

การออกแบบระบบควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบัสเพื่อติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือด้วยโปรแกรมแมตแล็บซิมูลิงค์

The Design of Control System for Maximum Power Point Tracking in a DC-DC Boost Converter in Solar Power Systems using Fuzzy Logic Theory in MATLAB SIMULINK

สุภภณ กมล และ วิมล แสนอ้อม

ห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

โทร. 0-2763-2600 ต่อ 2926 โทรสาร 0-2763-2700 ที่อยู่อีเมลล์ supaphon.kamon@gmail.com และ wimol@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใชระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ในวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบัส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าที่ได้รับให้มากยิ่งขึ้น ระบบควบคุมที่นำเสนอได้กำหนดกฎตรรกศาสตร์คลุมเครือรวมทั้งข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออก โดยข้อมูลขาเข้านั้นได้แก่ค่าความผิดพลาด (Error : E) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด (Change of Error : CE) ข้อมูลทั้งสองนี้จะได้มาจากค่าของแรงดันไฟฟ้าจากระบบเซลล์ไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เมื่อระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์ได้รับข้อมูลขาเข้าแล้วจะทำการวิเคราะห์จากกฎที่ใส่เข้าไปเพื่อแปลงข้อมูลขาออกในรูปของค่าอัตราส่วนระหว่างความกว้างพัลส์เพื่อไปควบคุมวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบัส เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในสภาวะที่ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงหรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน จากการจำลองทำงานด้วยโปรแกรมแมตแล็บและซิมูลิงค์ โดยใช้โมเดล Kyocera KD135GX-LP เมื่อพิจารณาการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็น 24V โดยมีเงื่อนไขคือ การแปรผันค่าความเข้มแสงอาทิตย์ระหว่าง 100 W/m² ถึง 1,000 W/m² ที่อุณหภูมิ 30 °C รวมทั้งการแปรผันค่าอุณหภูมิระหว่าง 15 °C ถึง 45 °C ที่ความเข้มแสง 500 W/m² พบว่าระบบสามารถติดตามกำลังสูงสุดได้อย่างดี

คำสำคัญ: ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ การติดตามกำลังสูงสุด และวงจรแปลงแรงดันกระแสตรงแบบบัส

Abstract

This paper presents the design of control system for maximum power point tracking in a DC-DC boost converter in solar power systems using fuzzy logic theory in MATLAB SIMULINK. The proposed technique utilizes the errors and the changes in errors of an

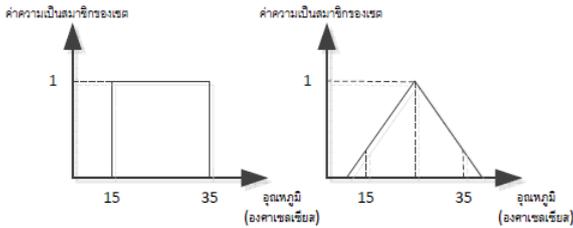
input voltage obtained from the photovoltaic system. Such errors will be proceeded through the fuzzy control system. The output from the fuzzy control system will be in the form of pulse-width modulation that sets the maximum point of receiving power through the adjustment of the duty cycle. Simulations have been performed in MATLAB Simulink using Kyocera KD135GX-LP model. The voltage conversion condition is 12V-to-24V. The maximum power point tracking investigations were performed through the variation irradiation between 100 W/m² to 1,000 W/m² at fixed 30 °C. The variation of temperature between 15°C to 45°C at fixed irradiation of 500 W/m² has also been investigated. The proposed approach has shown potentiality in maximum power point tracking.

Keywords: Solar Power System, Fuzzy Logic Control, Maximum Power Point Tracking, DC-DC Boost Converter.

