วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 5 ฉบับเพิ่มเติม (ตุลาคม 2564 – ธันวาคม 2564)

การควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

THE SPEED CONTROL OF DC SERVO MOTOR USING FUZZY LOGIC CONTROLLER

กำจัด ใจตรง*[1] สงกรานต์ ภารกุล[1] และ ณรงค์ฤทธิ์ ยิ้มเจริญพรสกุล[2]
Kumjat Jaitrong*[1], Songkran Parakul[1], Narongrid Yimcharoenpornsakul[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
[2]สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
[1] Faculty of Engineering and Technology ,Department of Electrical Technology and Automatic Control System ,Siam Technology College
[2] Faculty of Business Administration ,Department of Logistics Management , Bangkokthonburi University
** E-mail ผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding Author): kumjat_jaitrong@yahoo.com*

บทคัดย่อ

เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น หุ่นยนต์และสายพานลำเลียง ตัวควบคุมที่ใช้กันมากที่สุดในสาขาอุตสาหกรรมคือตัวควบคุมแบบพีไอดี ในบทความนี้บทบาทของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะทำให้เอาท์พุตมีเสถียรภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบพีไอดี ถึงแม้ว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีจะปรับปรุงทั้งคุณสมบัติในสภาวะชั่วครู่และสภาวะคงตัวอีกทั้งยังลดเวลาช่วงขอบขาขึ้นและลดค่าผิดพลาดในสภาวะคงตัว แต่ก็มีข้อจำกัดในการปรับพารามิเตอร์และคุณสมบัติการควบคุมที่ไม่น่าพอใจ ผลการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองทางพลวัตของระบบต่อสัญญาณแบบขั้นบันไดที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมีผลตอบสนองที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีทั้งในขณะเริ่มเดินของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

คำสำคัญ: ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก, การควบคุมความเร็วแบบวงปิด, เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ABSTRACT

DC servo motor is widely used in many industrial applications like robotics and conveyor. The most commonly used controller in the industrial field is the proportional integral derivative controller (PID). In this paper, the role of a fuzzy logic controller to control the speed of dc servo

วันที่รับบทความ 28 ตุลาคม 2564
วันแก้ไขบทความ 3 พฤศจิกายน 2564
วันตอบรับบทความ 31 ธันวาคม 2564

motor is carried out which gives more stable output as compared to a PID controller. Though a PID controller improves both transients and steady-state response characteristics with reduced rise time and steady-state error, yet it has limitations of tuning its parameters and unsatisfactory control characteristics. The simulation results show that the dynamic response of the step signal system using a fuzzy logic controller has better response than a PID controller for both at the start of dc servo motor in no-load and load-changing conditions.

Keywords: Fuzzy Logic Controller, Closed-loop Speed Control, DC Servo Motor

1. บทนำ

สถานการณ์ในโลกปัจจุบันเป็นยุคที่ก้าวล้ำทางเทคโนโลยีทำให้เกิดนวัตกรรมที่มีขนาดเล็ก ซึ่งนวัตกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรง และมีความแม่นยำในการผลิตเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เทคโนโลยีด้านการควบคุมมีความก้าวหน้า อาทิ เช่น เทคโนโลยีด้านการควบคุมความเร็ว เทคโนโลยีด้านการควบคุมตำแหน่ง และเทคโนโลยีด้านการตรวจวัด เป็นต้น ซึ่งระบบอัตโนมัติเป็นเรื่องธรรมดาในชีวิตประจำวันสามารถพบได้ในเกือบทุกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทุกวัน โดยเริ่มจากระบบปรับอากาศและระบบประตูอัตโนมัติไปจนถึงเทคโนโลยีขั้นสูงเช่นแขนหุ่นยนต์และสายการผลิต การพัฒนามอเตอร์ขับเคลื่อนสมรรถนะสูงนั้นมีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับการใช้งานอื่นๆ เช่น รถไฟฟ้าและหุ่นยนต์ เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของระบบอัตโนมัติ โดยทั่วไประบบขับเคลื่อนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะต้องมีการติดตามคำสั่งความเร็วแบบพลวัตที่ดีและโหลดควบคุมการตอบสนองต่อการปฏิบัติงาน

