บทความวิจัย (Research Article)

ระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่เส้นไหม

Speed Control System for Bears Machine

วิชชุพงษ์ วิบูลเจริญ, ธนาฒน์ สุกนวล, ศรันย์ คัมภีร์ภัทร และ ไมตรี ธรรมมา*

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์และ
สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
* ผู้รับผิดชอบบทความ
maitree.th@rmuti.ac.th

Received: 5 Feb 2021
Revised: 15 Sep 2021
Accepted: 31 Dec 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่เส้นไหมด้วยระบบควบคุมแบบปิด เพื่อปรับปรุงผลตอบสนองของระบบให้มีเสถียรภาพ รวมทั้งกำจัดค่าผิดพลาดที่เกิดจากระบบควบคุมแบบเปิด ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานเครื่องค้นหมี่เส้นไหมแบบดั้งเดิมในการทอผ้าไหมด้วยมือ ระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่ประกอบไปด้วยชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์สำหรับแกนเลื่อนเส้นไหม และชุดขับเคลื่อนแกนค้นหมี่ โดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์เป็นตัวตรวจจับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ตระกูล STM32 เป็นตัวควบคุม เขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ MATLAB/Simulink แสดงผลแบบเวลาจริง จากผลการทดลองพบว่าการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอสามารถควบคุมความเร็วของเครื่องค้นหมี่เส้นไหมได้ตามความต้องการ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมความเร็ว เครื่องค้นหมี่เส้นไหม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตัวควบคุมแบบพีไอ

Abstract

This research presents a design of speed control system for bears machine using closed loop control system. The design targets to improve the system response to be more stabilized as well as to remove errors caused by open loop system with regard to dc motor speed control. It helps facilitate real users of the speed control system for conventional bears machine which comprises motor driver drive shaft of bears machine and stepper motor driver set for scrolling by applying encoder to detect motor speed and 32-bit microcontroller of STM32 family as controller. The control program is based on MATLAB/Simulink and results displayed on a real time basis on computer monitor via serial port. Based on the study, the designed PI controller can control the speed of bears machine as required.

