

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชัน

กวีพจน์ วรเนตรสุทธิกุล^{1*}, อิศรี ศรีคุณ¹, ศักดิ์ศรี แก่นสม¹, พรหมพักตร์ ดาวัลต์²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

Email: kaweeepott@gmail.com

Received: Nov 9, 2019

Revised: Dec 16, 2019

Accepted: Dec 20, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชัน อัลกอริทึมนี้จะทำหน้าที่ในการหาจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ (MPPT) ผลิตได้ เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าขาออกที่สูงสุดให้กับเครื่องบำบัดน้ำเสียพลังงานแสงอาทิตย์ แม้ในกรณีที่มีเงาบังบางส่วน หรือในกรณีที่ความเข้มแสงต่ำ จึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกันแบบอาร์เรย์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชันแบบค่าเฉลี่ยมาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งอัลกอริทึมนี้มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีการคำนวณที่แม่นยำ ระบบการทำงานจะประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกันแบบอาร์เรย์ ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อทำการหาจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้า และมีการจำลองการทำงานของระบบโดยใช้โปรแกรมใช้โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) และเพาเวอร์ซิม (POWERSIM) ในการจำลองการทำงานของอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชันแบบค่าเฉลี่ย มีการกำหนดให้เกิดเงาบังบางส่วน และได้ทำการทดลองจริงซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่าสอดคล้องกับผลการจำลอง

คำสำคัญ : เซลล์แสงอาทิตย์, การติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด, ประสิทธิภาพ, พาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชัน

Maximizing Solar Cell Power Output using in Solar Powered Water Treatment System by Particle Swarm Optimization Algorithm

Kaweept Woranetsuttikul^{1*}, Isaree Srikun¹, Saksai Kaensom¹, Promphak Dawan²

¹ Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

² Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Bangkokthonburi University

Email : kaweept@gmail.com

Received: Nov 9, 2019

Revised: Dec 16, 2019

Accepted: Dec 20, 2019

Abstract

This research presents the optimization of solar powered water treatment system by Particle Swarm Optimization algorithm. This algorithm is used to find the maximum power point tracking (MPPT) of the solar cell to send the maximum power output to the of solar powered water treatment system. Even in the case of shadows obscure portions or in the case of low light intensity. Therefore, the efficiency of the solar powered water treatment system is more efficient. This research has applied the average particle swam optimization algorithm. This algorithm has a structure that is easy to use, uncomplicated and accuracy in calculations. The system consists of solar cells connected in an array which power supply through the inverter circuit. To find the peak of power output. The System simulation is performed using MATLAB and POWERSIM in the simulation of average Particle Swarm Optimization algorithm and Setting to cover some shadows. Conducted a real experiment, which the results of the experiment found to be consistent with the simulation results.

Keywords : Solar cell, Maximum Power Point Tracking, Efficiency, Particle Swarm Optimization

บทนำ

ในปัจจุบัน น้ำถือว่ามีความสำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญทั้งใช้ในการอุปโภคและบริโภคของมนุษย์ เมื่อมีการใช้น้ำในรูปแบบต่าง ๆ จึงส่งผลให้น้ำเสียเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งน้ำเสีย คือ น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ อีกส่วนหนึ่ง คือ น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) คือ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคารจะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร (สุวัฒนา จิตตลตกร, 2556)

จากที่มาดังกล่าว ทั้งภาครัฐและเอกชนหลายแห่งได้มีการคิดค้นระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นอย่างมาก โดยส่วนมากที่อยู่ในรูปแบบกังหันตึน้ำเพื่อให้ น้ำเกิดการเคลื่อนที่และเป็นการเติมออกซิเจนในน้ำอีกด้วย แต่ปัญหาโดยส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น คือ ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีค่าใช้จ่ายที่สูง ไม่สามารถที่จะบำบัดน้ำเสียได้ตลอดเวลา หลังจากนั้นจึงได้มีการพัฒนาต่อยอดโดยการเลือกใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เข้ามาเพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังสามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ด้วยรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลดน้อยลงหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ และสามารถที่จะบำบัดน้ำเสียได้ตลอดช่วงระยะเวลาที่มีแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ตกกระทบ (นพ มหิษานนท์, 2560)

ระบบบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการคิดค้นขึ้นอย่างแพร่หลาย แต่ประสิทธิภาพของระบบยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำ เนื่องจากปัญหาหลักคือการเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นแหล่งต้นกำลัง ซึ่งมอเตอร์กระแสตรงมีประสิทธิภาพที่ต่ำ 40-60 % และการดึงกำลังไฟฟ้ามาใช้งานจากเซลล์แสงอาทิตย์จำเป็นที่จะต้องมีการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น (กฤตภาส ผินสันเทียะ, 2558), (ณัฐวรรษ จำปาศรี, 2557)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียโดยการเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น ประสิทธิภาพสูงถึง 80-95 % อายุการใช้งานยาวนาน การสูญเสียในมอเตอร์มีค่าน้อยกว่ามอเตอร์กระแสตรง ใช้พลังงานน้อยกว่าแต่ได้กำลังที่มากกว่า ดังนั้นการเปลี่ยนจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีก 10-20 % จากการคาดหวังของคณะผู้วิจัย และมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุด หรือ MPPT โดยการเลือกใช้ อัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติมิเซชัน เข้ามาในการติดตามกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ได้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากอัลกอริทึมนี้ถูกพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและมีความอัจฉริยะในการหาจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีก 10-20 % (ภูมิ คงห้วยรอบ, 2556) (วีระชัย ชื่นเงิน และ วุฒิพล ธาราธิระเศรษฐ์, 2557) การบำบัดน้ำเสียด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีประสิทธิภาพที่สูงคุ้มค่าต่อการลงทุนและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ามาก

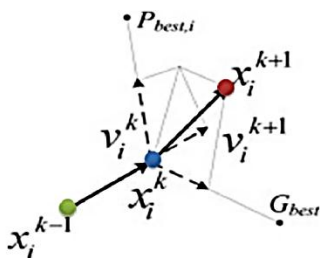
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในการบำบัดน้ำเสียตามแหล่งชุมชน
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้อัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชันในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์
3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากการใช้อัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมมอปติไมเซชันสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

แนวคิดทฤษฎีและวรรณกรรม

1. PSO อัลกอริทึม

PSO อัลกอริทึม กล่าวคือ นกซึ่งเคลื่อนที่เปรียบได้กับอนุภาคหนึ่งตัว (d_i) และอนุภาคแต่ละตัวจะจดจำตำแหน่งในปัจจุบันของตนเองเอาไว้ (X_i) พร้อมกับทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาค (v_i) เมื่ออนุภาคแต่ละตัวเคลื่อนที่ อนุภาคแต่ละตัวจะเก็บข้อมูลที่ดีที่สุดของตนเอง ($Pbest_i$) และเปรียบเทียบเพื่อหาข้อมูลตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคทุกตัว ($Gbest$) ทุก ๆ รอบการทำงานเวลา “t” ความเร็วของการเคลื่อนที่จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลของตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคแต่ละตัวและตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาคทั้งหมด (ณัฐวรราช จำปาศรี, 2557, น. 101-104)



รูปที่ 1 ตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค

ความเร็วของอนุภาคแต่ละตัวที่เปลี่ยนไปจะสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ 1

$$v_i^{k+1} = wv_i^k + c_1r_1(Pbest_i - d_i) + c_2r_2(Gbest - d_i) \quad (1)$$

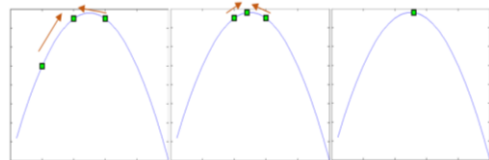
จากนั้นอนุภาคทุกตัวจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งด้วยความเร็วที่มีอยู่ดังสมการที่ 2

