที่ใช้ค่า ΔV ที่มีค่าคงที่ อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยหลักการทำงานของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว เริ่มต้นจากการตรวจวัด $V_{pv}(n)$ และ $I_{pv}(n)$ ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อคำนวณหา $P_{pv}(n)$, $\Delta V_{pv}(n)$ และ $\Delta P_{pv}(n)$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้า ผลต่างของแรงดันไฟฟ้า และผลต่างของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเริ่มดำเนินการตรวจสอบจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านการตรวจสอบความชัน $\Delta P_{pv}(n)/\Delta V_{pv}(n)$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของผลต่างของกำลังไฟฟ้ากับผลต่างของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ถ้า $\Delta P_{pv}(n)/\Delta V_{pv}(n) > 0$ แสดงว่าจุดการทำงาน

ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ด้านซ้ายของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ตัวควบคุมจะดำเนินการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านการบวกเพิ่มด้วยค่า ΔV ถ้า $\Delta P_{pv}(n)/\Delta V_{pv}(n) < 0$ แสดงว่าจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ทางด้านขวาของจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดตัวควบคุมจะดำเนินการลดระดับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านการลบด้วยค่า ΔV ซึ่ง ΔV ดังกล่าวของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวจะเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนจุดการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสมการการหาค่า ΔV อ้างอิงจากบทความของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับ [9] ซึ่งสามารถแสดงการหาค่า ΔV ได้ดังสมการที่ (2)

$$\Delta V = 0.5 \times \exp\left(\frac{\Delta P_{pv}(n)}{\Delta V_{pv}(n)}\right) + 0.25 \quad (2)$$



รูปที่ 5 แผนภาพการทำงานของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมและอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว

จากสมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการรบกวน และการสังเกตเชิงปรับตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔV ที่สัมพันธ์กับค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับ แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่ช่วงแรกของการ ทำงานของอัลกอริทึมจะมีค่าความชันมากทำให้ค่า ΔV มีขนาด มาก เมื่อระบบมีการเปลี่ยนจุดการทำงานเข้าใกล้จุด กำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่า ΔV จะมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ ซึ่งค่า ΔV มี ขนาดเล็กลงส่งผลให้ผลตอบสนองที่สภาวะอยู่ตัวมีการสั่นไหวที่ ลดลง

เมื่อตัวควบคุมมีการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์เสร็จสมบูรณ์ตัวควบคุมจะดำเนินการอพยพค่าใน คาบเวลาปัจจุบันของ $P_{pv}(n)$, $V_{pv}(n)$ และ $V_{ref}(n)$ ซึ่งคือ กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง เป็นค่าใน คาบเวลาก่อนหน้าแล้วตัวควบคุมจะเริ่มทำงานตามขั้นตอนซ้ำ ตั้งแต่แรกใหม่

4. ผลการจำลองสถานการณ์

การยืนยันประสิทธิภาพของการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้า สูงสุด อัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวจะอาศัย การจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink กำหนดให้โหลดบ้าน (P_h) มีค่า 0.8 kW พารามิเตอร์แผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังตารางที่ 1 และ พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าที่พิจารณา [10] แสดงใน รูปที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เงื่อนไขมาตรฐาน การทดสอบความเข้มแสง 1.0 kW/m² และอุณหภูมิ 25 °C

รายละเอียด	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟฟ้าขณะเปิดวงจร (V_{oc})	460	V
กระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจร (I_{sc})	10	A
แรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (V_{MPP})	396	V
กระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (I_{MPP})	9.5	A
กำลังไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{MPP})	3.76	kW

การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ ไฟฟ้า (P_{ev}) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3)

$$P_{ev} = V_{ev} I_{ev} \quad (3)$$

ซึ่ง P_{ev} , V_{ev} และ I_{ev} คือกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าตามลำดับ

ระบบไฟฟ้าที่พิจารณาสามารถแบ่งการทำงานของระบบ ไฟฟ้าออกเป็น 4 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1: กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์น้อยกว่า ผลรวมระหว่างกำลังไฟฟ้าที่โหลดบ้านกับกำลังไฟฟ้าที่ แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ($P_{pv} < P_{ev} + P_h$) และกำลังไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่พอจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้าน ($P_{pv} < P_h$) ตัวควบคุมจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดและแบตเตอรี่ของยานยนต์ ไฟฟ้าจะคายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านในส่วนที่ต่างกัน ระหว่างกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าที่ โหลดบ้าน

