

การควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดีโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

SPEED CONTROL OF DC SERVO MOTOR WITH PID CONTROLLER BY USING PIC MICROCONTROLLER

กำจัด ใจตรง*¹ สงกรานต์ ภารกุล² และ ณรงค์ฤทธิ์ ยิ้มเจริญพรสกุล³

Kumjat Jitrong*¹, Songkran Parakul², Narongrid Yimcharoenpornsakul³

¹⁻²สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

³สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

*ผู้ติดต่อ: E-mail : kumjat_jitrong@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงแบบวงปิดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตตระกูล PIC รุ่น 18F4431 เพื่อประยุกต์ใช้เป็นตัวประมวลผลด้านการควบคุม โดยการควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงจะใช้วิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิดเพื่อสร้างตัวควบคุมแบบพีไอดี ผลจากการทดลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงแบบพีไอดีที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC รุ่น 18F4431 สามารถควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความผิดพลาดของความเร็วยังคงต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวประมาณ 1 วินาที ทั้งในขณะที่ไม่มีการะและมีภาระ

คำสำคัญ: ตัวควบคุมแบบพีไอดี, การควบคุมความเร็วแบบวงปิด, เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง, ไมโครคอนโทรลเลอร์

ABSTRACT

The objective of this research is to a PID controller design for closed-loop DC servo motor speed control by using the 8-bit PIC18F4431 microcontroller to apply as a control processor. The DC servo motor controlling is using Ziegler-Nichols closed-loop method for creating a PID controller. The experimental results show that the PID DC servo motor speed controller built with

วันที่รับบทความ 6 มีนาคม 2564

วันแก้ไขบทความ 19 มีนาคม 2564

วันตอบรับบทความ 29 มีนาคม 2564

the PIC microcontroller 18F4431 can precisely control the speed of the DC servo motor. The steady-state speed error is less than one percent and takes about one second to reach steady-state, both at no load and under load.

Keywords: PID Controller, Closed-loop Speed Control, DC Servo Motor, Microcontroller

1. บทนำ

สถานการณ์ในโลกปัจจุบันเป็นยุคที่ก้าวล้ำทางเทคโนโลยี ทำให้เกิดนวัตกรรมที่มีขนาดเล็ก ซึ่งนวัตกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรง และมีความแม่นยำในการผลิตเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เทคโนโลยีด้านการควบคุมมีความก้าวหน้า อาทิ เช่น เทคโนโลยีด้านการควบคุมความเร็ว เทคโนโลยีด้านการควบคุมตำแหน่ง และเทคโนโลยีด้านการตรวจวัด เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมภายในประเทศจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและมูลค่าของสินค้าที่ส่งออกทั้งภายในและภายนอกประเทศ ในปัจจุบันการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้การออกแบบระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นเรื่องง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งพบเห็นได้ตั้งแต่การใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน การใช้ในหุ่นยนต์ตลอดจนเครื่องจักรกลที่ทำงานแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่างๆ และด้วยความก้าวหน้าของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผลิต ระบบควบคุมจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยตัวควบคุมแบบป้อนกลับแบบพีไอดีเป็นที่นิยมใช้งาน ซึ่งตัวควบคุมดังกล่าวจะถูกประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ สมองกลฝังตัว เป็นต้น โดยจะออกแบบให้เหมาะสมกับการควบคุมในงานแต่ละประเภท จากข้อมูลที่กำลังกล่าวมาข้างต้นทำให้การเลือกใช้ตัวประมวลผลมีความเหมาะสม ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงวงปิดโดยใช้การส่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC รุ่น 18F4431 เพื่อประยุกต์ใช้เป็นตัวประมวลผลด้านการควบคุมระบบ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดและยังมีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย และยังสามารถควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างแม่นยำทั้งในขณะที่ไม่มีการและมีการะ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