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

c_1, c_2 คือ สัมประสิทธิ์ความเร่ง

r_1, r_2 คือ ค่าจากการสุ่ม อยู่ในช่วง 0-1

เมื่อสิ้นสุดการทำงาน อนุภาคทุกตัวจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ณ จุดที่ดีที่สุดของอนุภาคทุกตัว



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคใน PSO อัลกอริทึม

จากรูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคแต่ละตัว จะเห็นว่าอนุภาคที่อยู่ทางซ้ายและขวาจะเคลื่อนที่เข้าสู่จุดสูงสุด และอนุภาคที่อยู่กึ่งกลางจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปเล็กน้อยเพื่อป้องกันการทำงานซ้ำซ้อนของอัลกอริทึม เมื่อจบการทำงาน อนุภาคทุกตัวจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ณ จุดสูงสุด (ณัฐวรราช จำปาศรี, 2557, น. 363-366)

2. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การออกแบบสร้างอินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์ BLDC จะประกอบไปด้วยวงจรต่าง ๆ เช่น วงจรไฟเลี้ยง วงจรควบคุมการทำงาน วงจรตรวจจับสัญญาณ วงจรเก็บผลและแสดงผล เป็นต้น ทุก ๆ วงจรมีความสำคัญแตกต่างกันตามหน้าที่การทำงาน เมื่อนำวงจรแต่ละวงจรมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดเป็นระบบการทำงานขึ้น การทำงานของแต่ละวงจรมีความสำคัญมากในการติดตามกำลังไฟฟ้า

สูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ (วีรเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิระเศรษฐ์, 2557)

อินเวอร์เตอร์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นนั้นเป็นอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ที่ใช้สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์จะส่งกำลังไปที่ใบพัดเพื่อใช้ในการตักน้ำให้เกิดการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ BLDC

3. มอเตอร์ (Motor)

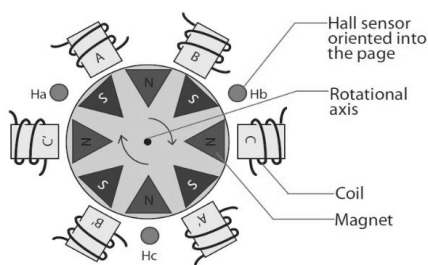
การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งานตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์อุตสาหกรรม เป็นต้น

นอกจากนั้นแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ถึงสองแบบ ได้แก่ การสร้างพลังงานกล และการผลิตพลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายเช่น พัดลมอุตสาหกรรม เครื่องเป่า ปั่น เครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน และดิสก์ไดรฟ์ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) เช่น จากแบตเตอรี่, ยานยนต์หรือวงจรเรียงกระแส หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) เช่น จากไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์ หรือ เครื่องปั่นไฟ มอเตอร์ขนาดเล็กอาจพบในนาฬิกาไฟฟ้า (ศิวัะ หงส์นา, 2547)

มอเตอร์ทั่วไปที่มีขนาดและคุณลักษณะมาตรฐานสูงจะให้พลังงานกลที่สะดวกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดใช้สำหรับการใช้งานลากจูงเรือ และการบีบอัดท่อส่งน้ำมันและปั๊มสูบน้ำซึ่งมีกำลังถึง 100 เมกะวัตต์ มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจำแนกตามประเภทของแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าหรือตามโครงสร้างภายในหรือตามการใช้งานหรือตามการเคลื่อนไหวของเอาต์พุต และอื่น ๆ (วีรเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิระเศรษฐ์, 2557)