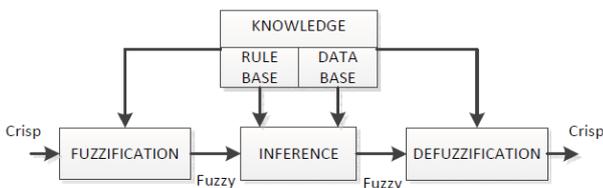
1. บทนำ

ปัจจุบันเรื่องพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ของโลก นับวันจะมีผลกระทบรุนแรงมากขึ้น หลายหน่วยงานจึงให้ความสำคัญในการร่วมหาหนทางแก้ไข ปัญหา โดยทำการศึกษา ค้นคว้า สืบค้น ทดลอง ติดตามเทคโนโลยีอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอดเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนำพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีใหม่ๆ ดังนั้น พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกหนทางเลือกที่นำมาใช้ ระบบเซลล์ไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่หรือใช้กับเครื่องไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งถ้าต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้ได้สูงสุดควรมีระบบควบคุมเพื่อติดตามกำลังสูงสุดหรือ Maximum power point tracking (MPPT) ซึ่งมีทั้งรูปแบบทางตรงและทางอ้อม[3] มาควบคุมวงจรแปลง

แรงดันกระแสตรงแบบบูล โดยในปัจจุบันมีการใช้ระบบควบคุมสำหรับ MPPT อยู่หลายแบบ เช่น ตัวควบคุมแบบพีไอดี[4] ชั้นตอน



รูปที่ 1 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตแบบฉบับและแบบคลุมเครือ



รูปที่ 2 โครงสร้างของการประมวลผลแบบทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) , โครงข่ายประสาทเทียม[7], ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบพีไอ[8], ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ [9-11] และทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือที่เพิ่มการควบคุมแบบพีไอ [10]

ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นศาสตร์ด้านการคำนวณที่ใช้อธิบายความคลุมเครือหรือไม่ชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น ห้องนี้ร้อนเล็กน้อย ควรปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศลงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าการสื่อสารดังกล่าวจะมีความคลุมเครือในความหมายเมื่อพิจารณาในเชิงปริมาณตัวเลข แต่ผู้เชี่ยวชาญในด้านเดียวกันหรือผู้ที่ทำงานด้วยก็สามารถเข้าใจและทำงานตามที่เนื้อหาของการสื่อสารได้ ทฤษฎีนี้ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลากหลายอันได้แก่ การควบคุมเฟสในวงจรแปลงแรงดันกระแสตรงแบบบูลและการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมสำหรับขับเคลื่อนเครื่องจักร [1-2] ควบคุมวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบักและบูล [5-6-11] ดังนั้นงานวิจัยนี้ นำเสนอการใช้ระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ในวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าที่ได้รับให้มากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

2.1 เซตของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ เซตของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ จะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยเซตของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ จะยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริง เซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น แต่จะมีเซตแบบ

ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือด้วย เซตของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือจะมีขอบเขตแบบคลุมเครือไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีที่ทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของอุณหภูมิในห้อง จะเห็นได้ว่าจะมีทั้งอุณหภูมิพอดี ร้อนเล็กน้อย ร้อนมากเกินไป หนาวเล็กน้อย หนาวมากเกินไป ถ้ากำหนดอุณหภูมิตั้งแต่ 15 องศา จนถึง 35 องศา โดยนิยามแบบคลุมเครือ เซตอาจกำหนดอุณหภูมิพอดีคือประมาณ 25 องศา ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน โดยดูรูปที่ 1

2.2 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังรูปที่ 2 ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable) ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database) ฐานกฎเป็นส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุมซึ่งได้จากคนออกแบบในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic rule) ฐานข้อมูลเป็นส่วนที่จัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุมและการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์คลุมเครือ เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาค่าตอบ ส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือให้เป็นค่าที่สรุปผลเพื่อเอาไปควบคุม

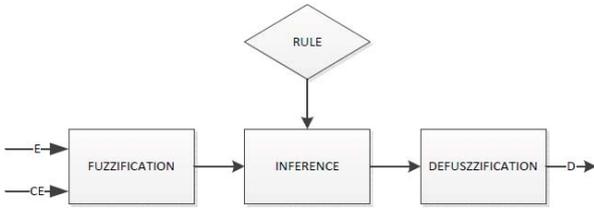
2.3 การอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือ

การอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถนิยามว่าเป็นการส่งค่า (mapping) จากค่าอินพุตของระบบไปยังเอาต์พุต โดยใช้หลักการของทฤษฎีเซต การอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือมีอยู่ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือแบบ Mamdani และแบบ Sugeno โดยงานวิจัยนี้จะใช้แบบ Mamdani ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากวิธีหนึ่ง วิธีการอนุมานนี้นำเสนอเป็นครั้งแรกในปี 1975 โดยศาสตราจารย์ Ebrahim Mamdani แห่ง London University การอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือแบบ Mamdani ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือการทำเป็นตัวแปรตรรกศาสตร์คลุมเครือ การประเมินกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือ การรวมกฎและการแปลงเอาต์พุต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การทำเป็นตัวแปรตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzification) คือการคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของเซตค่าตัวแปรเชิงภาษาของตัวแปรในระบบ ในขั้นตอนแรกของการอนุมานตรรกศาสตร์คลุมเครือจะต้องทำการหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของเซตดังกล่าวของตัวแปรซึ่งจะอยู่ในรูปของ

ค่าเชิงตัวเลข หลังจากนั้นแล้วค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตค่านั้นๆ จะสามารถหาได้จากฟังก์ชันสมาชิกแล้วทำการคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกเชิงตรรกศาสตร์คลุมเครือและส่งข้อมูลไปยังขั้นตอนต่อไป

2. การประเมินค่ากฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy rule evaluation) หลังจากคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตทั้งหมดได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินค่าของตัวแปรที่ได้ในกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือ การประเมินค่ากฎดังกล่าวจะเป็นส่วน IF จุดประสงค์



รูปที่ 3 โครงสร้างการทำงานด้วยระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ

เพื่อทำการประเมินว่าค่าเงื่อนไขจากอินพุตนั้นจะทำให้กฎใดต้องกระทำในส่วน THEN ต่อไป ซึ่งอาจจะมีกฎในเงื่อนไขดังกล่าวมากกว่าหนึ่งกฎพร้อมๆ กัน เนื่องมาจากระบบมีอินพุตมากกว่าหนึ่ง เงื่อนไขของแต่ละอินพุตจะถูกประเมินค่าด้วยตัวกระทำของเซตของตรรกศาสตร์คลุมเครือเช่น AND หรือ OR เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็นค่าตัวเลขที่สามารถนำไปประเมินค่าส่วน THEN ที่ซึ่งภายหลังจะถูกนำไปประเมินเพื่อหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตในขั้นตอนต่อไป

3. การรวมกฎ (Aggregation) หลังจากกฎต่างๆ ถูกประเมินค่าแล้ว กฎที่มีผลไม่เท่ากับศูนย์จะถูกรวมเข้าด้วยกันโดยการรวมผลลัพธ์ของฟังก์ชันสมาชิกที่ผ่านการประเมินค่าทั้งหมดเข้าด้วยกันเป็นเซตเดียวสำหรับแต่ละตัวแปรเอาต์พุต

4. การแปลงเอาต์พุต (Defuzzification) จากขั้นตอนแรกมาจนถึงขั้นตอนนี้ ค่าต่างๆ ในระบบเป็นค่าตรรกศาสตร์คลุมเครือไม่ว่าจะเป็นอินพุตกฎต่างๆ หรือเอาต์พุต แต่สำหรับทุกระบบ ค่าของเอาต์พุตจะต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้จริงเช่นค่าสัญญาณแรงดัน ค่าสัญญาณควบคุม ฯลฯ ซึ่งค่าเหล่านี้ไม่สามารถเป็นค่าของตรรกศาสตร์คลุมเครือได้ เพราะค่าของตรรกศาสตร์จะเป็นที่เข้าใจภายในระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือเท่านั้น ดังนั้นค่าสุดท้ายจากเอาต์พุตของระบบจะต้องเป็นค่าชัดเจน (crisp value) เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3. ระบบติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อติดตามกำลังสูงสุดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์โดยโครงสร้างในการทำงานของระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือจะเป็นลักษณะดังรูปที่ 3 มีข้อมูลอินพุตสองข้อมูล ข้อมูลเอาต์พุตหนึ่งข้อมูล โดยข้อมูลอินพุต