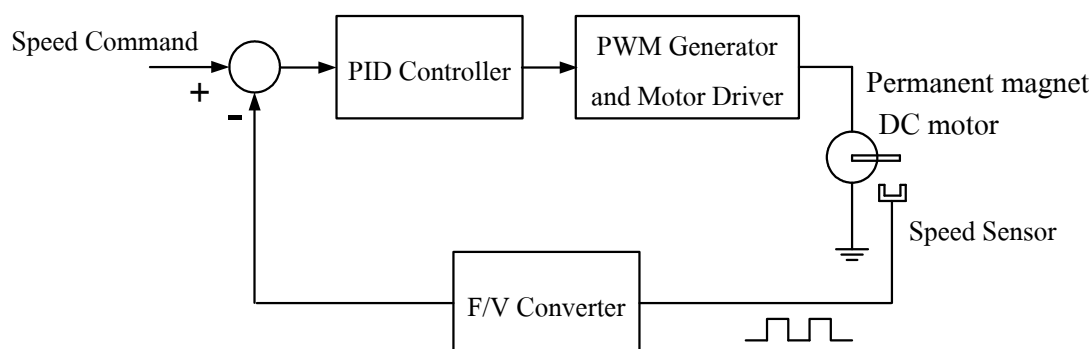
2.1 การทบทวนวรรณกรรม

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนิยมใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีที่สร้างจากไอซีออปแอมป์เพื่อควบคุมแบบวงปิด โดยใช้ตัวตรวจจับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ [1] การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ซึ่งการปรับค่า K_p , K_i , K_d ที่เหมาะสมมาจากอัลกอริทึมหึ่งห้อย เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [2] ส่วนการจำลองการทำงานของตัวควบคุมแบบพีไอดีที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อมี

แรงบิดโหลด การเพิ่มขึ้นของตัวควบคุมแบบพีไอดีได้รับการปรับแต่งด้วยเทคนิคตัวควบคุมแบบกำลังสองเชิงเส้น สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในโปรแกรมโปรติอุส ได้สร้างคุณสมบัติการเพิ่มโหลดแรงบิดไปยังมอเตอร์กระแสตรง [3] การปรับแต่งพารามิเตอร์พีไอดีได้มีการพัฒนาวิธีการปรับแต่งอัตโนมัติหลายวิธี โดยวิธีการปรับอัตโนมัติด้วย Astrom และ Hagglund ถูกนำไปใช้กับระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พารามิเตอร์พีไอดีที่ได้รับจากการทดลองผิดพลาดและวิธีการปรับแต่งอัตโนมัติ โดยทั้งสองแบบนี้ได้ทดสอบในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับด้วยวิธีการปรับแต่งอัตโนมัติของ LABVIEW นั้นดีกว่าตัวอื่นๆ [4] การสร้างแบบจำลองพลวัตของระบบโดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ/ซิมูลิงค์ เพื่อใช้ออกแบบและจำลองระบบควบคุมใหม่ให้รักษาความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้คงที่ก่อนการเปลี่ยนแปลงของโหลดโดยอัตโนมัติขึ้นอยู่กับตัวควบคุมแบบพีไอดี [5] การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้วิธี PI, PID, Ziegler Nichols และตัวควบคุม IMC-PID เพื่อให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุม จากผลการจำลองพลวัตของระบบโดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ/ซิมูลิงค์ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตัวควบคุม IMC-PID สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้อย่างรวดเร็วและไม่เกิดโอเวอร์ชูตขึ้น เมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ [6] การออกแบบตัวควบคุมพีไอผ่าน Genetic algorithm สำหรับการระบุพารามิเตอร์ของโมเดลและค้นหาค่าพีไอที่เหมาะสมเพื่อใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้คงที่ โดยผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมแบบจีเอพีไอสามารถเพิ่มเสถียรภาพด้านความเร็วเชิงมุมและการตอบสนองต่อการควบคุมได้ดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอ [7] การปรับแต่งตัวควบคุมแบบพีไอดีโดยใช้อัลกอริธึมเมตาฮิวริสติก สามารถควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดีกว่าเทคนิคคลาสสิกมาก โดยอัลกอริธึมเมตาฮิวริสติกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนเช่นการปรับตัวควบคุมแบบพีไอดี [8]