ส่วนมอเตอร์ที่เรานำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นมอเตอร์ชนิด BLDC เป็นมอเตอร์ที่ใช้ตัวสับเปลี่ยนแบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกว่า Brushless DC electric motor (BLDC) บางส่วนของปัญหาของมอเตอร์ DC ที่ใช้แรงจะถูกตัดทิ้งไปในมอเตอร์แบบ BLDC ซึ่งแทนที่ "สวิตช์หมุน" หรือตัวสับเปลี่ยนแบบกลไก ไปเป็นแบบสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอกที่จะ synchronise กับตำแหน่งของโรเตอร์ มอเตอร์แบบ BLDC มักจะมีประสิทธิภาพประมาณ 85-90% และสูงได้ถึง 96.5% ในขณะที่ มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ brushgear มักจะมีประสิทธิภาพเพียง 75-80% เท่านั้น (กวีพจน์ วรรณเศรษฐิกุล, อิศรี ศรีคุณ และพรหมพักตร์ ดาวัลต์, 2562, น. 53-61)

BLDC มอเตอร์มักใช้ในอุปกรณ์ขนาดเล็กเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์และโดยทั่วไปจะใช้พัดลมในการกำจัดความร้อนที่ไม่พึงประสงค์ มันเสียงเงียบมาก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบถ้าถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์ที่จะมีผลกระทบถ้ามีการสั่นสะเทือน BLDC มอเตอร์ที่ทันสมัยจะมีขนาดกำลังตั้งแต่เศษเสี้ยวของวัตต์จนถึงหลายกิโลวัตต์ มอเตอร์ BLDC ขนาดใหญ่ที่มีกำลังสูงถึงประมาณ 100 กิโลวัตต์ ถูกใช้ในรถไฟ BLDC นั้นยังมีประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญกับเครื่องบินไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง แสดงส่วนประกอบภายในของมอเตอร์ BLDC 3-phase (เทวินทร์ นิลสาคร และ พรหมพักตร์ ดาวัลต์, 2559, น.79-91) ดังรูปที่ 4 (เทวินทร์ นิลสาคร, 2557)

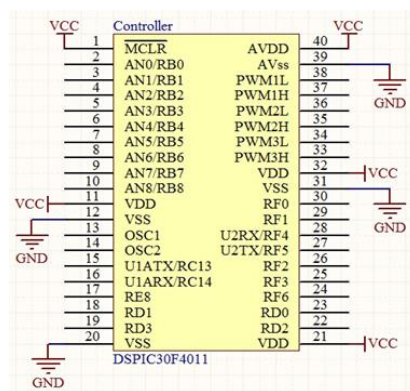


รูปที่ 4 ส่วนประกอบภายในของมอเตอร์
BLDC 3-phase

4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
dsPIC30F2010/4011 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล dsPIC30F ซึ่งเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 28 Pin เบอร์ dsPIC30F2010 หรือรุ่น 40 Pin เบอร์ dsPIC30F4011 ของ Microchips เป็น MCU ประจำบอร์ด โดย dsPIC30F2010/4011 เป็น MCU ซึ่งใช้การประมวลผลข้อมูลแบบ 16 บิต จากค่าย Microchips ซึ่งมีจุดเด่นในด้านของความสามารถในการประมวลผลข้อมูลสัญญาณแบบดิจิทัลเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมต่าง ๆ โดยโครงสร้างภายในจะเป็นการผสมผสานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) และวงจร DSP (Digital Signal Processing) รวมเข้าไว้ด้วยกัน หรืออาจเรียก MCU ตระกูล dsPIC30F ว่าเป็น DSC หรือ Digital Signal Controller ก็ได้

ในงานวิจัยนี้ได้มีการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 ผลิตโดยบริษัท Microchip Inc. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 16 บิต ที่รวมความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เข้ากับการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing, DSP) ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ยังสามารถนำมาใช้งานทางด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลได้เป็นอย่างดี การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน สามารถเขียนด้วยภาษา C (MPLAB