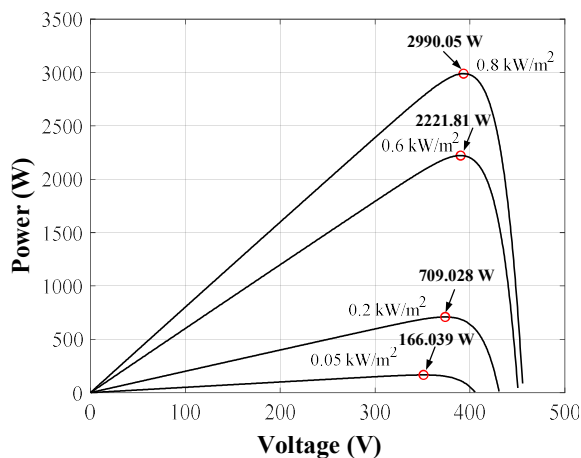
กรณีที่ 2: กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์น้อยกว่า ผลรวมระหว่างกำลังไฟฟ้าที่โหลดบ้านกับกำลังไฟฟ้าที่ แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ($P_{pv} < P_{ev} + P_h$) และ กำลังไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่ากำลังไฟฟ้าที่โหลดบ้าน ($P_{pv} > P_h$) ตัวควบคุมจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับ โหลดบ้านและดำเนินการชาร์จกำลังไฟฟ้าส่วนต่างที่เหลือจาก โหลดบ้านเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

กรณีที่ 3: กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า ผลรวมระหว่างกำลังไฟฟ้าที่โหลดบ้านกับกำลังไฟฟ้าที่ แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ($P_{pv} > P_{ev} + P_h$) ตัวควบคุมจะ ดำเนินการตัดการทำงานของอัลกอริทึมการตามรอยจุด กำลังไฟฟ้าสูงสุดออกแล้วดำเนินการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้น เรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดการสมดุลของกำลังไฟฟ้าระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับผลรวมกำลังไฟฟ้าที่โหลด บ้านกับกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า และแผง เซลล์แสงอาทิตย์ดำเนินการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้าน

และดำเนินการชาร์จกำลังไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

กรณีที่ 4: เมื่อปราศจากกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าจะดำเนินการคายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านด้วยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟตรง (V_{dc}^*) มีค่าคงที่ 360 V

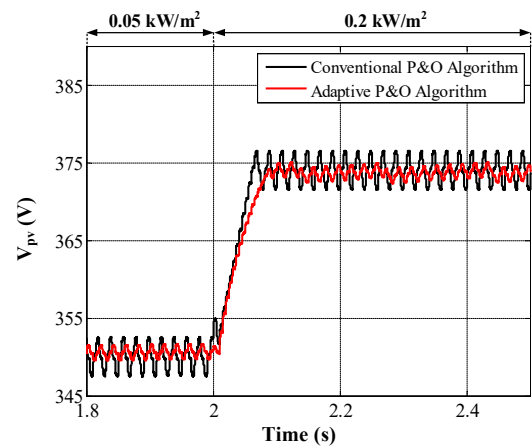
สำหรับการจำลองสถานการณ์กำหนดให้อุณหภูมิที่พิจารณาคือ 25°C และมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงแบบทันทีทันใดจาก 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2 ที่ 2 s เปลี่ยนจาก 0.2 kW/m^2 ไปเป็น 0.6 kW/m^2 ที่ 4 s เปลี่ยนจาก 0.6 kW/m^2 ไปเป็น 0.8 kW/m^2 ที่ 6 s และเปลี่ยนจาก 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2 ที่ 8 s ตามลำดับ โดยมีกราฟคุณลักษณะเฉพาะของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละความเข้มแสงที่พิจารณาแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งการจำลองสถานการณ์ของระบบไฟฟ้าที่พิจารณาถูกอธิบายตั้งแต่กรณีที่ 1 จนถึงกรณีที่ 4



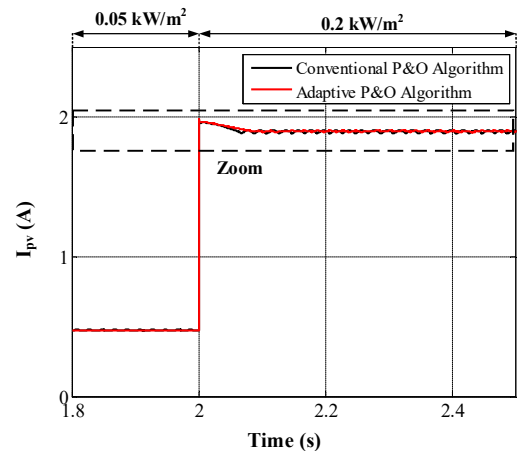
รูปที่ 6 กราฟคุณลักษณะเฉพาะของกำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงต่าง ๆ