ในการใช้งานเหล่านี้ควรควบคุมมอเตอร์อย่างแม่นยำเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ การควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ระบบควบคุมจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยตัวควบคุมแบบป้อนกลับแบบพีไอดีเป็นที่นิยมใช้งาน ซึ่งการออกแบบให้เหมาะสมกับการควบคุมในงานแต่ละประเภทเพื่อสามารถควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างแม่นยาทั้งในขณะที่ไม่มีภาระและมีภาระ ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่ลอจิกโดยใช้โปรแกรมแม็ตแลบซีมูลิงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่ลอจิกทั้งขณะเริ่มเดินในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลทางพลวัตและเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่ลอจิก

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 5 ฉบับเพิ่มเติม (ตุลาคม 2564 – ธันวาคม 2564)

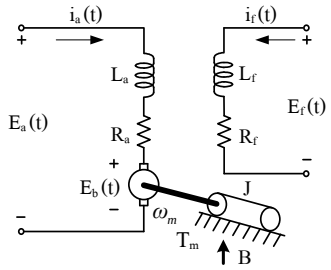
3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การทบทวนวรรณกรรม

ตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อดำเนินงานที่หลากหลายอย่างใดอย่างหนึ่ง ในการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอผ่านอัลกอริธึมทางพันธุกรรม (GA) โดย GA ใช้กับฟังก์ชันสำหรับการระบุพารามิเตอร์ของแบบ จำลองและสำหรับการค้นหาค่าตัวควบคุมแบบพีไอที่เหมาะสมที่สุด [1] ผลการตอบสนองของเอาต์พุตที่ใช้ตัวควบคุม Fuzzy-PID แบบปรับได้ มีคุณลักษณะที่ดีทั้งการวิเคราะห์โดเมนชั่วคราวและความถี่ [2] ผลการตอบสนองของเอาต์พุตที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดี [3] ซึ่งที่นิยมใช้งานกันจะใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ พีไอดี ฟัซซี่ลอจิก หรือ แบบไฮบริด อาทิเช่น : Fuzzy-Neural Networks, Fuzzy -Genetic Algorithm, Fuzzy-Ant Colony เป็นต้น [4] ปัญหาสำคัญในการใช้อัลกอริธึมการควบคุมแบบธรรมดา (PI, PD, PID) ในตัวควบคุมความเร็วคือผลกระทบของการไม่เป็นเชิงเส้นในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกได้รับการพัฒนาให้เป็นส่วนเสริมกับกลยุทธ์การควบคุมแบบดั้งเดิมในด้านวิศวกรรมต่างๆ ซึ่งแตกต่างจากการควบคุม การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกไม่จำเป็นต้องมีความรู้ที่แม่นยำของรูปแบบระบบ [5] โดยทั่วไปตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก จะให้ตัวควบคุมที่ไม่ใช่เชิงเส้นที่มีความสามารถในการดำเนินการควบคุมที่ไม่ใช่เชิงเส้นที่ซับซ้อนแม้สำหรับระบบไม่เชิงเส้นที่ไม่แน่นอน ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเป็นหนึ่งในแอพพลิเคชั่นที่ต้องการมากที่สุดของทฤษฎีเซตฟัซซี ซึ่งถูกนำไปใช้ในความพยายามในการควบคุมระบบที่ยากต่อการสร้างแบบจำลอง [6]

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอาจถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตหรือโดยการเปลี่ยนกระแสอินพุต ซึ่งในบทความนี้เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากประสิทธิภาพทางไฟฟ้าและทางกลที่ดีเมื่อเทียบกับแบบอื่นๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะใช้การควบคุมแบบอาร์เมเจอร์ [7] ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรสมมูลของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากภาพที่ 1 สามารถเขียนสมการเชิงอนุพันธ์ของวงจรไฟฟ้าในส่วนของอาร์เมเจอร์ได้ ดังนี้

$$E_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + E_b(t) \quad (1)$$

สมการแรงบิดคือ

$$T_m(t) = \frac{Jd\omega_m(t)}{dt} + B\omega_m(t) \quad (2)$$

แรงบิดที่มอเตอร์จะแปรผันตามกับกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์ ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$T_m(t) = K_f i_f i_a \quad (3)$$

เมื่อ K_f เป็นค่าคงที่ ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบควบคุมอาร์เมเจอร์ จะให้กระแสฟิลด์คงที่ ดังนั้น แรงบิดที่มอเตอร์จะเขียนสมการได้เป็น

$$T_m(t) = K_T i_a \quad (4)$$

เมื่อ $K_T = K_f i_f$ เป็นค่าคงที่ของแรงบิด ส่วนแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์จะแปรผันตามกับความเร็วเชิงมุม ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$E_b(t) = K_b\omega_m \quad (5)$$