IDE&MPLAB C30) ที่ครอบคลุมคุณสมบัติทั้งหมดของ dsPIC30F4011 รวมถึงการใช้งานโมดูล DSP ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 มีโมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่มีความละเอียด 10 บิต จำนวน 6 ช่องสัญญาณใช้การแปลงแบบประมาณค่า (Successive Approximation) แสดงโครงสร้างของบอร์ดดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Kashif Ishaque และ Zainal Salam (2012) ได้นำเสนอการหาค่าเหมาะที่สุดของการจับกลุ่มอนุภาค (PSO) แบบกำหนดจุดสูงสุดสำหรับระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ภายใต้สภาพการบังแสงบางส่วนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการติดตามจุดสูงสุด (MPPT) สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนไขการแรเงาบางส่วน แนวคิดหลักคือการลบหมายเลขในปัจจัยเร่งของสมการความเร็ว PSO ผลการทดลองพบว่าแม้พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีความผันผวนของพลังงานอาเรียในช่วงกว้าง แต่ประสิทธิภาพเฉลี่ยสำหรับการทดสอบ 10 ชั่วโมงนั้นสูงถึง 99.5%

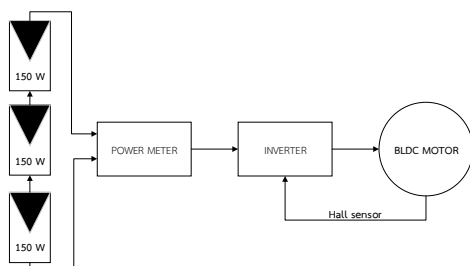
Yi-Hwa Liu , Shyh-Ching Huang, Jia-Wei Huang และ Wen-Cheng Liang (2012) ได้นำเสนออัลกอริธึม MPPT แบบจับกลุ่มอนุภาค (PSO) สำหรับการปฏิบัติการ PGS ภายใต้ PSC รุ่นมาตรฐาน

ของ PSO วิธีการที่นำเสนอมีข้อดีเช่นใช้งานง่าย ไม่ขึ้นกับระบบและมีประสิทธิภาพในการติดตามสูง

ระเบียบวิธีวิจัย

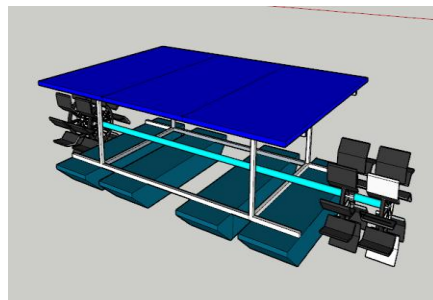
1. การออกแบบและสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นการออกแบบ ระบบต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด ตั้งแต่แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ มอเตอร์ ชุดควบคุมมอเตอร์ ใบพัด ทุ่นลอย และ ขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัด น้ำเสียทั้งหมด โดยแบ่งรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งจะ ประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด ผลึกเดี่ยว ขนาด 150 W ทั้งหมด 3 แผง โดยมีพิกัดกำลัง สูงสุด 450 W แรงดันไฟฟ้าสูงสุดโดยรวมไม่เกิน 60 V และ กระแสสูงสุดไม่เกิน 8 A ดังแสดงใน รูปที่ 6



รูปที่ 6 ระบบภาพรวมของชุดบำบัดน้ำเสียพลังงาน เซลล์แสงอาทิตย์

และทำการออกแบบโครงสร้างของชุดบำบัด น้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม Sketch up 2016 แสดงดังรูปที่ 7 (ก) และรูปที่ 2 (ข) แสดงชุดบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์ แสงอาทิตย์ที่ได้ทำการสร้างขึ้น ตามลำดับ



รูปที่ 7 (ก) ออกแบบโครงสร้างชุดบำบัดน้ำเสีย พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม Sketch up 2016