ผลการจำลองสถานการณ์กรณีที่ 1 ความเข้มแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มแสง 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2 ซึ่งผลตอบสนองทางด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของแรงดันไฟฟ้า ผลตอบสนองกระแสไฟฟ้าพร้อมรูปขยาย และผลตอบสนองกำลังไฟฟ้าพร้อมรูปขยายสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 10 ตามลำดับ

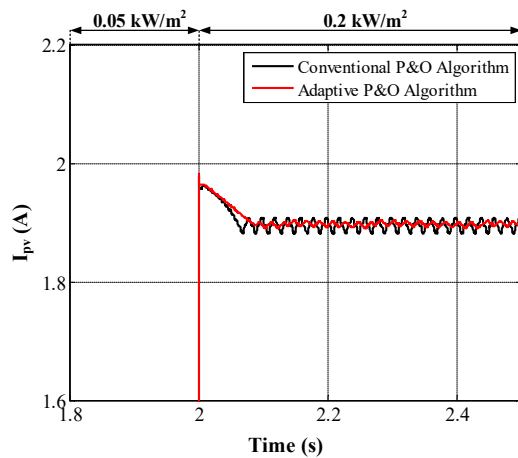
จากรูปที่ 7 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการควบคุมและการสังเกตเชิงปรับตัวให้การสั่นไหวของผลตอบสนองแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สภาวะอยู่ตัวที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการควบคุมและการสังเกตแบบดั้งเดิม



รูปที่ 7 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2

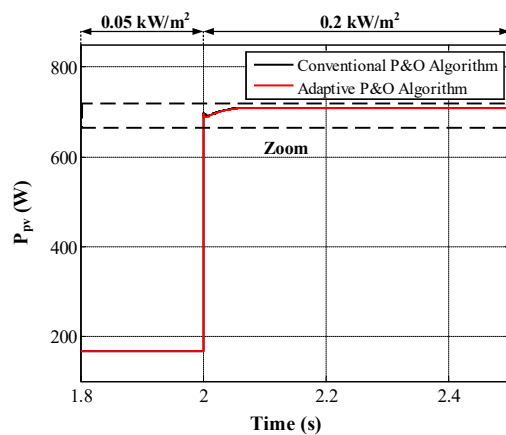


รูปที่ 8 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2

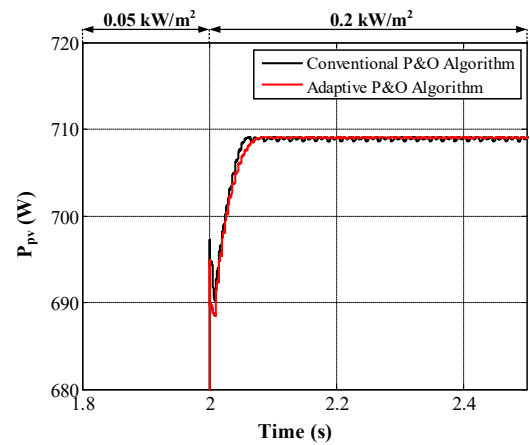


รูปที่ 9 รูปขยายของผลตอบสนองของรูปที่ 8

จากรูปที่ 8 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2 เมื่อพิจารณาส่วนที่ขยายในช่วงความเข้มแสง 0.2 kW/m^2 ในรูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวให้การสั่นไหวของผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สถานะอยู่ตัวที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบปรับตัว

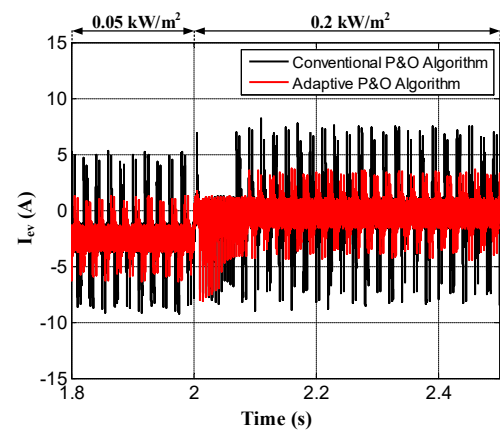


รูปที่ 10 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2



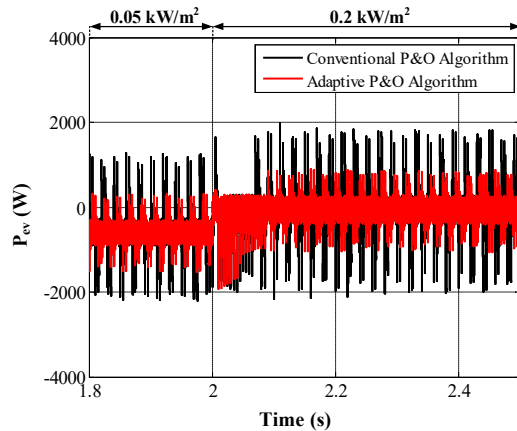
รูปที่ 11 รูปขยายของผลตอบสนองของรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2 เมื่อพิจารณาส่วนที่ขยายในช่วงความเข้มแสง 0.2 kW/m^2 ในรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวมีการสั่นไหวของผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าและผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่ 1 แสดงดังรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 13 ตามลำดับ



รูปที่ 12 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ในช่วงเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.05 kW/m^2 ไปเป็น 0.2 kW/m^2

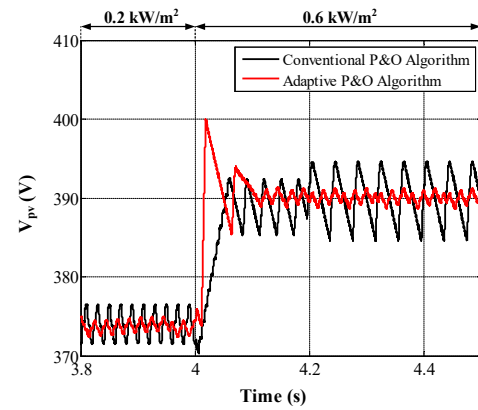
จากรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอในบทความนี้ให้การสั่นไหวของผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิม



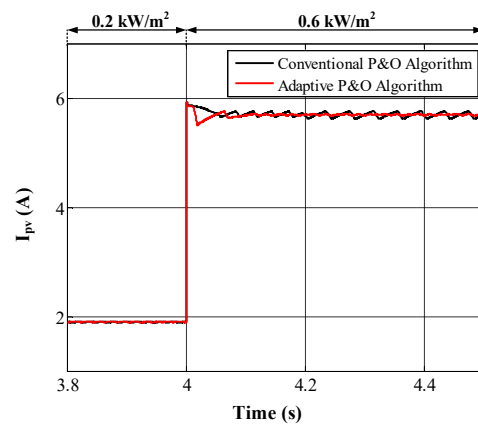
รูปที่ 13 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.05 kW/m² ไปเป็น 0.2 kW/m²

จากรูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวให้การสั่นไหวของผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าที่สภาวะอยู่ตัวที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิม

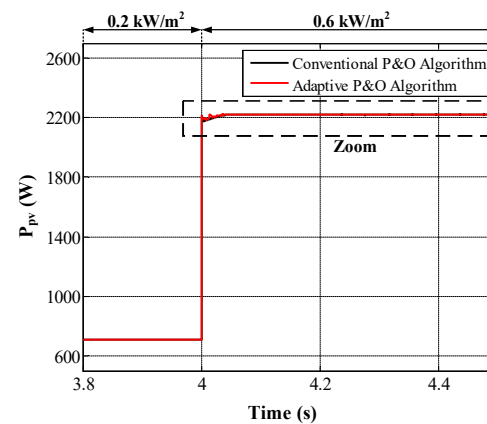
สำหรับผลการจำลองสถานการณ์กรณีที่ 2 ความเข้มแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มแสง 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m² ซึ่งผลตอบสนองทางด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของแรงดันไฟฟ้า ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้า และผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าพร้อมรูปขยายสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14 ถึงรูปที่ 17 ตามลำดับ และผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่และผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 18 ถึงรูปที่ 19 ตามลำดับ



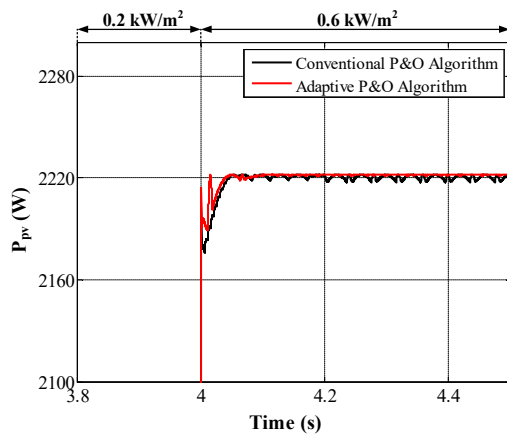
รูปที่ 14 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m²