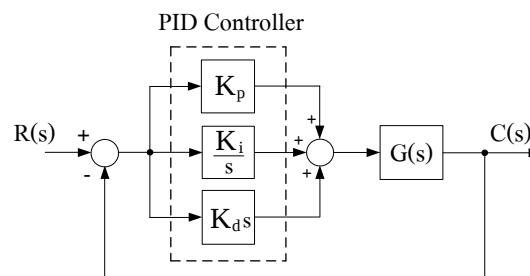
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในภาพที่ 1 และมีการพัฒนาและออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด โดยการใช้การสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC รุ่น 18F4431



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด

ตัวควบคุมแบบพีไอดี เป็นตัวควบคุมที่ทำงานโดยการนำค่าความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับค่าปัจจุบันที่ได้จากกระบวนการ (process) มาสร้างสัญญาณเอาต์พุตใหม่ ด้วยการขยายความผิดพลาดของสัญญาณดังกล่าวด้วยค่าเกน(gain) โครงสร้างการทำงานของตัวควบคุมแบบพีไอดี ดังแสดงในภาพที่ 2 จากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เอาต์พุตของตัวควบคุม จะเกิดจากสามองค์ประกอบ คือ ตัวควบคุมแบบสัดส่วน (K_p : Proportional Control) ตัวควบคุมแบบปริพันธ์ (K_i : Integral Control) และตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ (K_d : Derivative Control) ซึ่งทั้ง 3 ส่วนของตัวควบคุมจะนำค่าเอาต์พุตไปคูณกับค่าเกนของตัวควบคุมแต่ละชนิด โดยค่าเกนดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดผลตอบสนองของระบบ โดยรูปแบบของตัวควบคุมแบบพีไอดีจะเป็นไปตามสมการที่ (1)



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุมแบบพีไอดี

$$G_C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (1)$$

การหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับระบบควบคุมใดๆ มีวิธีการหาค่อนข้างยาก ในปัจจุบันได้มีการทดสอบระบบเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งมีหลายวิธี เช่น วิธีการของซีเกลอร์-นิโคล (Ziegler-Nichols Compensation) วิธีการของเซน-ฮรอน-เรสวิก หรือ ซีเฮสอาร์ (Chien-Hrones-Reswick or CHR) เป็นต้น โดยในการออกแบบตัวควบคุมจะใช้วิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์ใช้สำหรับปรับค่าอัตราขยายแบบพีไอดี เป็นวิธีการสำหรับปรับปรุงหรือพัฒนาตัวควบคุมเพื่อให้ระบบควบคุมมีผลการตอบสนองช่วงชั่วคราวและผลการตอบสนองในสถานะอยู่ตัวตามที่ต้องการ ซึ่งวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับผู้ที่มีความชำนาญและอาศัยประสบการณ์และการสังเกตเป็นวิธีที่ใช้กันมานาน แต่บางครั้งไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายในการปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุมได้ดี ในการออกแบบระบบควบคุมจำเป็นต้องเลือกรูปแบบของตัวควบคุมและคำนวณหาค่าอัตราขยายของตัวควบคุม ดังนั้นจึงมีการออกแบบสูตรสำเร็จที่ใช้เป็นกฎพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางในการปรับค่าอัตราขยายของตัวระบบควบคุม โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 [9]