คือ ค่าความผิดพลาด (E) และอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด (CE) มีสมการดังนี้

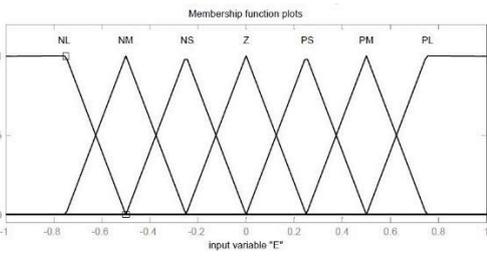
$$E(k) = V_{ph}(k) - V_{ph}(k-1) \quad (1)$$

$$CE(k) = E(k) - E(k-1) \quad (2)$$

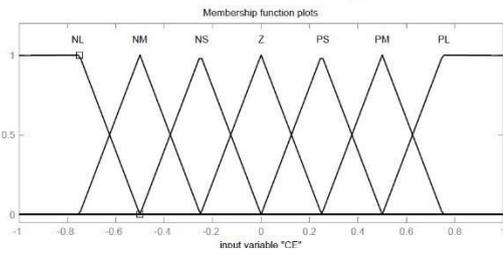
โดยที่ V_{ph} คือแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาจากเซลล์แสงอาทิตย์ (V) และ k คือ ตำแหน่งของเวลา ฐานกฎที่ใช้สำหรับการออกแบบตัวควบคุมดังกล่าว มีสามตัวแปรได้แก่อินพุตคือ E และ CE เอาท์พุตคือ D ตามตารางที่ 1 ทั้งสามตัวแปรดังกล่าว มีค่าความเป็นสมาชิกที่แสดงด้วยสามเหลี่ยมเจ็ดอันของแต่ละตัวแปรดังรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ฐานกฎของทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความผิดพลาด(CE)

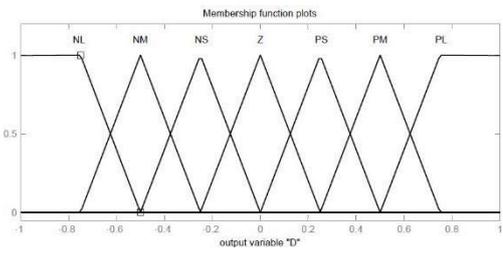
	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	Z
NM	NL	NL	NL	NM	NS	Z	PS
NS	NL	NL	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PL	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PL	PL	PL
PL	Z	PS	PM	PL	PL	PL	PL