Keywords: Speed control, Bears machine, DC motor, PI controller

1. บทนำ

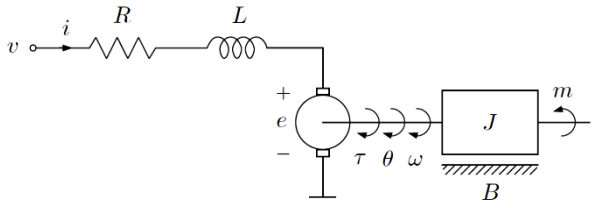
ผ้าไหมเป็นหนึ่งในสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ถึงแม้ว่าผ้าไหมจะมีราคาสูงแต่ยังเป็นที่นิยมเพราะมีความสวยงามและมีเอกลักษณ์ของแต่ละท้องถิ่น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคเลือกซื้อผ้าไหมคือ คุณภาพของผ้าไหม ซึ่งประเภทของเส้นไหมที่นิยมมากที่สุดคือ เส้นไหมพันธุ์พื้นเมือง [1] และแม้ว่าอาชีพทอผ้าไหมจะมีกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แต่ผ้าไหมที่มีชื่อเสียงส่วนใหญ่อยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [2] เนื่องจากชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความสามารถด้านการสร้างสรรค์การทอผ้าไหม ภูมิปัญญาอีสานที่สร้างสรรค์นับว่าเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่มีคุณค่า ผ่านการสั่งสม การถ่ายทอดและการสืบทอดมาหลายชั่วอายุคน ทำให้ชุมชนในพื้นที่ชนบทของภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายแห่งยังคงทอผ้าไหมเป็นวิถีชีวิต การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับเตรียมการค้นหมี่ถูกนำเสนอใน [3] โดยประยุกต์ใช้หลักการปั่นจักรยานมาใช้เป็นต้นกำลัง เพื่อขับโซ่และเพลาให้โครงม้วนเส้นไหมหมุน เพื่อแก้ปัญหาลดความเมื่อยล้าจากการม้วนเส้นฝ้ายด้วยโครงโยกหมี่ อย่างไรก็ตามระบบการส่งกำลังโดยใช้เท้าปั่นมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานและยังคงเกิดความเมื่อยล้าขณะใช้งาน การออกแบบสร้างอุปกรณ์เตรียมเส้นไหมสาหรับการค้นหมี่ อาศัยประยุกต์ใช้หลักการเหยียบจักรเย็บผ้ามาใช้เป็นต้นกำลัง เพื่อส่งกำลังไปยังข้อเหวียงและเพลาให้โครงม้วนเส้นไหมหมุน ระบบส่งกำลังใช้หลักการเหยียบจักรเย็บผ้าเป็นต้นกำลัง อาศัยกำลังจากเท้าข้างใดข้างหนึ่งเหยียบที่แป้นเหยียบเพื่อส่งกำลังไปยังข้อเหวี่ยง เป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อทำให้โครงม้วนเส้นไหมหมุน [4] ปัจจุบันผ้าไหมไทย ได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้านระบบครัวเรือน เนื่องจากผ้าไหมไทยมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวบ่งบอกถึงวัฒนธรรมอันสวยงามของไทย การทอผ้าไหมโดยใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน มีข้อดี คือ ผ้าไหมที่ได้นั้นมีความประณีตสวยงาม ลายผ้าคมชัด และเป็นธรรมชาติ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าไหมได้ แต่การทอด้วยมือมีข้อจำกัดคือใช้เวลาการผลิตนาน บางครั้งไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการ และมีขั้นตอนที่ซับซ้อน ในกระบวนการหนึ่งของการทอผ้าไหมที่เรียกว่า “การค้นหมี่”เป็นการเตรียมไหมก่อนสร้างลายผ้าไหมไทย โดยการนำเส้นไหมมาจัดเป็นลำ ๆระยะห่างแต่ละช่องของเส้นไหมที่จะนำมามัดเป็นลาย เพื่อที่จะนำมาจับเป็นลายผ้าไหมที่สวยงาม ก่อนที่จะนำทอเป็นผ้าไหมตามลำดับ การนำเส้นไหมมาเข้ากระบวนการค้นหมี่ เพื่อเตรียมไหมก่อนสร้างลายผ้าไหมไทยใช้เวลาในการผลิตนานมากกว่าเครื่องจักรอุตสาหกรรม จึงทำให้ไม่สามารถตอบรับความต้องการของตลาดผ้าไหมไทยได้ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหมี่นั้นเป็นแบบภูมิปัญญาชาวบ้านดังรูปที่ 1 ทำให้การค้นหมี่ใช้เวลามาก อีกทั้งปัญหาที่พบคือความสามารถในการผลิต เมื่อผลิตไปเป็นเวลานานส่งผลให้ผู้ผลิตเกิดความเมื่อยล้า ซึ่งอาจจะทำให้กระบวนการในการค้นหมี่นั้นเกิดความผิดพลาด รวมถึงอุบัติเหตุจากกระบวนการผลิต การทำงานของเครื่องต้นแบบนั้นไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าความเร็วตามที่ต้องการได้ อาศัยแรงงานคนในการปรับความเร็วรอบของการหมุนจากเครื่องต้นแบบ เครื่องค้นหมี่แบบดั้งเดิมได้มีการพัฒนาใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปิด-เปิดเข้ามาช่วยโดยไม่มีการควบคุมความเร็ว ทำให้เส้นไหมที่ผ่านขั้นตอนการค้นหมี่เส้นไหมมีความยาวไม่เท่ากัน เมื่อนำเส้นไหมไปทอผ้าไหมจะเหลือเศษด้านข้างทั้ง 2 ด้าน ทำให้เกิดการสูญเสียเส้นไหม และในการนำเส้นไหมมาเข้ากระบวนการค้นหมี่เส้นไหม เพื่อสร้างลายผ้าไหมไทยซึ่งใช้เวลาในการผลิตนานมากกว่าเครื่องจักรอุตสาหกรรม จึงทำให้ไม่สามารถตอบรับความต้องการของตลาดผ้าไหมไทยได้ในแต่ละชนิดของเส้นไหมนั้นมีกระบวนการในการผลิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น ไหมไทยเส้นใหญ่จะมีความยุ่งยากกว่าไหมชนิดอื่น เพราะไหมเส้นไทยใหญ่นั้นมีความหยาบและหนากว่าไหมชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับ ไหมไทยเส้นเรียบ