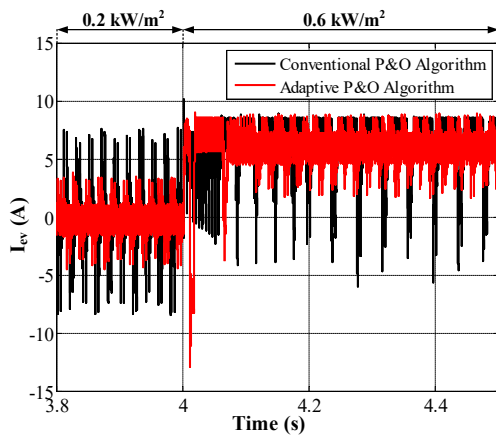
รูปที่ 15 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m²



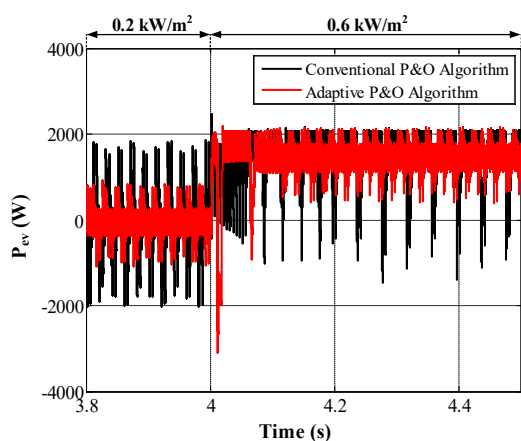
รูปที่ 16 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m²



รูปที่ 17 รูปขยายของผลตอบสนองในรูปที่ 16



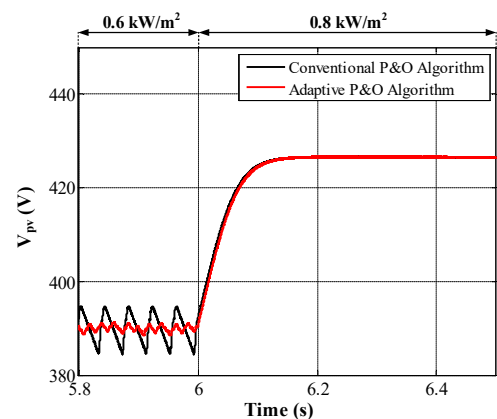
รูปที่ 18 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ซาร์จเข้าแบตเตอรี่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m²



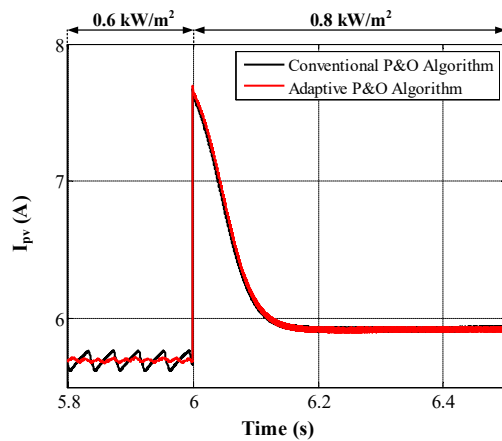
รูปที่ 19 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.2 kW/m² ไปเป็น 0.6 kW/m²

จากรูปที่ 14 ถึงรูปที่ 19 แสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองของ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้าที่ซาร์จเข้าแบตเตอรี่ และกำลังไฟฟ้า ของแบตเตอรี่มีการสั่นไกวที่น้อยกว่าอัลกอริทึมการรบกวน และการสังเกตแบบดั้งเดิม ซึ่งได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับ ผลตอบสนองในกรณีที่ 1 (รูปที่ 7 ถึงรูปที่ 13) เมื่อวิเคราะห์หลัง รายละเอียดในเชิงตัวเลข ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างสำหรับ ผลตอบสนองในรูปที่ 17 ซึ่งพบว่าวิธีการแบบดั้งเดิมจะมีการ สั่นไกวคิดเป็น 0.18 % ของค่าในสภาวะอยู่ตัว ในขณะที่ ผลตอบสนองที่ได้จากวิธีที่นำเสนอในบทความนี้จะมีการสั่น ไกวเพียงแค่ 0.009 % และเมื่อสังเกตผลการตอบสนองของ กำลังไฟฟ้าในรูปที่ 19 พบว่าผลการตอบสนองเกิดการสั่นไกวที่ มีทั้งค่าบวกและค่าลบที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากอัลกอริทึมการ รบกวนและการสังเกตมีพื้นฐานมาจากการปรับค่า ΔV โดย วิธีการแบบดั้งเดิมจะใช้ค่า ΔV ที่คงที่ในขณะที่วิธีการที่นำเสนอ จะใช้ค่า ΔV ที่ปรับค่าตามจุดการทำงานในสภาวะต่าง ๆ อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีค่า ΔV จะมีการปรับเปลี่ยนอยู่ ตลอดเวลาซึ่งส่งผลให้ผลตอบสนองของระบบเกิดการสั่นไกวใน ทุก ๆ จุดของผลตอบสนองของระบบ