(ข) ชุดบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

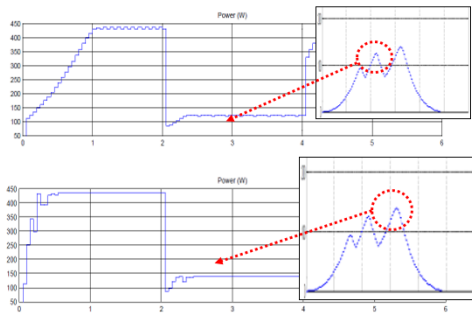
2. ทำการหาค่าเหมาะที่สุดของการจับกลุ่มอนุภาค (PSO) แบบกำหนดจุดสูงสุดสำหรับระบบไฟฟ้า โซลาร์เซลล์ภายใต้สภาพการบังแสงบางส่วนเพื่อ เพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการติดตาม จุดสูงสุด (MPPT)

3. ทำการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย พลังงานแสงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบผลการทดลอง อัลกอริทึม HC กับ อัลกอริทึม PSO

ผลการวิจัย

การจำลองการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของ เซลล์แสงอาทิตย์ โดยการสร้างสัญญาณ PWM ที่ 20 kHz ซึ่งผลการจำลองการหาจุดสูงสุดในเซลล์ แสงอาทิตย์ที่มีการเชื่อมต่อแบบอาร์เรย์โดยใช้ อัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมออบติไมเซชันและทำการ เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมทั่วไป ดังรูปที่ 7 ซึ่งจาก การจำลองอัลกอริทึมพาร์ติเคิลสวอมออบติไมเซชัน

สามารถหาจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

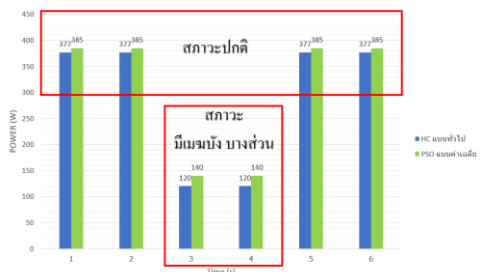


รูปที่ 8 ผลการจำลองการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

เปรียบเทียบการทำงานระหว่างอัลกอริทึม PSO แบบใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้นำเสนอไปแล้วข้างต้น กับอัลกอริทึม HC แบบทั่วไป ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าถ้าความเข้มแสงแดดมีการเปลี่ยนแปลงมาก อัลกอริทึม HC จะใช้เวลาในการหาจุดสูงสุดมากกว่าอัลกอริทึม PSO และในขณะที่มีเงาบางส่วนเกิดขึ้นในเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อแบบอาร์เรย์ อัลกอริทึม HC จะไม่สามารถหาจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงได้ (local maximum problem) อัลกอริทึม HC หาค่าสูงสุดได้ที่จุด 120 วัตต์ ซึ่งจุดสูงสุดแท้จริง คือ 140 วัตต์ สูญเสียพลังงานไป 20 วัตต์ ในสภาวะคงตัว (ความเข้มแสงแดดและอุณหภูมิไม่มีการเปลี่ยนแปลง) อัลกอริทึม HC จะทำให้เกิดการแกว่งของพลังงานเนื่องจากการทำงานของตัวอัลกอริทึมเอง ทำให้สูญเสียพลังงานไป 8 วัตต์ ส่วนวิธีการที่ได้นำเสนอไปนั้นสามารถหาจุดสูงสุดที่แท้จริงได้คือที่จุด 140 วัตต์ ทำให้สามารถแก้ปัญหา Local maximum problem และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพว่าความเข้มแสงแดดจะมีการเปลี่ยนแปลง และในสภาวะคงตัวอัลกอริทึม PSO แบบค่าเฉลี่ยจะไม่เกิดการสูญเสียของพลังงานเลย

จากรูปที่ 8 แสดงผลการจำลอง ที่เวลา 0 - 2 วินาที และความเข้มแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทั้ง 3 แผงมีค่า 1000 W/m^2 และ ที่เวลา 2 - 4 วินาที ใช้ฉากบังแสงแดดเพื่อให้เกิดเงาบางส่วนในเซลล์แสงอาทิตย์ ความเข้มแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีค่าประมาณ 200, 400, 1000 W/m^2 ตามลำดับ ที่เวลา 4-6 วินาที ความเข้มแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 3 แผง มีค่าประมาณ 1000 W/m^2