(a) Error

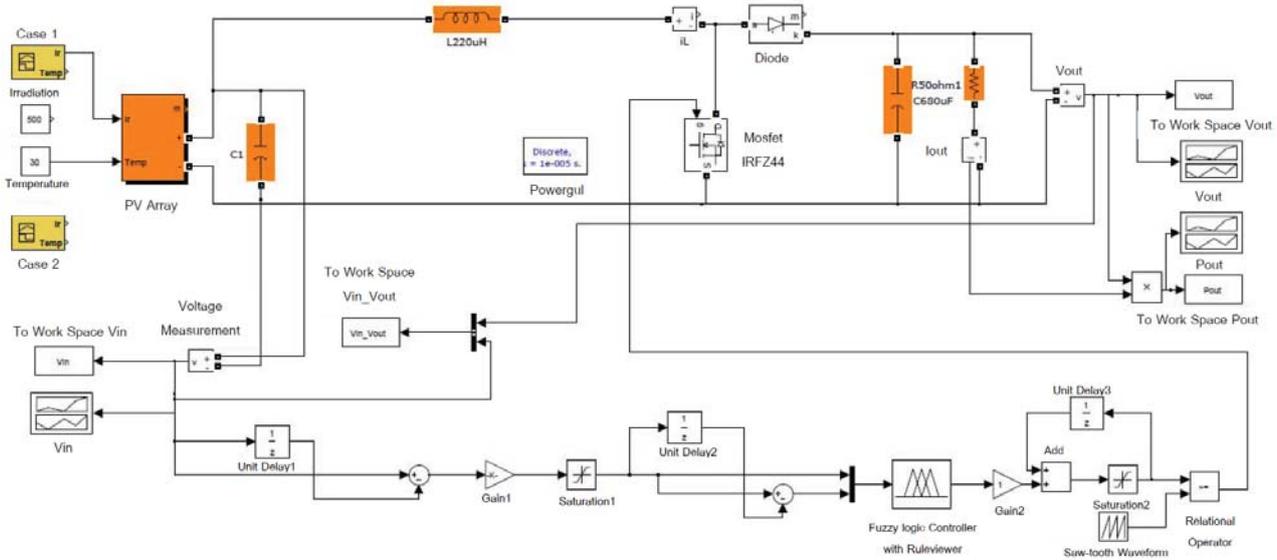


(b) Change of Error



(c) Duty ratio

รูปที่ 4 ค่าความเป็นสมาชิกของเซต



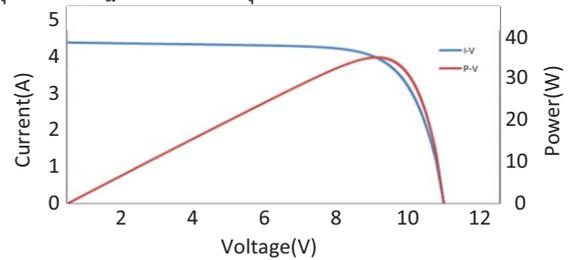
รูปที่ 5 โมเดลการจำลองการทำงานด้วยแมทแลปซิมูลิงค์

4.ผลการจำลองการทำงาน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแสดงด้วยโปรแกรมแมตแล็บและซิมูลิงค์ โดยกำหนดใช้ค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น Kyocera KD135GX-LP มีจำนวน 20 เซลล์โมดูลและมีตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีค่า 0.05885 Ω และ 79.355 Ω ตามลำดับ กระแสอิ่มตัวของไดโอด (I_{SAT}) และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (I_{ph}) คือ 5.4694e-7 A และ 4.6532 A ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิที่ได้จากวงจรเปิด (V_{OC}) มีค่า $-8.000 \times 10^{-2} \text{ V/}^{\circ}\text{C}$ โดยขณะที่กระแสไฟฟ้าต่ออุณหภูมิที่ได้จากการลัดวงจร (I_{SC}) มีค่า $5.022 \times 10^{-3} \text{ A/}^{\circ}\text{C}$. รูปที่ 5 แสดงโมเดลการจำลองการทำงานด้วยแมทแลปซิมูลิงค์ รูปที่ 6 แสดงลักษณะของกราฟ V-I และ V-P ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ รูปที่ 7 พฤติกรรมการอยู่ตัวของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตโดยเปลี่ยนค่าความเข้มแสงจาก 100 W/m² เป็น 1000 W/m² ที่อุณหภูมิ 30 °C ณ ตำแหน่งเวลา 0.02 s โดยเวลาค่าอยู่ตัว (setting time) ของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเท่ากับ 0.034 s ส่วนแรงดันไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับ 0.036 s ซึ่งคิดเป็น 0.3 % ของแรงดันเอาต์พุต 21 V รูปที่ 8 ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนจาก 15 °C เป็น 45 °C ที่ความเข้มแสง 500 W/m² ณ ตำแหน่งเวลา 0.02 s โดยเวลาค่าอยู่ตัวของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเท่ากับ 0.028s ส่วนแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับ 0.03 วินาที ซึ่งคิดเป็น 0.3 % ของแรงดันเอาต์พุต 22 V พฤติกรรมการอยู่ตัวจะค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆเนื่องจากการปรับสัญญาณของอัตราส่วนระหว่างความกว้างพัลส์