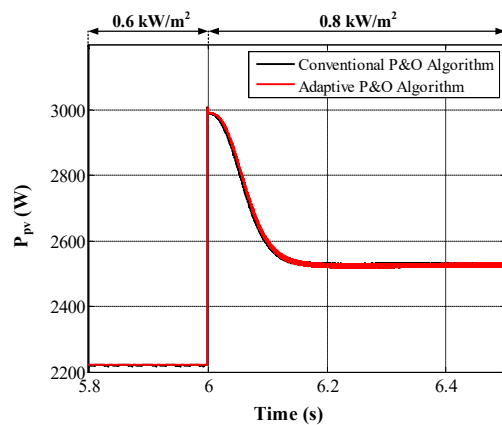
สำหรับการจำลองสถานการณ์กรณีที่ 3 ความเข้มแสงจะมี การเปลี่ยนแปลงจากความเข้มแสง 0.6 kW/m² ไปเป็น 0.8 kW/m² ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบควบคุมการตามรอยจุด กำลังไฟฟ้ามีการปิดการใช้งานของอัลกอริทึม โดย ผลตอบสนองทางด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของแรงดันไฟฟ้า ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้า และผลตอบสนองของ กำลังไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 20 ถึงรูปที่ 22 ตามลำดับ



รูปที่ 20 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วง การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.6 kW/m² ไปเป็น 0.8 kW/m²

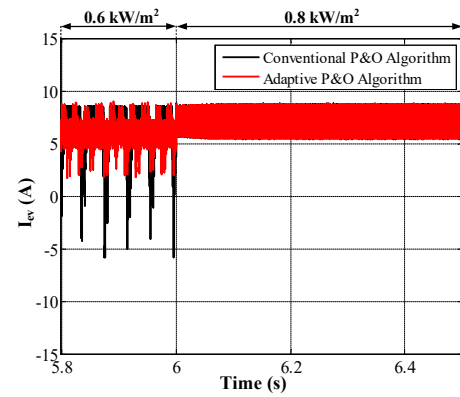


รูปที่ 21 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.6 kW/m^2 ไปเป็น 0.8 kW/m^2

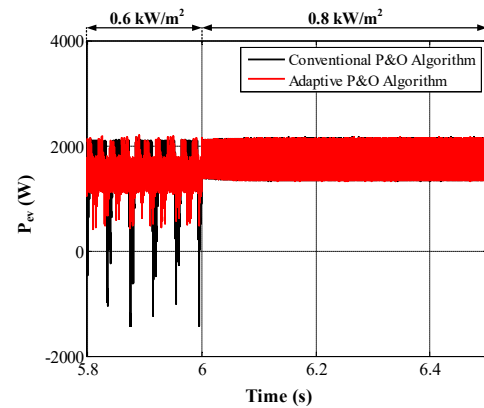


รูปที่ 22 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.6 kW/m^2 ไปเป็น 0.8 kW/m^2

จากรูปที่ 20 ถึงรูปที่ 22 แสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองทางด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมให้ผลตอบสนองที่เท่ากันทั้งในสภาวะชั่วคราวและสภาวะอยู่ตัว



รูปที่ 23 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.6 kW/m^2 ไปเป็น 0.8 kW/m^2

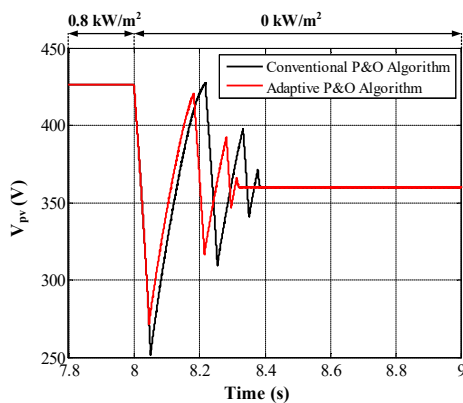


รูปที่ 24 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.6 kW/m^2 ไปเป็น 0.8 kW/m^2

