

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่าง P&O อัลกอริทึม และ PSO อัลกอริทึม

กวีพจน์ วรเนตรสุทธิกุล*, อีสรี ศรีคุณ**, ศักดิ์ศรี แก่นสม***

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10210

อภิมุข สวรรค์ประธาน****

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10210

พรหมพักตร์ ดาวัลต์*****

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี กรุงเทพฯ 10170

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่าง P&O อัลกอริทึม และ PSO อัลกอริทึม โดยการทดลองต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งหมด 3 แผง ต่อแบบอนุกรมกัน ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 450 วัตต์ ต่อผ่านวงจรเชิงโครนัสบั๊ก-บูส คอนเวอร์เตอร์ ที่ใช้ในการติดตามกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ สู่โหลดตัวต้านทานขนาด 600 วัตต์ ในการทดลองจะทำการใช้อัลกอริทึมทั้งหมด 2 อัลกอริทึม คือ P&O อัลกอริทึม กับ PSO อัลกอริทึม และ หาค่าประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นของทั้งสองอัลกอริทึม ผลการทดลองพบว่า PSO อัลกอริทึม สามารถติดตามกำลังไฟฟ้าได้เร็วกว่าแบบ P&O อัตราการแกว่งของค่าพลังงานน้อยกว่า และ ในกรณีที่เมฆบังกระทบบางส่วน ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นกว่าแบบ P&O ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ PSO อัลกอริทึม โดยรวมมีประสิทธิภาพมากกว่า P&O อัลกอริทึม แต่มีความยุ่งยากซับซ้อนกว่า P&O อัลกอริทึมและการเข้าหาจุดสูงสุดของพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ถึงจะเร็วกว่าแต่การเข้าหาจุดสูงสุดมีอัตราการแกว่งมากกว่า P&O อัลกอริทึม

คำสำคัญ: P&O อัลกอริทึม, PSO อัลกอริทึม, การติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด

* อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

** อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

*** อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

**** นักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

***** อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

A Comparison of the efficiency of solar cell power tracking techniques between P&O and PSO Algorithms

Kaweepott Woranetsuthikul*, Isaree Srikun, Saksri Kaensom*****

Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220, Thailand

Apimook Svanperthan****

Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220, Thailand

Prompak Dawan*****

Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220, Thailand

Abstract

This paper is a comparison of the efficiency of the solar cell power tracking technique between P&O algorithms and PSO algorithms by experimenting with 3 solar panels in series. The maximum power output is 450 watts via the synchronous buck-boost circuit. Converter Used to track the power of solar cells To load a 600 watt resistor in the experiment will use all 2 algorithms, namely P&O algorithm with PSO algorithm and find the efficiency of the two algorithms The results showed that the PSO algorithm can track the power faster than the P&O model. The energy swing rate is less than that and in the case of partial shadows More efficiency than P&O by 17 percent. PSO overall algorithm is more powerful than P&O. The algorithm, however, is more complicated than P&O. But the peak approach has a greater swing rate than the P&O algorithm

Keywords: P&O algorithm, PSO algorithm, Maximum power tracking

* Lecturer, Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology

** Lecturer, Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology

*** Lecturer, Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology

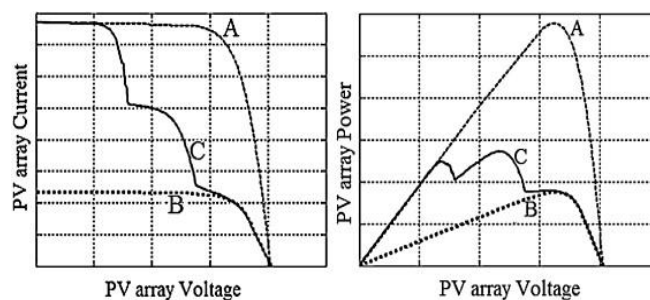
**** Computer Technical, Faculty of Industrial Technology

***** Lecturer, Electrical Engineering, Faculty of Engineering

1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่ได้รับ ความนิยมน้อยมากในปัจจุบัน ปริมาณของพลังงานที่ได้ นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดดและอุณหภูมิ เพื่อให้ สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้สูงที่สุดระบบจำเป็นต้องมี อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ซึ่งมีอยู่ หลากหลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น Buck, Boost, Buck-Boost, Cuk, Sepic และ Zeta คอนเวอร์เตอร์แต่ละชนิด มีการทำงานที่แตกต่างกัน Buck-Boost และ Cuk ให้ พลังงานขาออกกลับขั้ว Sepic และ Zeta ใช้อุปกรณ์มาก