เมื่อ K_b เป็นค่าคงที่ของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์ เพื่อจะสร้างบล็อกไดอะแกรมของระบบที่มีเงื่อนไขเริ่มต้นเป็นศูนย์ และสามารถเขียนสมการในรูปแบบของลาปลาซ จากสมการที่ 1 ได้ดังแสดงในสมการที่ 6

$$E_a(s) = R_a I_a(s) + sL_a I_a(s) + E_b(s) \quad (6)$$

จากสมการที่ 6 เขียนสมการของกระแสอาร์เมเจอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 7

$$I_a(s) = \frac{E_a(s) - E_b(s)}{sL_a + R_a} \quad (7)$$

จากสมการที่ 2 เขียนสมการของแรงบิดที่มอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 8

$$T_m(s) = sJ\omega_m(s) + B\omega_m(s) \quad (8)$$

จากสมการที่ 8 เขียนสมการของความเร็วเชิงมุมในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 9

$$\omega_m(s) = \frac{T_m(s)}{sJ + B} \quad (9)$$

จากสมการที่ 4 เขียนสมการของแรงบิดที่มอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 10

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 5 ฉบับเพิ่มเติม (ตุลาคม 2564 – ธันวาคม 2564)

$$T_m(s) = K_T I_a(s) \tag{10}$$

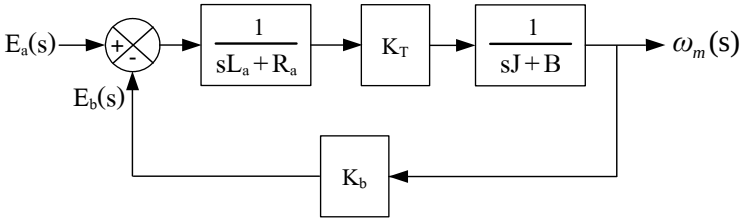
จากสมการที่ 5 เขียนสมการของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์ในรูปแบบของลาปลาซ ได้ดังแสดงในสมการที่ 11

$$E_b(s) = K_b \omega_m(s) \tag{11}$$

ดังนั้น ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของมอเตอร์ดังแสดงในสมการที่ 12

$$\frac{\omega_m(s)}{E_a(s)} = G(s) = \frac{K_T}{(s[(L_a s + R_a)(Js + B) + K_b K_T])} \tag{12}$$

จากสมการที่ 12 สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4. แบบจำลองของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้มอเตอร์ 25 V_{DC} ที่มีความเร็วรอบในขณะไม่มีโหลด 4,050 รอบต่อนาที ค่าตัวแปรของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตัวแปร	รายละเอียด	ค่าตัวแปร
R_a	ค่าความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์	1 Ω
L_a	ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์	29.79 Mh
J	ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย	0.01 $kg.m^2$
B	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานความฝืด	0.004 N.m/rad/s
K_T	ค่าคงที่ของแรงบิด	0.052 N.m/A
K_b	ค่าคงที่ของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์	0.1 V/rad/s

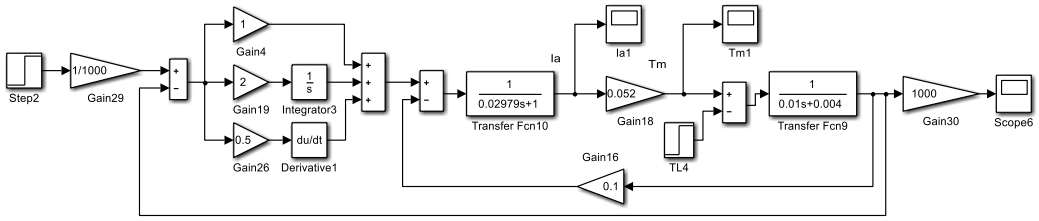
1. การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี

ตัวควบคุมแบบพีไอดี ใช้วิธีการปรับค่าพีไอดีพารามิเตอร์ ตามวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์ โดยมีสมการเอาท์พุตของตัวควบคุม ดังแสดงในสมการที่ 13

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (13)$$

เมื่อ e(t) คือค่าความคาดเคลื่อน(error) ส่วน K_p , K_i และ K_d คือค่าเกนที่สามารถปรับได้ในโหมดของตัวควบคุมแบบพีไอดี

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดี ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรมแม็ตแลบซีมูลิงค์ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดี

2. การออกแบบตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก [8]

- การจัดระบบการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

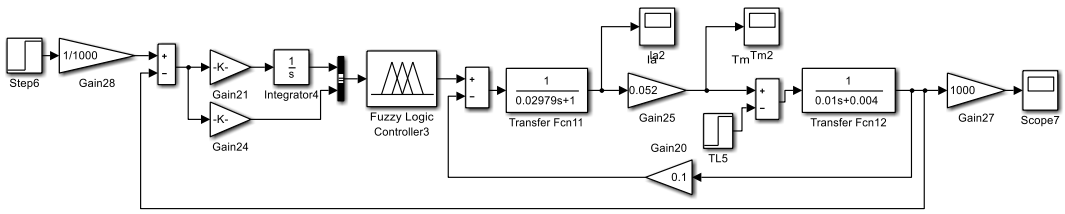
ระบบการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกที่ใช้เป็นระบบ 2 อินพุตและ 1 เอาท์พุต โดยมีสมการอินพุตของฟัซซี่ลอจิกดังนี้

$$u_1 = K_1 \int_0^t e(t)dt \quad (14)$$

$$u_2 = K_2 \frac{de(t)}{dt} \quad (15)$$

เมื่อ u_1 คือค่าความคาดเคลื่อน(error) ของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก และ K_1 เป็นค่าเกนที่สามารถปรับได้ในโหมดของตัวควบคุมแบบไอ ส่วน u_2 คือค่าความคาดเคลื่อน(error) ของตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก และ K_2 เป็นค่าเกน u_2

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรมแม็ตแลบซีมูลิงค์ ดังแสดงในภาพที่ 4

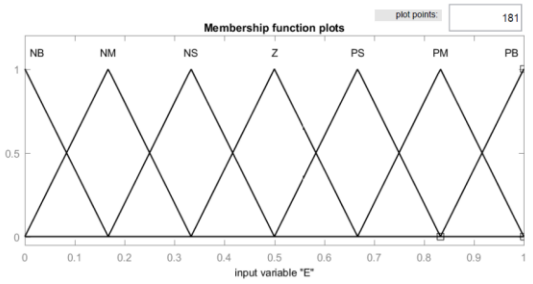


ภาพที่ 4 โปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก

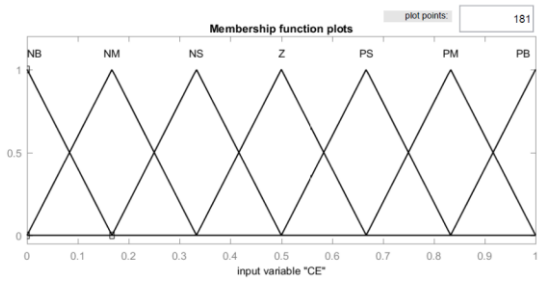
- การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตและเอาท์พุต ใช้ค่าความเป็นสมาชิก 7 สมาชิก แต่ละสมาชิกใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยมแบบสมมาตรมีย่านการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังแสดงในรูปภาพที่ 5

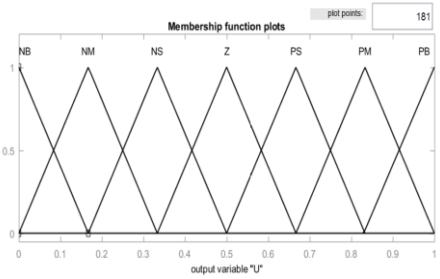
กฎฟัซซี่พื้นฐานสำหรับ 7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของอินพุตและเอาท์พุต แสดงในตารางที่ 2 และดูกฎของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก(Rule Viewer) ดังแสดงในภาพที่ 6 ส่วนดูพื้นผิวของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Surface Viewer) ดังแสดงในภาพที่ 7



(ก)



(ข)



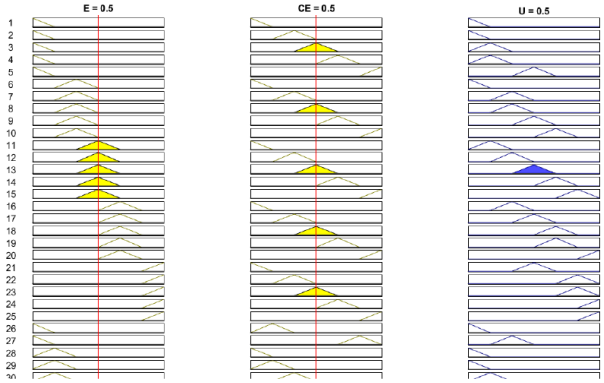
(ค)

ภาพที่ 5 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ (ก) อินพุต 1 และ (ข) อินพุต 2 (ค) เอาท์พุต