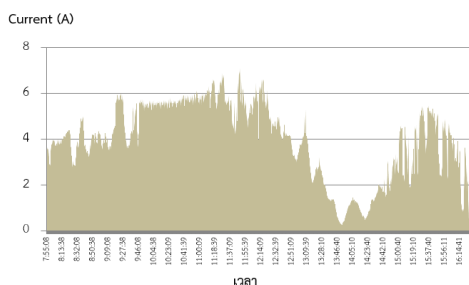
รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลการทดลองการติดตามกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยอัลกอริทึม HC และ PSO

ในรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมที่ได้นำเสนอสามารถหาจุดสูงสุดที่แท้จริงได้และลดการแกว่งของพลังงานในสภาวะคงตัว สามารถสรุปได้ว่า PSO อัลกอริทึมแบบค่าเฉลี่ยสามารถหาค่าสูงสุดของพลังงานในเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อแบบอาร์เรย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพสูงเพิ่มขึ้นถึง 17 เปอร์เซ็นต์

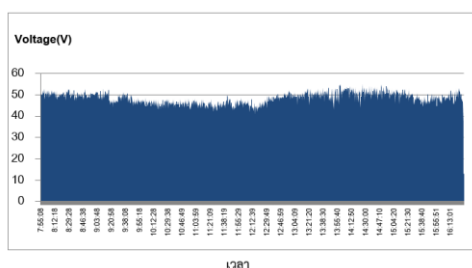
การทดลองระบบบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการต่อมอเตอร์ผ่านชุดบำบัดน้ำเสียตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยจะทำการเริ่มเก็บค่าพลังงานตั้งแต่ 8.00 น. จนถึง 16.00 น. ทำการเก็บค่าข้อมูลทุก ๆ 10 วินาที ส่งผ่านข้อมูลเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถทราบพฤติกรรมของจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดตลอดช่วงระยะเวลาที่มีแสงอาทิตย์ จุดที่เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงอาทิตย์ และจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้นำ

ข้อมูลมาทำการเขียนกราฟ ทั้งกระแสและแรงดันทางด้านขาเข้า รวมทั้งกำลังไฟฟ้าทางด้านขาเข้า ซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามทฤษฎี การเกิดเงาบังเนื่องจากเมฆที่เกิดขึ้นหรือการเกิดฝนตก ความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลา อุณหภูมิก็เช่นเดียวกัน การทดลองในแต่ละช่วงเวลาค่าที่ได้จะมีค่าที่ไม่เหมือนกัน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมตัวแปรเหล่านี้ได้นั่นเอง

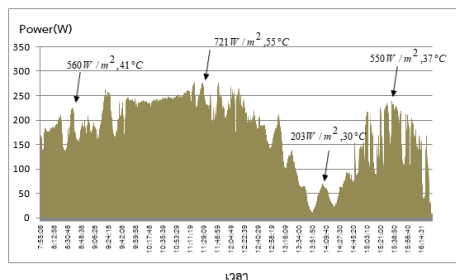
ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียจะแสดงในรูปที่ 10, 11 และ 12 ด้านล่างนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟกระแสไฟฟ้า กราฟแรงดันไฟฟ้า และกราฟกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ณ สภาวะต่าง ๆ ตลอดทั้งวัน