ทำให้ประสิทธิภาพไม่สูง [1] แต่ Synchronous Buck-Boost ให้พลังงานขาออกที่สูงและง่ายต่อการใช้งานเมื่อ เปรียบเทียบกับ Sepic และ Zeta การหาจุดสูงสุดของ พลังงานมีทั้งแบบเดี่ยว และแบบรวม การหาจุดสูงสุดแบบ เดี่ยวนั้นใช้พื้นที่มากและสิ้นเปลือง [2] แต่การหาจุดสูงสุด แบบรวมนั้นมักมีปัญหาเมื่อมีเงาบางส่วนเกิดขึ้นในเซลล์ แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อแบบอาร์เรย์ ทำให้พลังงานที่ได้ไม่ เสถียรหรือเกิดจุดสูงสุดหลายจุด [3] กล่าวคือมีทั้งจุดสูงสุด สัมพัทธ์ (Local maximum) และจุดสูงสุดสมบูรณ์ (Global maximum) ดังแสดงในรูปที่ 1[4]



รูปที่ 1 จุดสูงสุดสัมพัทธ์ (Local maximum) และจุดสูงสุดสมบูรณ์ (Global maximum)

การหาจุดสูงสุดในเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเชื่อมต่อ แบบอาร์เรย์มีอยู่หลายวิธี [5] แต่ละวิธีใช้ตัวแปรที่แตกต่าง กัน เช่น แรงดัน กระแส หรือค่าตัวชี้ชี้เซลล์ และใช้เวลาใน การคำนวณที่ต่างกัน บทความนี้เป็นการเปรียบเทียบการ ใช้อัลกอริทึม HC และอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมออปติไม เซชันแบบค่าเฉลี่ย (PSO) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ ได้และระยะเวลาในการให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่แท้จริง และ ใช้วงจร Synchronous Buck-Boost [7] เนื่องจากมี ประสิทธิภาพสูง [8].

2. วิธีการวิจัย

ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 เซลล์แสงอาทิตย์

1.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ปัจจุบันมีการผลิต ใช้งานกันมากที่สุด เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน นั้นทำมาจากซิลิกอนที่มีระนาบเดียวกันตลอดทั้งชิ้นงาน โดยที่ความหนาของแผ่นซิลิกอนนั้นมีค่าน้อย ทำให้น้ำหนัก เบาและเป็นวัสดุที่ทนต่อแรงเค้นแม้จะมีความหนาเพียง 50 μm ก็ยังคงสภาพเป็นแผ่นได้ดี เซลล์ชนิดนี้จะมีมากกว่า

ประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน และแบบ อะมอร์ฟัส โดยที่ลักษณะสมบัติการผลิตพลังงานไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานน้อยมาก อายุการใช้งาน นานถึง 20 ปี ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้ก็คือ เนื่องจากผลึก ซิลิกอนมีช่องว่างแถบพลังงานชนิดไม่ตรง (indirect band gap) ดังนั้นสมบัติการดูดกลืนแสงมีค่าน้อย การผลิต จึงต้องผลิตให้หนาพอสมควร ซึ่งความหนาอยู่ประมาณ ไมโครเมตรขึ้นไป โดยที่การผลิตนั้นทำได้ง่าย ซึ่งใช้ เทคโนโลยีการสร้างไอซีในการทำรอยต่อ P-N ซึ่งมีความก้าวหน้าไปมากในปัจจุบันโดยในทางทฤษฎีแล้วเซลล์ แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงถึง 44% แต่ในทาง ปฏิบัติจริงเซลล์ชนิดนี้จะมีการสูญเสียต่างๆเกิดขึ้นทำให้ ประสิทธิภาพของเซลล์มีค่าต่ำลง