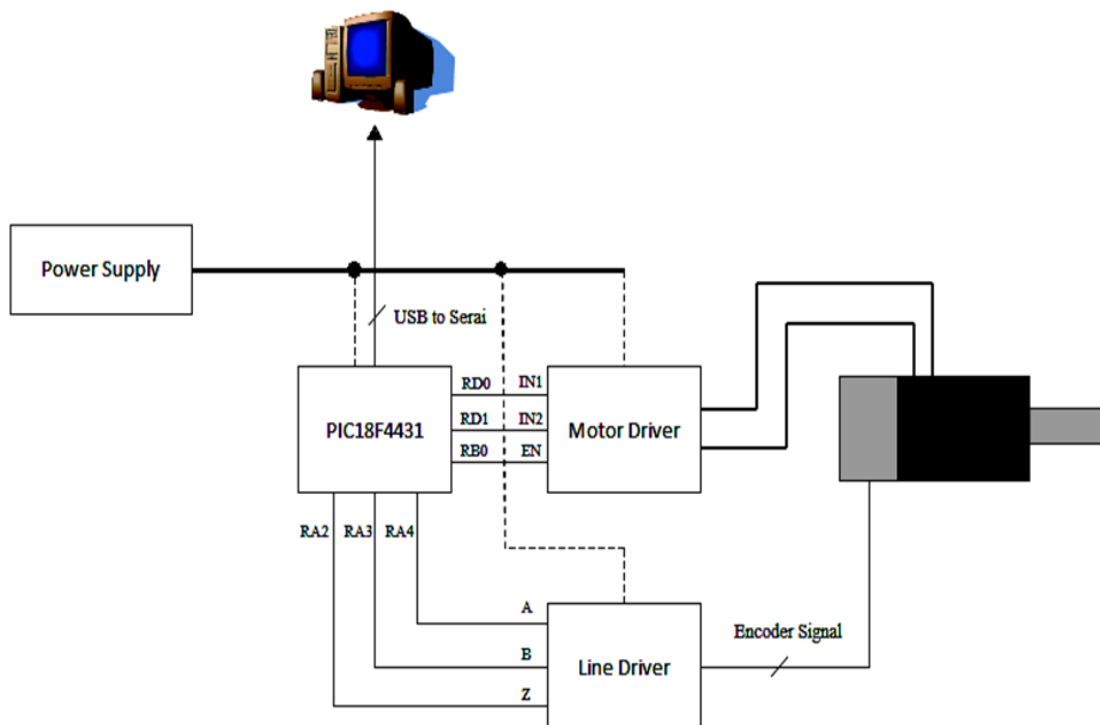
ตารางที่ 1 สรุปตัวแปรการปรับแต่งค่าอัตราขยายสำหรับวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิด

รูปแบบการควบคุม	ตัวแปรการปรับแต่งค่าอัตราขยายสำหรับวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิด
ตัวควบคุมแบบพี	$K_p = 0.5 \cdot K_u$
ตัวควบคุมแบบพีไอ	$K_p = 0.45 \cdot K_u$, $K_i = 1.2/T_u$
ตัวควบคุมแบบพีไอดี	$K_p = 0.6 \cdot K_u$, $K_i = 2/T_u$, $K_d = T_u/8$

3. วิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตตระกูล PIC รุ่น 18F4431 โดยทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่มีการติดตั้งโปรแกรม CCS C Compiler ซึ่งแผนภาพการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้แสดงในภาพที่ 3 ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 แผนภาพการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แบบมัลติ-คอนโทรลเลอร์

เป็นบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่ใช้งานกับไอซี PIC18F4431 เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ ตามคำสั่งที่เขียนในโปรแกรม CCS C Compiler

2. บอร์ดขับเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นบอร์ดขับเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น EVO24V9.2 ใช้ไอซีเบอร์ VNH3SP30 จาก ST Microelectronic สามารถขับกระแสสูงสุดได้ 30 A รองรับแรงดันสูงสุดได้ที่ 28 V มีวงจรป้องกันการรบกวนจากมอเตอร์ด้วย Opto-Isolator มีวงจรป้องกันการต่อไฟเลี้ยงกลับขั้ว สามารถต่อควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง เพื่อควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์และควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยสัญญาณพัลส์บลิวเอ็ม

3. เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 200 W ที่แรงดัน 24 V

4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง ขนาด 200 W ที่แรงดัน 24 V ที่ติดตั้งกับเพลลาของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง

5. วงจรแปลงสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์

เป็นวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ให้เป็นสัญญาณพัลส์ เพื่อป้อนกลับไปยังบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำสัญญาณไปคำนวณหาความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

6. เครื่องโปรแกรม PICkit 3

เป็นเครื่องโปรแกรมและดีบั๊กไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC, dsPIC, PIC24 และ PIC32 แบบในวงจรหรือ ICSP (in-Circuit System Programming) ของ Microchip เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB ผู้ใช้งานสามารถนำ PICkit3 โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ดทดลอง

7. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ โดยทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 V เป็น 24 V