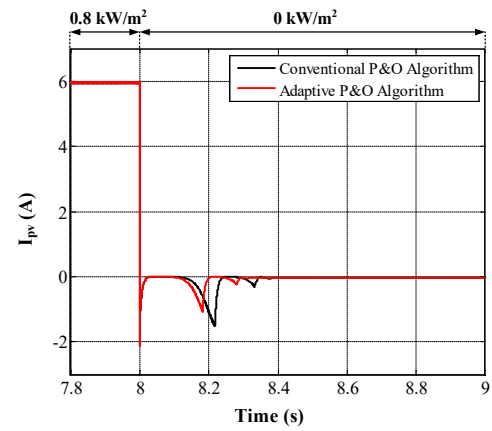
สำหรับผลตอบสนองทางด้านแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมแสดงได้ดังรูปที่ 23 ถึงรูปที่ 24 ซึ่งให้ผลตอบสนองที่เท่ากันทั้งในสภาวะชั่วคราวและสภาวะอยู่ตัวเนื่องจากระบบปราศจากตัวควบคุมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงทำให้การควบคุมการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเหมือนกันจนถึงจุดที่เกิดการสมดุลของพลังงานระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โหลดบ้าน และแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอัลกอริทึมทั้งสองมีจุดการทำงานของแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการสมดุลของการจัดการพลังงานที่จุดเดียวกัน

สำหรับการจำลองสถานการณ์กรณีนี้ที่ 4 ความเข้มแสงจะมีการเปลี่ยนแปลงจากความเข้มแสง 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2 ซึ่งเป็นช่วงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกจากแผง โดยตัวควบคุมจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟตรงมีค่าคงที่ 360 V เพื่อให้แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้โหลดบ้านแทน ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่บัสไฟตรงจะมีค่าเท่ากับผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากจุดแรงดันไฟฟ้าบัสไฟตรงกับจุดวัดแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือจุดเดียวกัน โดยผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้า ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้า และผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 25 ถึงรูปที่ 27 ตามลำดับ

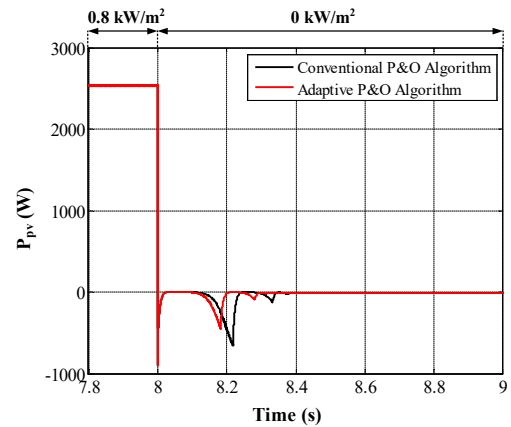
จากรูปที่ 25 ถึงรูปที่ 27 แสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองทางด้านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมให้ผลตอบสนองที่เท่ากันทั้งในสภาวะชั่วคราวและสภาวะอยู่ตัว รวมถึงผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้ากับผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีนี้ 4 แสดงดังรูปที่ 28 ถึงรูปที่ 29



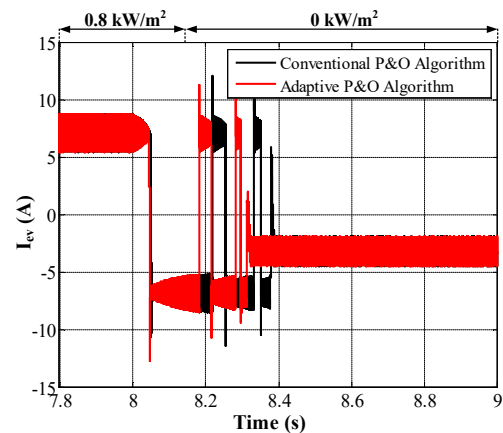
รูปที่ 25 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2



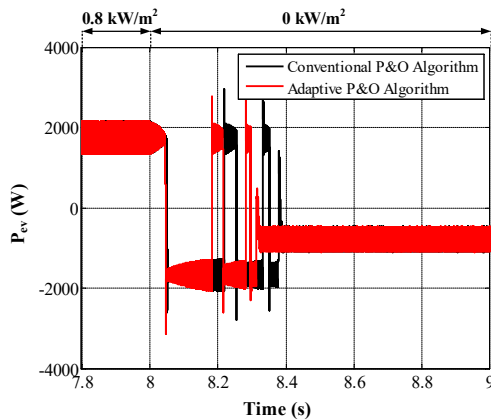
รูปที่ 26 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2



รูปที่ 27 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2



รูปที่ 28 ผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.8 kW/m^2 ไปเป็น 0 kW/m^2



รูปที่ 29 ผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า ช่วงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจาก 0.8 kW/m² ไปเป็น 0 kW/m²

จากผลตอบสนองของอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัวกับอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิมที่มีค่าเท่ากันสำหรับกรณี 4 เนื่องจากระบบตรวจจับวัดกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 0 W ซึ่งแสดงว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้ ระบบจึงดำเนินการจัดการพลังงานด้วยการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อนำมาจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านด้วยการควบคุมแรงดันไฟฟ้าบัสไฟตรงที่ 360 V เท่ากันทั้งสองอัลกอริทึม ผลตอบสนองต่าง ๆ ของระบบในกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงจุดเด่นของอัลกอริทึมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่นำเสนอในบทความนี้ โดยจุดเด่นของอัลกอริทึมที่นำเสนอจะเด่นชัดกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 อย่างไรก็ตามการจัดการพลังงานของระบบสามารถทำได้ทั้งหมด 4 กรณีตามที่ได้นำเสนอในบทความ

4. สรุป

ระบบไฟฟ้าสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อโหลดบ้านโดยมีตัวควบคุมการตามรอยจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตเชิงปรับตัว ซึ่งอัลกอริทึมดังกล่าวทำให้ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงผลตอบสนองของกระแสไฟฟ้าที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ที่ดีกว่าอัลกอริทึมการรบกวนและการสังเกตแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อพิกัดของระบบมีการเปลี่ยนแปลง

จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์และค่าคงที่ในสมการที่ (2) ใหม่อีกรอบหนึ่ง อัลกอริทึมที่นำเสนอในบทความนี้สามารถติดตามจุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเมื่อปราศจากกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระบบควบคุมสามารถควบคุมการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าให้กับโหลดบ้านได้อย่างเหมาะสม รวมถึงระบบสามารถจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้นำเสนอในบทความนี้จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดกับงานวิจัยในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับสถานีชาร์จที่มีการเชื่อมต่อกริด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลังพลังงาน เครื่องจักรกล และการควบคุม (PEMC) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัย สถานที่ และเครื่องมือต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abraham SD, Verma R, Kanagaraj L, Raman SRGT, Rajamanickam N, Chokkalingam B, et al. Electric vehicles charging stations' architectures, criteria, power converter, and control strategies in microgrids. *Electronic* 2021. 2021;10(1895).
- [2] Acharige SSG, Haque ME, Arif MT, Hosseinzadeh N, Hasan KN, Oo AMT. Review of electric vehicle charging technologies, standards, architectures and converter configurations. In: *IEEE Access*. 2023. p. 41218-41255.
- [3] Singh D, Singh H. Technical survey and review on MPPT techniques to attain Maximum Power of Photovoltaic system. *Proceedings of 5th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC)*. Solan, India: 2019. p. 265-268.
- [4] Pawar AS, Kolte MT, Mehta H. Review of PV MPPT based battery charging techniques under partial shading. *Proceeding of Second International*

Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T). Raipur, India: 2022.

- [5] โกศล ชัยเจริญอุดมรุ่ง, ภัฏฐะ สวาทจันทร์, จักรกริช ภักดีโต. Maximum Power Point Tracking for Stand-alone PV System Using Variable Step Size P&O Based on Voltage Control Method. *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43*. มหาวิทยาลัยนเรศวร: 2563. หน้า 170-173.
- [6] Serrano- Guerrero X, Gonzalez- Romero J, Cardenas-Carangui X, Escrive-Escrive G. Improved variable step size P&O MPPT algorithm for PV systems. *Proceedings of 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*. Coimbra, Portugal: 2016.
- [7] ศูนย์สารสนเทศยานยนต์. กำหนดมาตรฐานฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียบ เต้ารับ – จ่าย ตัวต่อ ยานยนต์ – การประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า. มอก. 2749 เล่ม 3- 2559. เข้าถึงได้จาก: <https://data.thaiauto.or.th> [เข้าถึงเมื่อ 27 เมษายน 2567].
- [8] Evolt Technology. ทำความรู้จัก วิธีการชาร์จรถไฟฟ้า AC กับ DC ต่างกันอย่างไร. เข้าถึงได้จาก: <https://evolt.co.th/การชาร์จรถไฟฟ้า-ac-dc> [เข้าถึงเมื่อ 27 เมษายน 2567].
- [9] Mohapatra A, Nayak B, Saiprakash C. Adaptive perturb & observe MPPT for PV system with experimental validation. *Proceedings of IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies and Systems (ICSETS)*. Bhubaneswar, India: 2019. p. 257-261.
- [10] Verma A, Singh B, Chandra A, Al-Haddad K. An implementation of solar PV array based multifunctional EV charger. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2020;56(4): 4166-4178.