ในรูปที่ 9 ค่าของความเข้มแสงต่าง ๆ ภายใต้อุณหภูมิ 30 °C ผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต ความเข้มแสงจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจาก 100 W/m² เป็น 1000 W/m² หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงเป็น 100 W/m² เท่าเดิม โดยการจำลองจบลงที่เวลา 0.1 s จากรูปที่ 9-b ค่า

ของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนเพื่อสอดคล้องกับความเข้มแสงที่เปลี่ยนไป โดยช่วงเวลา 0.05s – 0.09s ของรูปที่ 9-a ความเข้มแสงที่ค่อยๆลดลงจาก 1000 W/m² เป็น 100 W/m² โดยที่รูปที่ 9-b แรงดันไฟฟ้าอินพุตจะมีค่าลดลงเพื่อสอดคล้องกับความเข้มแสงที่ลดลง แต่ว่าแรงดันเอาต์พุตที่ใช้ระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 0.8s



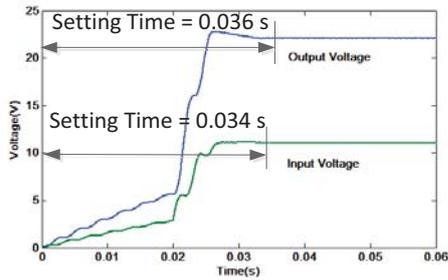
รูปที่ 6 กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแรงดันอินพุตในส่วนรูปที่ 9-c กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้จากแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตภายใต้ความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลง

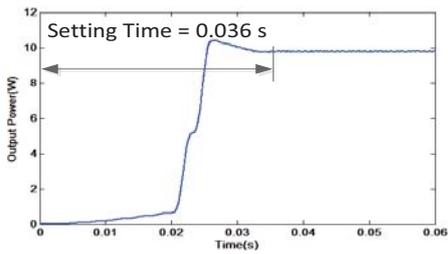
ในรูปที่ 10 ค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ภายใต้ความเข้มแสง 500 W/m² ผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต จากรูปที่ 10-a อุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจาก 15 °C เป็น 45 °C หลังจากนั้นจะค่อยๆลดลงเป็น 15 °C เท่าเดิม โดยการจำลองจบลงที่เวลา 0.1 s ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือเหมือนดังรูปที่ 8 เมื่อแรงดันไฟฟ้าค่อยๆตกลงตั้งแต่วันที่ 0.05 เป็นต้นไป ระบบควบคุมดังกล่าวจะควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบัสเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้สูงขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุตลดลงดังรูปที่ 10-b ซึ่งส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตดังรูปที่ 10-c

5. สรุปผล

ผลการจำลองด้วยโปรแกรมแม่แบบซิมูลิงค์ พบว่าระบบควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือมาประยุกต์ใช้ในการปล่อยสัญญาณ

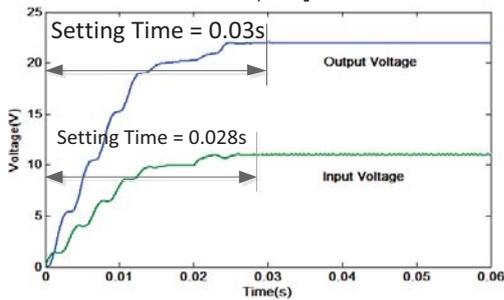


(a) แรงดันไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุต

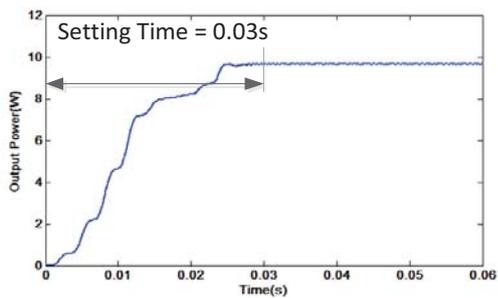


(b) กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต

รูปที่ 7 เวลาค่าอยู่ตัวเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงจาก 100 W/m^2 เป็น 1000 W/m^2 ที่อุณหภูมิ $30 \text{ }^\circ\text{C}$