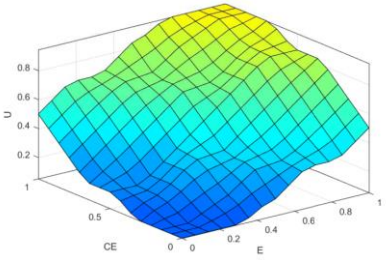
ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรอินพุตกับเอาท์พุตและการออกแบบกฎฟัซซี่

u_1 / u_2	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NM	NS	NS	Z
NM	NB	NB	NM	NS	NS	Z	PS
NS	NB	NM	NS	NS	Z	PS	PM
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PB
PM	NS	Z	PS	PS	PM	PB	PB
PB	Z	PS	PS	PM	PB	PB	PB

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 5 ฉบับเพิ่มเติม (ตุลาคม 2564 – ธันวาคม 2564)



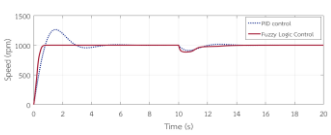
ภาพที่ 6 ดูกฎของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Rule Viewer)



ภาพที่ 7 ดูพื้นผิวของการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Surface Viewer)

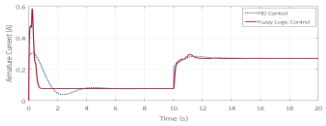
5 ผลการวิจัย

จากผลการทดลองด้วยโปรแกรมจำลองระบบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดีและแบบฟัซซี่ลอจิกเพื่อให้ควบคุมรักษาระดับความเร็วรอบที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 8 จะพบว่าในขณะสตาร์ทเมื่อไม่มีโหลดทางกล ระบบที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกให้ผลตอบสนองที่เร็วกว่าและไม่มีโอเวอร์ชูต ดังแสดงข้อมูลเปรียบเทียบในตารางที่ 3 และในขณะที่มีโหลดทางกลที่เวลา 10 วินาที ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกจะควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบที่กำหนดในเวลา 1.5 วินาที โดยที่ไม่มีโอเวอร์ชูตเกิดขึ้น ส่วนตัวควบคุมแบบพีไอดีใช้เวลา 4 วินาที ในการควบคุมความเร็วรอบให้เท่ากับความเร็วรอบที่กำหนด ส่วนผลตอบสนองกระแสไฟฟ้าและแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงในภาพที่ 9 และภาพที่ 10 ตามลำดับ

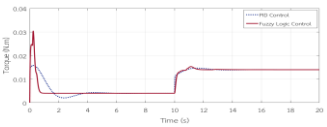


ภาพที่ 8 ผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ Print ISSN: 2586-8101 Online ISSN: 2697-6447
ปีที่ 5 ฉบับเพิ่มเติม (ตุลาคม 2564 – ธันวาคม 2564)



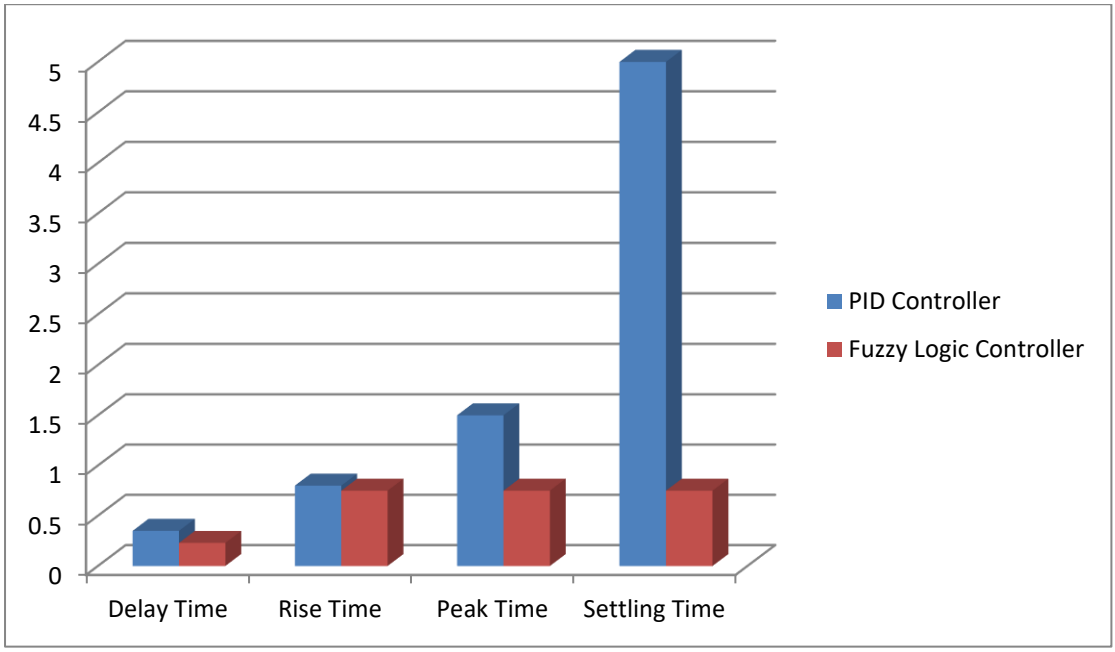
ภาพที่ 9 ผลตอบสนองกระแสของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 10 ผลตอบสนองแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในขณะสตาร์ทเมื่อไม่มีโหลดทางกล