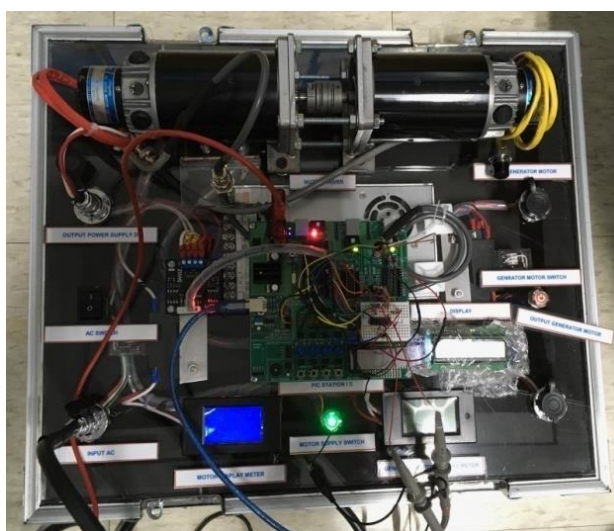
8. เครื่องคอมพิวเตอร์

ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้โปรแกรม CCS C Compiler เพื่อเขียนคำสั่งในการรับค่าสัญญาณต่างๆ เช่น เชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม รับค่าความเร็วรอบจากเอ็นโค้ดเดอร์ สร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มให้สอดคล้องกับความเร็วรอบและกำหนดขอบเขตของดูตัสเซลล์

9. โหลดทางไฟฟ้า

ใช้ในการทดสอบโดยจะต่อโหลดทางไฟฟ้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้สร้างโหลดทางกลไปดำเนินการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อนำอุปกรณ์ต่างๆ มาประกอบเป็นชุดทดลองที่สมบูรณ์ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 4 ถึง ภาพที่ 6



ภาพที่ 4 ชุดทดลองการควบคุมความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC รุ่น 18F4431



ภาพที่ 5 คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน แสดงรูปคลื่นสัญญาณ และเก็บข้อมูลความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 6 ชุดโหนดที่ใช้ในการทดลอง

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

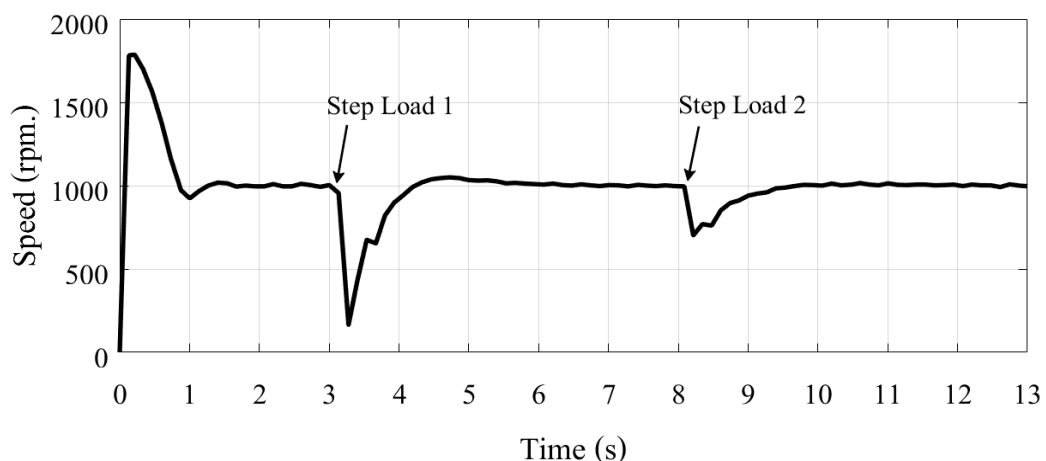
1. เขียนคำสั่งในการควบคุมมอเตอร์ด้วยโปรแกรม CCS C Compiler
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าอัตราขยาย K_p , K_i , K_d กำหนดค่าความเร็วที่ต้องการให้มอเตอร์
3. บันทึกความเร็วรอบของมอเตอร์จากโปรแกรมที่ป้อนกลับมาจากตัวนับรอบ ติดตั้งกับตัวมอเตอร์
4. นำค่าความเร็วรอบของมอเตอร์จากโปรแกรมมาพล็อตกราฟด้วยโปรแกรมแม็ตแล็บเพื่อวิเคราะห์ผลตอบสนองของมอเตอร์ที่มีต่อตัวควบคุมแบบพีไอดี