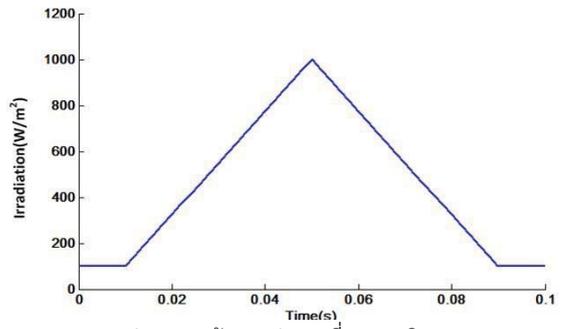


(a) แรงดันไฟฟ้าอินพุตและเอาต์พุต

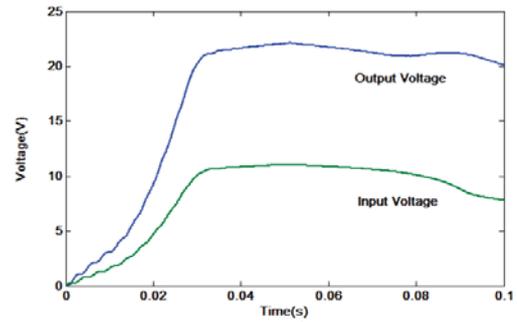


(b) กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต

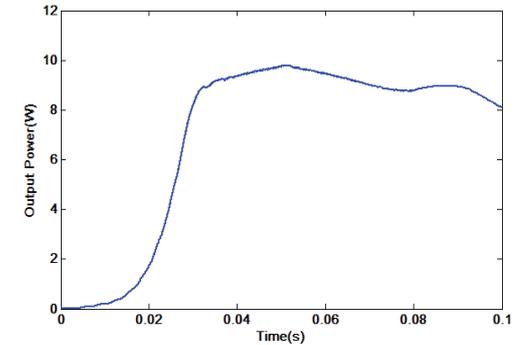
รูปที่ 8 เวลาค่าอยู่ตัวเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิจาก $15 \text{ }^\circ\text{C}$ เป็น $45 \text{ }^\circ\text{C}$ ที่ความเข้มแสง 500 W/m^2



(a) ค่าความเข้มแสงต่างๆ ที่อุณหภูมิ $30 \text{ }^\circ\text{C}$



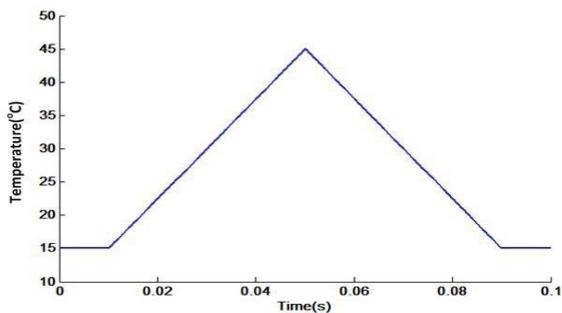
(b) ผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุต



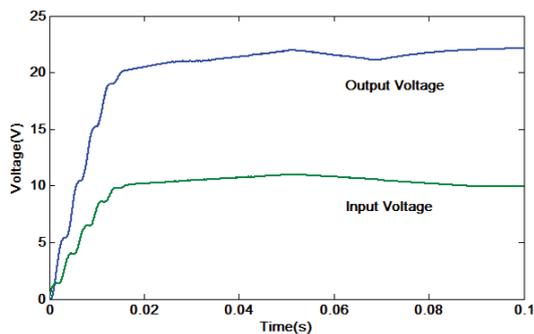
(c) ผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต

รูปที่ 9 ผลการติดตามกำลังเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนตามเงื่อนไข