1.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิกอน

เซลล์ชนิดนี้ทำมาจากซิลิกอนที่เป็นผลึกจะมี ีระนาบของผลึกหลายชนิดปนอยู่ในระนาบเดียวกันเช่น (111), (112) และ (330) เป็นต้น เมื่อดูด้วยตาเปล่าจะเห็น ความแตกต่างของสีของแต่ละระนาบอย่างชัดเจน อาณา เขตของผลึกเรียกว่า “เกรน” (grain) เทคโนโลยีปัจจุบันนี้ สามารถผลิตโพลีซิลิกอนให้มีเกรนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตั้งแต่หลายสิบไมครอนถึงหลายพันไมครอน ถ้าเกรนมีขนาดใหญ่กว่าความหนาของเซลล์ พาหะโฟโตที่เกิดจากแสงสามารถเดินทางผ่านรอยต่อ P-N ออกสู่วงจรภายนอก เซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสียของเซลล์ชนิดนี้คือมีพันธะของซิลิกอนที่มีแขนขาอยู่มาก ซึ่งไม่มีซิลิกอนอะตอมอื่นมาเกาะพันธะด้วย ซึ่งพันธะแขนขานี้จะเป็นตัวทำให้เกิดสถานะจุดบกพร่อง (defect state) ซึ่งสถานะจุดบกพร่องนี้จะเป็นตัวคอยจับพาหะข้างเนื่องจากแสงไม่ให้เดินทางออกสู่วงจรภายนอก และส่งผลทำให้เวลาอายุ (life time) ของพาหะข้างน้อยลง และที่ขอบของเกรนจะทำให้เกิดแถบพลังงานที่ขอบของเกรนเกิดเส้นโค้งขึ้น

1.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะเป็นแบบฟิล์มบางซึ่งสร้างมาจากอะมอร์ฟัสซิลิกอน ซึ่งเป็นซิลิกอนที่เรียงตัวกันแบบไม่เป็นระเบียบหรือเป็นระเบียบในช่วงระยะสั้นของอะตอมแต่ไม่เป็นระเบียบในช่วงระยะยาวของอะตอม ซึ่งการเรียงตัวของอะตอมอย่างเป็นระเบียบในช่วงระยะสั้นของอะตอมจะทำให้มีคุณสมบัติคล้ายผลึก แต่ในขณะที่การเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบในช่วงระยะยาวของอะตอมจะทำให้มีคุณสมบัติต่างๆ แปรออกไป เช่น ค่าคงที่ต่างๆ ทางฟิสิกส์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์จะเหมือนกันตลอดทุกทิศทางของวัสดุ ข้อดีของอะมอร์ฟัสซิลิกอนคือ มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี สามารถผลิตได้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 200-300 องศาเซลเซียส โดยสามารถสร้างบนพื้นผิวฐานรองอะไรก็ได้ ราคาถูกและประหยัดพลังงาน เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ถูกผลิตครั้งแรกในปี ค.ศ. 1977 โดย Carlson และ Wronski ต่อมา Dr.Hamakawa มหาวิทยาลัยโอซาก้า ได้ออกแบบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์เป็นลักษณะของ (a-Su:H) p-I-n ซึ่งใช้กันอยู่ทุกวันนี้ประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์ชนิดนี้มีค่าอยู่ประมาณ 10% และเซลล์ชนิดนี้สามารถประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อย่างอื่นได้อีกด้วยเช่น ตัวตรวจจับแสงสีต่างๆ

1.1.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบกึ่งตัวนำ

เซลล์ชนิดนี้สร้างจากสารประกอบกึ่งตัวนำตระกูล III-V เช่น GaAs และ InP และสารประกอบกึ่งตัวนำตระกูล II-VI เช่น Cds DdTe ซึ่งผลิตขายในเชิง

อุตสาหกรรมแล้ว โดยมากเซลล์ที่สร้างจาก GaAs และ InP จะใช้กันมากในอวกาศ โดยเฉพาะ InP นั้นจะมีคุณสมบัติทนต่อรังสีได้ดี ข้อดีของเซลล์จำพวกนี้คือ เซลล์มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากสารที่นำมาทำเซลล์มีค่าช่องว่างพลังงานที่สูงประมาณ 1.4-1.5 eV และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงสูงเนื่องจากเป็นแสงที่มีช่องว่างแถบพลังงานแบบตรง (direct band gap) ซึ่งสามารถทำเป็นแบบฟิล์มบางได้ โดยถ้าเทียบเป็นประสิทธิภาพที่ 15% จะต้องใช้ซิลิกอนที่มีความหนาถึง 100 μm ในขณะที่ใช้ GaAs จะใช้ความหนาเพียง 10 μm เซลล์ชนิดนี้จะมีควมทนทานต่อรังสีสูง และทำงานได้ดีในความเข้มสูง คุณสมบัติเด่นอีกข้อหนึ่งก็คือ สามารถสร้างเป็นหลายๆชั้นได้จะทำให้สามารถมีศักยภาพในการดูดกลืนคลื่นแสงในลักษณะสเปกตรัมที่กว้างได้ดี