พารามิเตอร์	ตัวควบคุมแบบพีไอดี	ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก
t_d (sec)	0.35	0.23
t_r (sec)	0.8	0.75
t_p (sec)	1.50	0.75
t_s (sec)	5	0.75
M_p (%)	27	0



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในขณะสตาร์ทเมื่อไม่มีโหลดทางกล

จากตารางที่ 3 เมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการควบคุมแบบพีไอดีและแบบฟัซซี่ลอจิก พบว่าการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกทำให้ค่าเวลาหน่วง (t_d) ค่าเวลารุ่ง (t_r) ค่าเวลาสูงสุด (t_p) และค่าเวลาสู่สมดุล (t_s) มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบพีไอดี ดังแสดงในภาพที่ 11 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกทำให้ผลตอบสนองความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงดีกว่าการควบคุมแบบพีไอดี อีกทั้งการควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกไม่ทำให้เกิดโอเวอร์ชูตเหมือนกับการควบคุมแบบพีไอดีที่มีค่าโอเวอร์ชูต 27 %

6 สรุปและอภิปรายผล

จากผลการจำลองระบบควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีด้วยวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิดและตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก โดยใช้โปรแกรมแม็ตแลบซีมูลิงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเร็วรอบคงที่ 1,000 รอบต่อนาที พบว่าผลตอบสนองทางพลวัตของระบบต่อสัญญาณแบบขั้นบันไดที่ใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมีผลตอบสนองที่ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีทั้งในขณะเริ่มเดินของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในสภาวะไม่มีโหลดและในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลด

7 บรรณานุกรม

[1] Hamza Alzarok, Aiyoub H. Musbah, **Tuning of a Speed Control System for DC Servo Motor Using Genetic Algorithm**, The International Journal of Engineering and Information Technology, Volume 6, No.2, 2020, pp.141-150

[2] Raj Kumar Mishra, Srishti Singh and Md. Asif Hasan, **Fuzzy Logic based PID Controller Tuning for Speed Control of DC Servo Motor**, EasyChair Preprint, No.4056, 2020, pp.1-8

[3] Ritika Pradhan, Shabbiruddin, **Speed Control of DC Motor Using Fuzzy Logic Control and Simulink**, International Journal on Advanced Electrical and Computer Engineering, Volume 5, Issue 2, 2018, pp.55-58

[4] Umesh Kumar Bansal, Rakesh Narvey, **Speed control of DC motor using fuzzy PID controller**, Advance in Electronic and Electric Engineering, Volume 3, No.9,2013, pp.1209-1220

[5] G. Vasudevarao, V. Rangavalli, **Comparison of Speed Control of Dc Servo Motor using Pi, PID, Fuzzy, SMC** , International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Volume 3, Issue 11, 2016, pp.151-156

[6] Shashi Bhushan Kumar, Mohammed Hasmat Ali, Anshu Sinha, **Design and simulation of speed control of DC motor by fuzzy logic Technique with Matlab/Simulink**, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 7, 2014, pp.1-4

[7] Ang, K.H. and Chong, G.C.Y. and Li, Y., **PID Control system analysis, design, and technology**, IEEE Transactions on Control Systems Technology, Volume 13, No. 4, 2005, pp.559-576

[8] Dipraj, Anurag Singh, Rishikesh Kumar Singh, Savitri Sharma, **Analogous Research of Classical PI Controller and Fuzzy Logic Controller to Control the Speed of D.C. Servo Motor,** 3rd International Conference on Computational & Experimental Methods in Mechanical Engineering, 2021, doi:10.1088/1742-6596/2007/1/012044