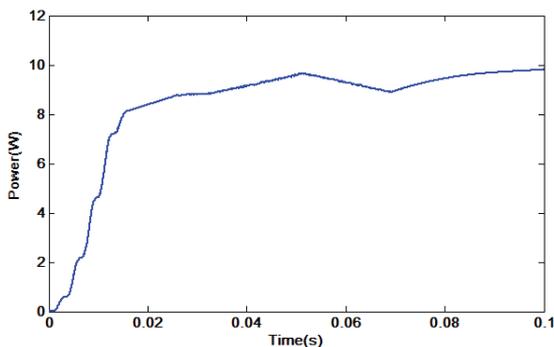
อัตราส่วนระหว่างความกว้างพัลส์เพื่อควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงแบบบัสสำหรับติดตามกำลังสูงสุดสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยความเข้มแสงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้ามากกว่าอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามการออกแบบตัวควบคุมด้วยทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการลองผิดลองถูกของผู้ออกแบบอยู่มาก ทำให้ผู้ออกแบบจำเป็นต้องพัฒนาทักษะและความสามารถเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น



(a) ค่าความเข้มแสงต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C



(b) ผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้าอินพุตเอาต์พุต



(c) ผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต

รูปที่ 10 ผลการติดตามกำลังเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไข

เอกสารอ้างอิง

[1] Gilberto C.D. Sousa and Bimal K. Bose, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase-Controlled Converter DC Machine Drive", IEEE Transactions On Industry Applications, vol. 30, no. 1, pp. 34-44, 1994.

[2] Gilberto C.D. Sousa, Bimal K. Bose and John G. Cleland, "Fuzzy logic Based On-Line Efficiency Optimization Control of an Indirect Vector-Controlled Induction Motor Drive", IEEE Transactions of Industrial Electronics, vol. 42, no. 2, pp. 192-198, 1995.

[3] V. Salas, E. Oli'as, A. Barrado and A. La'zaro, "Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems", Solar Energy Materials & Solar Cells 90, pp. 1555-1578, 2006.

[4] M.S. Ait Cheikh, C. Larbes, G.F. Tchoketch Kebir, and A. Zerguerras, "Maximum power point tracking using a fuzzy logic control scheme", Revue des Energies Renouvelables, vol. 10, no. 3, pp. 387 – 395, 2007.

[5] İbrahim SEFA, Necmi ALTIN, Saban ÖZDEMİR, "Dspace Based Fuzzy Logic Controlled Boost Converter", University of Pitesti – Electronics and Computers Science, Scientific bulletin, Vol.2, No. 8, pp. 36-41, 2008.

[6] M. Elshaer, A. Mohamed and O. Mohammed, "Smart Optimal Control of DC-DC Boost Converter in PV Systems," Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America (T&D-LA), pp. 403-410, 2010.

[7] R.Ramaprabha and B.L. Mathur, "Intelligent Controller based Maximum Power Point Tracking for Solar PV System", International Journal of Computer Applications, vol. 12, no. 10, pp. 37-41, 2011.

[8] Mohamed Salhi and Rachid El-Bachtiri , "A Maximum Power Point Tracking Photovoltaic System using a Proportional Integral Regulator," Science Academy Transactions on Renewable Energy Systems Engineering and Technology, vol. 1, no. 2, pp. 37-44, 2011.

[9] G. Balasubramanian and S. Singaravelu "Fuzzy logic controller for the maximum power point tracking in photovoltaic system", International Journal of Computer Applications, Vol. 41, No. 12, pp. 22-28, 2012.

[10] R. Thaila, "Analysis and Control of DC-DC Controller for Solar Energy System", International Conference on Computing and Control Engineering, 2012.

[11] K.V.Hari Prasad, CH.Uma Maheswar Rao and A.Sri Hari, "Design and Simulation of a Fuzzy Logic Controller for Buck&Boost Converters", International Journal of Advanced Technology & Engineering Research, vol. 2, Issue 3, pp. 218-224, 2012.