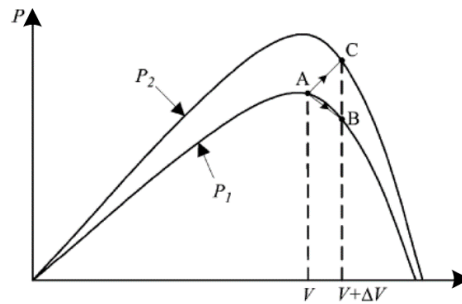
1.2 เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.1 อัลกอริทึมการเปลี่ยนแปลงค่าและสังเกต (Perturb and Observe Methods)

อัลกอริทึมการเปลี่ยนแปลงค่าและสังเกต (P&O) ทำงานโดยการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันหรือกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระยะๆ อาจเป็นไปในทิศทางเพิ่มหรือลดก็ได้ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าก่อนหน้า หากว่าค่าแรงดันเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่ม ($dP/dV_{PV} > 0$) ระบบการควบคุมจะทำการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าไปในทิศทางเดิม แต่หากว่ากำลังไฟฟาลดลง ($dP/dV_{PV} < 0$) ระบบการควบคุมจะทำการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าไปในทิศทางตรงกันข้าม จากนั้นทำซ้ำขั้นตอนเดิมไปเรื่อยๆ

ข้อเสียของวิธีการ P&O คือต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตลอดเวลา เมื่อระบบเข้าสู่จุดจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว กำลังไฟฟ้าขาออกจะแกว่งอยู่ระหว่างจุด MPP ส่งผลให้เกิดการสูญเสียในระบบ อีกทั้งยังทำงานได้เฉพาะในกรณีที่ความเข้มแสงแดดคงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เท่านั้น

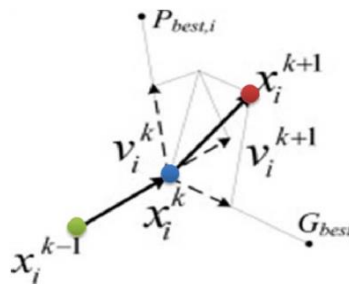
นอกจากนี้วิธีการ P&O จะไม่สามารถหาจุด MPP ได้ในกรณีที่ความเข้มแสงแดดเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังในภาพที่ 2



รูปที่ 2 เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดแบบ P&O อัลกอริทึม

เริ่มต้นจากจุด A ถ้าสภาพแวดล้อมที่ค่าแรงดันเดิม V เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน ΔV ไปที่จุด B อัลกอริทึมจะเปลี่ยนทิศทางเนื่องจากการลดลงของกำลังไฟฟ้า แต่หากความเข้มแสงแดดเปลี่ยนจาก P_1 เป็น P_2 ภายในหนึ่งรูปการทำงาน จุดทำงานจะเปลี่ยนแปลง

จาก A ไป C ทำให้ได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อัลกอริทึมจะยังคงเป็นไปในทิศทางเดิม ถ้าความเข้มแสงแดดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะส่งผลให้ค่าแรงดันใหม่ออกห่างจากจุด MPP วิธีการนี้จำเป็นต้องทำการวัดค่าแรงดัน (V_{PV}) และค่ากระแส (I_{PV}) ของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3 ตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค

1.2.2 PSO อัลกอริทึม

นกซึ่งเคลื่อนที่เปรียบได้กับอนุภาคหนึ่งตัว (d_i) และอนุภาคแต่ละตัวจะจดจำตำแหน่งในปัจจุบันของตนเองเอาไว้ (X_i) พร้อมกับทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค (v_i) เมื่ออนุภาคแต่ละตัวเคลื่อนที่ อนุภาคแต่ละตัวจะเก็บข้อมูลที่ดีที่สุดของตนเอง ($P_{best,i}$) และเปรียบเทียบเพื่อหาข้อมูลตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคทุกตัว (G_{best}) ทุกๆรอบการทำงานเวลา “ t ” ความเร็วของการเคลื่อนที่ที่จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลของตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคแต่ละตัวและตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคทั้งหมด