รูปที่ 1 เครื่องค้นหมี่เส้นไหมแบบดั้งเดิม

ตัวควบคุม PI และ PID ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทำให้เกิดหลักการและทฤษฎีการควบคุมแบบใหม่ ๆ ที่สามารถใช้ควบคุมกระบวนการที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การควบคุมกระบวนการแบบ PI และ PID ก็ยังคงเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย [5-9] ทั้งนี้ก็เพราะตัวควบคุมมีโครงสร้างการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการออกแบบและนำมาใช้งาน รวมถึงการบำรุงรักษา และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับตัวควบคุมก็ทำได้ไม่ยุ่งยาก ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการปรับปรุงแก้ไข กระบวนการทำงานของเครื่องค้นหมี่โดยอาศัยการควบคุมอัตโนมัติเพื่อพัฒนาให้สามารถควบคุมความเร็วรอบ ตรวจจับความเร็วรอบ และปรับระดับความเร็วได้ อาศัยการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการระบุเอกลักษณ์เพื่อออกแบบตัวควบคุมพีไอด้วยวิธีทางเดินราก โดยสร้างต้นแบบเครื่องค้นหมี่อัตโนมัติ ที่สามารถควบคุมความเร็วได้ 2 ระดับ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานจริง และสร้างแกนเลื่อนเส้นไหมแบบอัตโนมัติแทนการใช้แรงงานคน เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการค้นหมี่เส้นไหม

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถหาสมการทางคณิตศาสตร์ ได้จากความสัมพันธ์ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หาค่าความสัมพันธ์แรงดันทางด้านอาร์เมเจอร์ [10] คือ

$$V = Ri + L\frac{di}{dt} + e \quad (1)$$

โดยที่ $e=k_e\omega$ เมื่อ e คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับและ k_eคือค่าคงตัวของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับของมอเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเขียนแสดงได้ว่า

$$\tau = J\frac{d\omega}{dt} + \beta\omega + m \quad (2)$$

เนื่องจากค่าแรงบิดเป็นสัดส่วนกับกระแสอาเมเจอร์ $\tau=k_i i$ และ k_i คือ ค่าคงตัวของแรงบิด ดังนั้น

$$k_i i = J\frac{d\omega}{dt} + \beta\omega + m \quad (3)$$

สามารถเขียนฟังก์ชันการถ่ายโอนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังนี้

$$\frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{k_i}{(Ls+R)(Js+\beta)+k_e k_i} \quad (4)$$

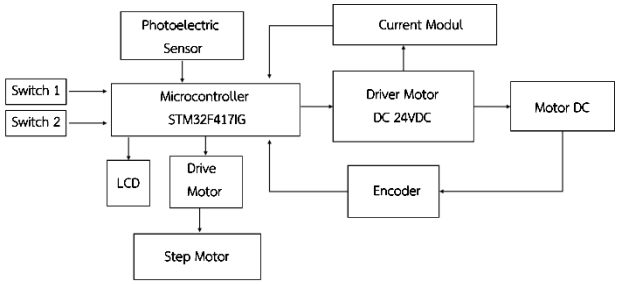
โดยที่ R และ L ค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดอาเมเจอร์ i คือค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์ J คือค่าโมเมนต์แรงเฉื่อยของโหลด β คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ω คือค่าความเร็วเชิงมุม และ *m* คือ ค่าแรงบิดของโหลดตามลำดับ

3. การออกแบบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่

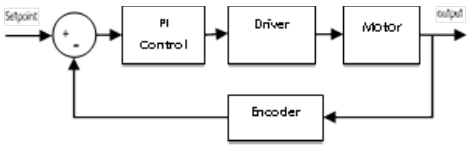
3.1 โครงสร้างของระบบ

แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่แสดงดังรูปที่ 3 หลักการทำงานของเครื่องค้นหมี่เส้นไหม เริ่มจากรับค่าอินพุตจากผู้ใช้งานเพื่อเลือกระดับความเร็วที่ต้องการส่งสัญญาณให้ยังบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล สร้างสัญญาณควบคุมให้วงจรขับมอเตอร์เพื่อสั่งงานและส่งสัญญาณพัลส์วิดท์มอดูเลชั่นในการควบคุมความเร็ว และอาศัยตัวตรวจจับความเร็วรอบเพื่อวัดค่าความเร็ว และสัญญาณป้อนกลับ มาควบคุมความเร็วให้ได้ตามค่าอินพุต และในการหมุนแต่ละรอบของมอเตอร์จะใช้ตัวตรวจจับแสงเพื่อควบคุมมอเตอร์อีกตัวที่ทำ

หน้าที่เลื่อนแกนสำหรับพันเส้นไหมแทนการใช้แรงงานคน และมีระบบการวัดกระแสเกินขนาด เพื่อสั่งให้ระบบหยุดการทำงานแบบอัตโนมัติเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ขนาด 32 บิตประมวลผล และกำหนดคุณลักษณะการตอบสนองตัวควบคุมแบบพีไอให้ได้ตามที่ต้องการ แผนภาพของระบบควบคุมแบบพีไอ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่เส้นไหม



