รายงานการวิจัย

เรื่อง

เทคนิคการติดตามจุดที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

Maximum Power Point Tracking (MPPT) Technique for Photovoltaic Water Pumping System (PVWPS)

โดย

รติ วงษ์สถาน
อิศราวุธ สีดาดาน

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย
มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ประจำปีการศึกษา 2560

สิงหาคม 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่เกิดขึ้นทั่วโลก พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) จึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในระบบต่างๆ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่นำมาใช้ในระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic water pumping system, PVWPS) ซึ่งเป็นระบบที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือน เกษตรกรรม และการอุปโภคบริโภค โดยเฉพาะในพื้นที่ทุรกันดารและห่างไกลที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบสายส่ง อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากโฟโตโวลเทอิกเซลล์ให้ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับสภาวะของความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิเป็นข้อเสียของระบบนี้ งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบ PVWPS ที่ควบคุมผ่านคอนเวอร์เตอร์ด้วยตัวควบคุมที่ออกแบบโดยอาศัยหลักการติดตามจุดที่ให้กำลังงานสูงสุด (Maximum power point tracking, MPPT) ระบบ PVWPS ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะไม่มีแบตเตอรีสำรองและประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะเรย์ (PV array), คอนเวอร์เตอร์แบบลดทอนแรงดัน (Buck converter), มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet dc motor, PMDCM) ที่ต่อกับปั๊มน้ำแบบเหวี่ยง (Centrifugal pump) และตัวควบคุม MPPT ได้แก่ ตัวควบคุมแบบรบกวนและสังเกต (Perturb and observe), MPPT-P&O, และ ตัวควบคุมแบบฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic controller, FLC) ที่ใช้ฟังก์ชันสมาชิกภาพแบบสามเหลี่ยมและแบบเกาส์เซียน (Triangular and Gaussian membership function, TMF and GMF) หรือ MPPT-FLC-TMF และ MPPT-FLC-GMF ที่ปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบและสร้างกฎฟัซซีด้วยเจเนติกอัลกอริธึม (Genetic algorithm, GA), MPPT-FLCs-GA, คุณลักษณะกำลัง-ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอะเรย์เซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จากกแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจะนำมาใช้คำนวณหาความชันของกราฟและการเปลี่ยนแปลงความชันเพื่อใช้เป็นอินพุตของ FLCs และการเปลี่ยนแปลงค่าดิวตี้ไซเคิลใช้เป็นเอาท์พุตในการปรับวงจรสวิทชิ่งของวงจรบัคคอนเวอเตอร์เพื่อเลื่อนจุดทำงานไปยังจุดที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ประสิทธิภาพของการควบคุมจะพิจารณาจากผลตอบสนองทางเวลาในสภาวะทรานเชียนต์, ความแม่นยำของ MPPT รวมถึงเสถียรภาพในสภาวะคงตัว และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy utilization efficiency) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิโดยใช้โปรแกรม Matlab/SIMULINK ผลการทดสอบพบว่าตัวควบคุม MPPT-FLC-GA ให้ประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่า MPPT-FLC-GMF, MPPT-FLC-TMF และ MPPT-P&O ตามลำดับ

ABSTRACT

Due to a global energy crisis, a renewable energy is strongly driven. The solar energy by means of photovoltaic (PV) electrical energy is the significant option. Solar water pumping system (PVWPS) provided for a resident, agriculture, consumption providing rural area as well as industry is one of the PV applications. However, the low performance and low energy efficiency caused by the environmental conditions including irradiation and temperature are the disadvantage of this system. This research presents the simulation and analysis of PVWPS based on dc-dc converter as maximum power point tracking (MPPT) module. Without the storage, the system consists of photovoltaic (PV) array, buck converter, permanent-magnet dc (PMDC) motor coupled to a centrifugal pump load and controller. The overall proposed model is used to determine the corresponding maximum power point (MPP). The integration of offline fuzzy logic controller (FLC) with genetic algorithm (GA), called MPPT-FLC-GA, is proposed. A Multi-Objective Hierarchical GA (MOHGA) is used to design the fuzzy rules and simultaneously to fine the tuned shape of triangular and Gaussian membership functions (TMF and GMF) and the system parameters. It focuses on the best approximation performance rather than the interpretability. In the simulation, the current-voltage (*I-V*) characteristic from the PV equivalent circuit model is formulated from the estimated model in order to calculate the referenced MPP at the various weather conditions. The measured *I-V* from the PV array is used as the input of the controller while the duty cycle ratio of the converter is used for the control output to convert any operating point of the MPP. The performance assessment includes response time at transient stage and stabilized MPPT accuracy at steady state are utilized to compare the efficiency of the controllers through the simulation results under Matlab/SIMULINK program. Tradeoff by such criteria, the MPPT-FLC-GA performs the best compared to the conventional MPPT-FLC-GMF, MPPT-FLC-TMF and perturb and observe (P&O) method, respectively.