ความเร็วของอนุภาคแต่ละตัวที่เปลี่ยนไปจะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ 1

$$v_i^{k+1} = wv_i^k + c_1r_1(P_{best,i} - d_i) + c_2r_2(G_{best} - d_i) \quad (1)$$

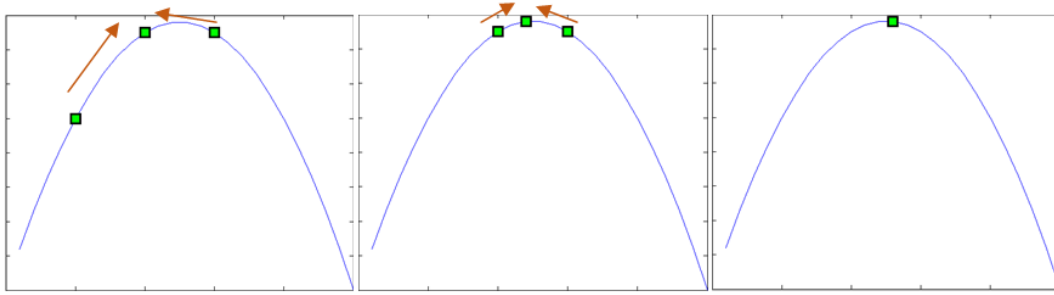
จากนั้นอนุภาคทุกตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งด้วยความเร็วที่มีอยู่ดังสมการที่ 2

$$d_i^{k+1} = d_i^k + v_i^{k+1} \quad (2)$$

c_1, c_2 คือ สัมประสิทธิ์ความเร่ง

r_1, r_2 คือ ค่าจากการสุ่ม อยู่ในช่วง 0-1

เมื่อสิ้นสุดการทำงาน อนุภาคทุกตัวจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ณ จุดที่ดีที่สุดของอนุภาคทุกตัว

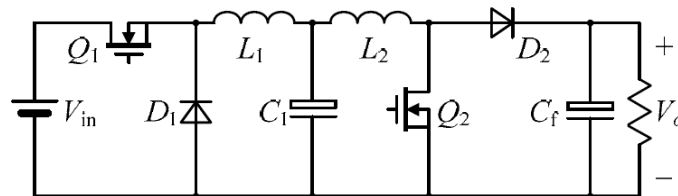


รูปที่ 4 การเคลื่อนที่ของอนุภาคใน PSO อัลกอริทึม

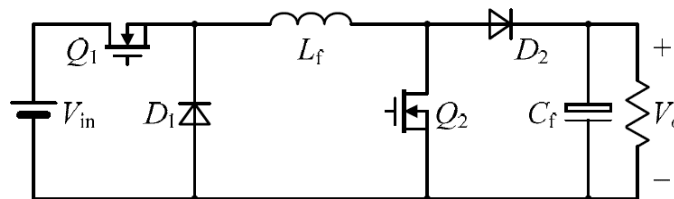
ภาพที่ 4 แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคแต่ละตัว จะเห็นว่าอนุภาคที่อยู่ทางซ้ายและขวาจะเคลื่อนที่เข้าสู่จุดสูงสุด และอนุภาคที่อยู่กึ่งกลางจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปเล็กน้อยเพื่อป้องกันการทำงานซ้ำซ้อนของอัลกอริทึม เมื่อจบการทำงานอนุภาคทุกตัวจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ณ จุดสูงสุด

1.3 Synchronous Buck-Boost Converter

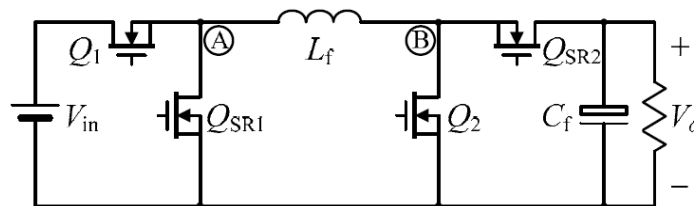
วงจร Synchronous Buck-Boost เกิดจากการรวมกันของวงจร Buck คอนเวอร์เตอร์และวงจร Boost คอนเวอร์เตอร์ สามารถควบคุมเพื่อเพิ่มหรือลดแรงดันขาออกได้ ตัวเก็บประจุ C_1 สามารถตัดออกได้และรวมตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ L_2 เป็น L_f ได้ จากนั้นใช้มอสเฟตแทนไดโอดเพื่อลดค่าความสูญเสียเนื่องจากไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 3 (ค) การควบคุมแรงดันขาออกให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้โดยการควบคุมค่าตัวใช้เคลของ Q_1 และ Q_2