4. ผลการวิจัย

ในการทดลองจะทำการทดสอบผลตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีด้วยวิธีการของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิดดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีความเร็วรอบคงที่ 1,000 รอบต่อนาที โดยจะใช้ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมของระบบในตารางที่ 2 และทดสอบผลตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในสถานะที่มีการเพิ่มโหลดเข้าไป 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีขนาด 50 วัตต์ ซึ่งผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 7

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรควบคุมที่เหมาะสมกับระบบ

รูปแบบการควบคุม	K_p	K_i	K_d
ตัวควบคุมแบบพีไอดี	0.25	0.5	0.0001



ภาพที่ 7 ผลตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อต่อกับโหลด

จากผลการทดลองในภาพที่ 7 เมื่อเปิดโหลดชุดที่ 1 จะเห็นว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลง ตัวควบคุมแบบพีไอดีจะควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบที่อ้างอิง จากนั้นเมื่อเพิ่มโหลดชุดที่ 2 ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลงอีกตัวควบคุมแบบพีไอดียังสามารถควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบที่อ้างอิงได้เช่นเดิม ซึ่งการบันทึกผลการทดลองจากโปรแกรม CCS C Compiler ที่มีการป้อนกลับความเร็วรอบมอเตอร์ จะทำการพล็อตกราฟด้วยโปรแกรมแม็ตแล็บ ผลปรากฏว่าตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถแก้ไขค่าผลตอบสนองความไว(sensitivity) ให้แก่ระบบได้ดี

5. อภิปรายผล

จากการออกแบบและสร้างตัวควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบวงปิด โดยใช้การสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตตระกูล PIC รุ่น 18F4431 สามารถควบคุมความเร็วรอบเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างแม่นยำทั้งในกรณีที่ไม่มีภาระและมีภาระตามทฤษฎีของซีเกลอร์-นิโคลส์แบบวงปิดที่ออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดี โดยผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วรอบ

ของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงที่ได้มีค่าโอเวอร์ชูตประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ค่าความผิดพลาดของความเร็รรอบที่สถานะคงตัวน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวประมาณ 1 วินาที

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bhagat, Nikunj A., Bhaganagare, Mahesh, & Pandey, P. C. **DC motor speed control using PID controllers.** In EE 616 electronic system design course project, EE Dept, IIT Bombay, November 2009 (Online).
Available: bhagatnikunj.weebly.com/uploads/1/0/4/6/10469153/esd_report.pdf [2014, July 27].
- [2] S. Reeba Rex, Mary Synthia Regis Prabha. **A speed control of DC motor with PWM using microcontroller in hardware in loop,** International Journal of Engineering & Technology, 2018, pp.116-119
- [3] Sohaib Aslam, Sundas Hannan, Umar Sajjad, Waheed Zafar. **Implementation of PID on pic24f series microcontroller for speed control of a dc motor using mplab and proteus,** Advances in Science and Technology – Research Journal, Vol. 10, No.31, 2016, pp.40-50
- [4] Said Mahmut Cinar, Zekeriya Balci, Ismail Yabanova. **Performing speed control of a DC motor with auto-tuning PID,** Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, 2019, pp.690-696
- [5] Salman Jasim Hammoodi, Kareem Sayegh Flayyih, Ahmed Refaat Hamad. **Design and implementation speed control system of DC motor based on PID control and matlab simulink,** International Journal of Power Electronics and Drive System, Vol. 11, No.1, 2020, pp.127-134
- [6] Amarapini Divya, Prasadaraobobbili. **Comparison and speed control of DC motor and DC servomotor using IMC based PID controller,** International Journal for Modern Trends in Science and Technology, 2020, pp.493-501
- [7] 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, Vol. 6, No. 2, 2020, pp.141-150
- [8] Mirza Muhammad Sabir, Junaid Ali Khan. **Optimal design of PID controller for the speed control of DC motor by using metaheuristic techniques,** Advances in Artificial Neural Systems, Vol 2014, pp.1-8
- [9] Katsuhiko Ogata. **Modern control engineering,** Prentice-Hall International, United Kingdom, 1997, pp.672-673