รูปที่ 10 กระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ณ เวลานั้น ๆ



รูปที่ 11 แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ณ เวลานั้น ๆ



รูปที่ 12 ผลการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคอัลกอริทึมพาดิเคิวนวมอฟติไมเซชันแบบค่าเฉลี่ย โดยการเลือกใช้ วงจรอินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ และทำการทดลองต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมทั้งหมด 3 แผง รวมพิกัดกำลัง 450 W ผ่านชุดติดตามกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผลการทดลอง สรุปได้ว่าในสภาวะปกติ PSO อัลกอริทึม จะให้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่าเล็กน้อย ประมาณ 8 W อัตราการแกว่งของค่าพลังงานจะน้อยกว่า HC อัลกอริทึม เมื่อเกิดสภาวะเงาบังบางส่วน PSO อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อยู่ที่ 140 W ซึ่งในขณะที่ HC อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อยู่ที่ 120 W จะเห็นได้ว่า PSO อัลกอริทึม จะติดตามกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า HC อัลกอริทึม ถึง 20 W หรือมีประสิทธิภาพการติดตามกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมากกว่า HC อัลกอริทึม ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถติดตามกำลังไฟฟ้าได้เร็วกว่า HC อัลกอริทึมอีกด้วย ซึ่งจากการติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้วงจรที่ถูกพัฒนาขึ้นทำให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงอยู่ในช่วง 90-95 % Efficiency และยังสามารถติดตามกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ตลอดช่วงระยะเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้

ที่ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ค่าต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นมีเงาของเมฆหรือไม่ก็ตาม ยังคงสามารถทำงานได้ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่สำหรับการสร้างชิ้นงาน และขอขอบคุณสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

References

- Kashif, I., & Zainal, S. (2012). Deterministic Particle Swarm Optimization Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic System Under Partial Shading Condition. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol 60 , Issue: 8.
- Kaweepoj Woranetsuttikul, Isaree Srikun, Promphak Dawan. (2019) .Design and Construction a brushless DC Motor control For small electric vehicles. *The journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University*, Vol 7 (No 1), Page 53-61.
- Krittapas Phinsuntea. (2015). *Design Technique of brushless DC motor control with Sensorless Back EMF Zero Crossing Detection*. (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Faculty of Engineering, Majoring in Electrical Engineering.
- Nattawat Jumpasri. (2014). *Improved particle swarm optimization algorithm using average model on PV array maximum power point tracking*. (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Faculty of Engineering, Majoring in Electrical Engineering.
- Nattawat Jumpasri. (2014). Improved Particle Swarm Optimization Algorithm using Average Model on MPPT for Partial Shading in PV Array” *IEEECON 2014*. Page 101-104
- Nattawat Jumpasri. (2014). “Comparison of Distributed and Centralized control for Partial Shading in PV Parallel Based on Particle Swarm Optimization Algorithm” *IEEECON 2014*. Page 363-366.
- Nop Mahisanon. (2017). *Solar system And self-produced energy*. (1) Bangkok: Core Function.
- Poom Konghuayrob. (2013). *A study on multiple step size incremental conductance technique and fuzzy logic control for MPPT in flyback PV inverter*. (Master's thesis). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Faculty of Engineering, Majoring in Electrical Engineering.
- Siwa Hongnapha. (2004). *Control and AC Drive Application*. Bangkok: Good View Collection Co.,L

- Suwattana Jitladakorn. (2013). *Decision Support System for Water Resources Engineering Management*. (1). Bangkok: Kasetsart University.
- Taywin nilsakron. Promphak Dawan . (2016). A Study of the Effect of BLDC Motor Operation and ASD Adjusted by Various Position of Hall Effect Sensors. *Wichcha journal Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, Vol. 35 (No.), Page 79 – 91.
- Tawin Nilsakhon. (2014). *Efficiency improvement on brushless DC motor drive systems*. Thesis Master of Engineering in Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- Weerachet khunngern and Wuttipol Tarateraset. (2014). *Power Electronics* (3). Bangkok: v-j-printing-limited-partnership.
- Yi-Hwa Liu ; Shyh-Ching Huang, Jia-Wei Huang & Wen-Cheng Liang. (2012). A Particle Swarm Optimization-Based Maximum Power Point Tracking Algorithm for PV Systems Operating Under Partially Shaded Conditions. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol 27, Issue: 4.