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3 การรวมวงจร Buck และ Boost คอนเวอร์เตอร์

เงื่อนไขการทำงานของวงจรซิงโครนัสบัค-บูสท์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรซิงโครนัสบัค-บูสท์คอนเวอร์เตอร์ ในช่วงที่เป็นสภาวะอยู่ตัว (stead state) จะมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของวงจรซิงโครนัสบัค-บูสท์คอนเวอร์เตอร์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากัน

$$i_L(t+T) = i_L(t) \quad (3)$$

หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากัน ณ ตำแหน่งเดียวกันในทุกคาบเวลา

2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$V_L = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} V_L(\lambda) d\lambda = 0 \quad (4)$$

หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลา (volt-second) ในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

3. กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์

$$I_C = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} i_C(t) dt = 0 \quad (5)$$

หมายถึงประจุที่ถูกเก็บ (charged) และที่คาย (discharged) ของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลาจะต้องเท่ากัน

4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก

$$P_s = P_o \quad (6)$$

กรณีนี้กำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้ไม่มีการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจรประสิทธิภาพของวงจรจึงเท่ากับ 100%

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

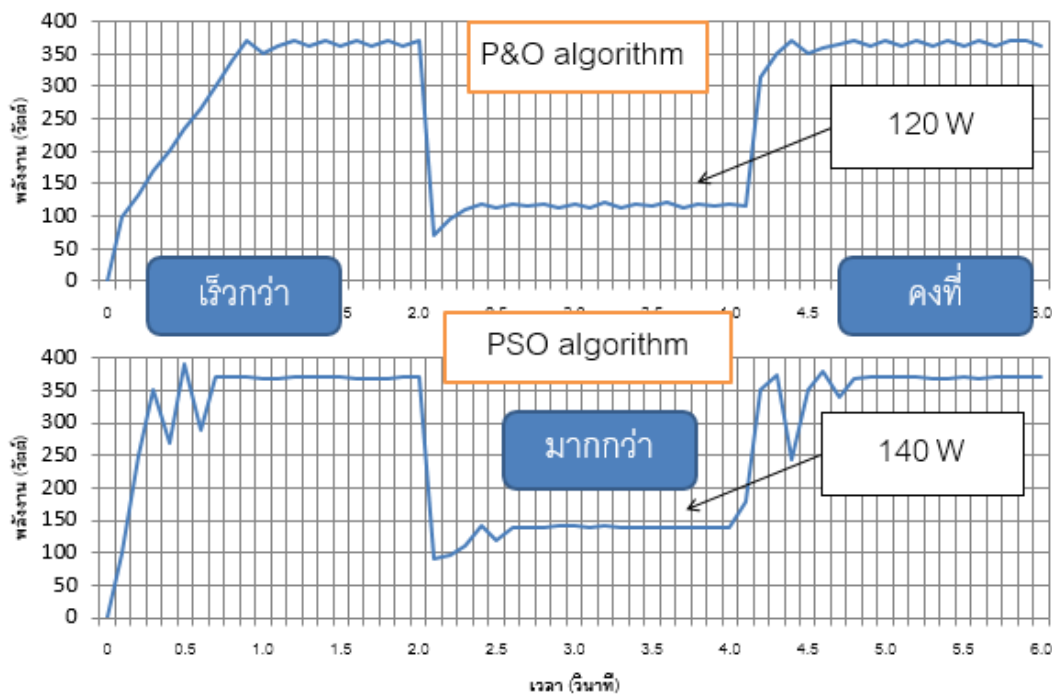
ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่าง P&O และ PSO แสดงดังภาพที่ 4 โดยการทดลองต่อเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด 3 แผง แผงละ 150 W ต่อแบบอนุกรมกัน ได้กำลังไฟฟ้ารวม 450 W หลังจากนั้นต่อผ่านวงจร Synchronous buck-boost converter และต่อเข้าสู่โหลดตัวต้านทาน ดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ทำการทดลองเปรียบเทียบการทำงานระหว่างอัลกอริทึม PSO แบบใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้น กับอัลกอริทึม P&O ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าถ้าความเข้มแสงแดดมีการเปลี่ยนแปลงมาก อัลกอริทึม P&O จะใช้เวลาในการหาจุดสูงสุดนานกว่า และเมื่อเกิดเงาบางส่วนในเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อแบบอาร์เรย์ อัลกอริทึม P&O จะไม่สามารถหาจุดสูงสุดที่แท้จริงได้ (local maximum problem) ดังแสดงในภาพที่ 7 อัลกอริทึม P&O หาค่าสูงสุดได้ที่จุด 120 วัตต์ ซึ่งจุดสูงสุดที่แท้จริงคือ 140 วัตต์ สูญเสียพลังงานไป 20 วัตต์ ในสภาวะคงตัว (ความเข้ม

แสงแดดและอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง) อัลกอริทึม P&O จะทำให้เกิดการแกว่งของพลังงานเนื่องจากการทำงานของตัวอัลกอริทึมเอง ทำให้สูญเสียพลังงานไป 8 วัตต์ ส่วนวิธีการที่ได้นำเสนอไปนั้นสามารถหาจุดสูงสุดที่แท้จริงได้คือที่จุด 140 วัตต์ดังแสดงในภาพที่ 5 ทำให้สามารถแก้ปัญหา Local maximum problem และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพว่าความเข้มแสงแดดจะมีการเปลี่ยนแปลง และในสภาวะคงตัวอัลกอริทึม PSO แบบค่าเฉลี่ยจะไม่เกิดการสูญเสียของพลังงานเลย



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคนิคการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่าง P&O อัลกอริทึม และ PSO อัลกอริทึม โดยการเลือกใช้ วงจรวีโคโรนัสบัค-บูส คอนเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการทดลองต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมทั้งหมด 3 แผง รวมพิกัดกำลัง 150 W ผ่านชุดติดตามกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลการทดลอง สรุปได้ว่า ในสภาวะปกติ PSO อัลกอริทึม จะให้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่าเล็กน้อย ประมาณ 8 W อัตราการแกว่งของค่าพลังงานจะน้อยกว่า P&O อัลกอริทึม เมื่อเกิดสภาวะเงาบังบางส่วน PSO อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อยู่ที่ 140 W ซึ่งในขณะที่ P&O อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อยู่ที่ 120 W จะเห็นได้ว่า PSO อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า P&O อัลกอริทึม ถึง 20 W หรือ มีประสิทธิภาพการติดตามกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากกว่า P&O อัลกอริทึม ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารติดตามกำลังไฟฟ้าได้เร็วกว่า P&O อัลกอริทึมอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่สำหรับการสร้างชิ้นงาน และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

1. Phimmason, V., Kondo, Y., Shiota, N., Miyatake, M., 2013, "The Demonstration Experiments to Verify the Effectiveness of the Improved PSO-based MPPT Controlling Multiple Photovoltaic Arrays," IEEE, pp.86-92.
2. Poshtkouhi, S., Biswas, A., Trescases, O., 2012, "DC-DC Converter for High Granularity, Sub-String MPPT in Photovoltaic Applications Using a Virtual-Parallel Connection," IEEE, pp.86-92.
3. Barchowsky, A., Parvin, J.P., Reed, G.F., 2011, "A Comparative Study of MPPT Methods for Distributed Photovoltaic Generation," IEEE, pp.1-7.

4. Ishaque, K., Salam, Z., Amjad, M. and Mekhilef, S., 2012, "An Improved Particle Swarm Optimization (PSO)-Based MPPT for PV with Reduced Steady-State Oscillation," IEEE Trans. Power Electronics, vol.27, no.8, pp. 3627-3638.

5. Abdulazeez, M., Iskender, I., 2011, "SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY OF SHADING EFFECT ON SERIES AND PARALLEL CONNECTED PHOTOVOLTAIC PV MODULES," ELECO, pp.1-28 – 1-32.

6. Ren, X., Ruan, X., Qian, H., Li, M. and Chen, O., 2008, "Dual-edge modulated four-switch Buck-Boost converter," IEEE, pp. 3635-3641.

7. Eberhart, R. and Kennedy, J., 1995, "A new optimizer using particle swarm theory," in Proc. 6th Int. Symp. Micro Mach. Human Sci., pp. 39–43.

(หน้านี้เว้นว่างไว้)