รูปที่ 4 ระบบควบคุมแบบพีไอ

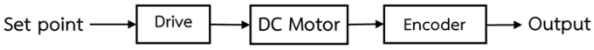
ตัวควบคุมแบบพีไอสามารถกำจัดความผิดพลาดให้เป็นศูนย์จากการเพิ่มส่วนอินทิเกรตสัญญาณ สำหรับสร้างสัญญาณควบคุม สัญญาณเอาต์พุตจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนค่าความผิดพลาดของระบบเป็นศูนย์ การออกแบบโครงสร้างเครื่องค้นหมี่อ้างอิงจากขนาดของเครื่องค้นหมี่ต้นแบบจากภูมิปัญญาชาวบ้านจะโป๊ะ อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา แสดงดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 โครงสร้างเครื่องค้นหมี่เส้นไหม

ขนาดของเครื่องค้นหมี่ที่ได้ออกแบบ มีความกว้างเท่ากับ 1.225 เมตร ความยาวเท่ากับ 1.650 เมตร และความสูงเท่ากับ 0.7 เมตร ตามลำดับ

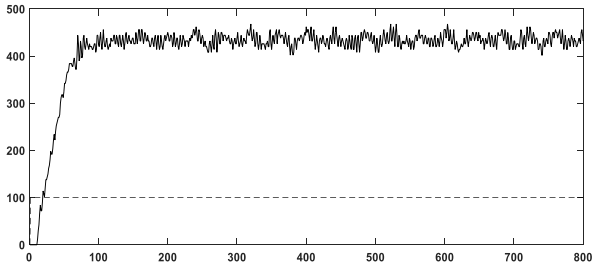
3.2 การระบุเอกลักษณ์

การหาฟังก์ชันถ่ายถ่ายโอนของระบบควบคุมความเร็วของเครื่องค้นหมี่เส้นไหมอาศัยการการระบุเอกลักษณ์ ที่ได้จากการทดสอบระบบแบบวงเปิดดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบเปิด

อาศัยการป้อนอินพุต (เส้นประ) ให้กับระบบวงเปิดและวัดผลตอบสนองทางเวลาของระบบ (เส้นทึบ) เพื่อใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของระบบโดยรวมสำหรับการระบุเอกลักษณ์ได้ดังรูปที่ 7

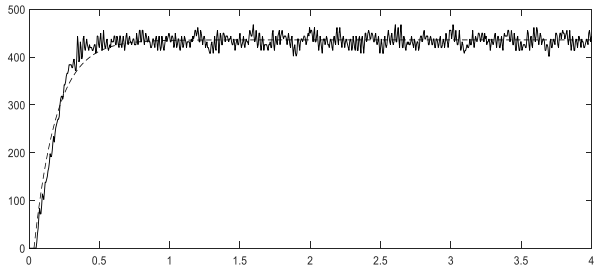


รูป 7 ผลตอบสนองทางเวลาของระบบควบคุมแบบเปิด

นำข้อมูลที่ได้จากการตัดข้อมูลของระบบวงเปิด มาทำการระบุเอกลักษณ์ด้วยระบบอันดับหนึ่ง ได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุมความเร็วเครื่องค้นหมี่เส้นไหม ดังนี้

$$G(\mathrm{s}) = \frac{K}{(1+\mathrm{T}_p 1s)} = \frac{4.3734}{(1+0.16076\mathrm{s})} \qquad (5)$$

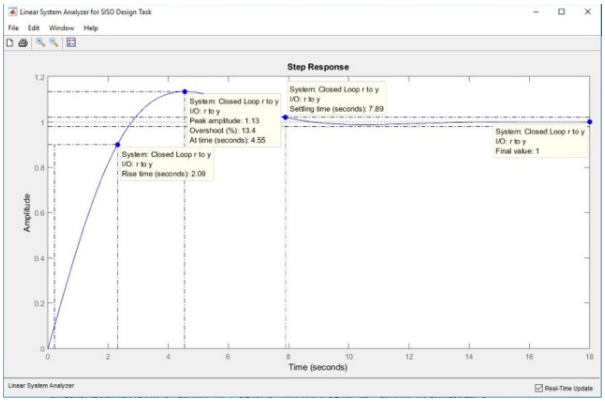
ผลตอบสนองทางเวลาของฟังก์ชันถ่ายโอนที่ได้จากการระบุเอกลักษณ์ (เส้นประ) และที่วัดได้จากระบบจริง (เส้นทึบ) แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เปรียบเทียบผลตอบสนองทางเวลาจากการระบุเอกลักษณ์และระบบจริง

3.3 การออกแบบตัวควบคุม

โดยทั่วไปลักษณะการตอบสนองที่สภาวะชั่วครู่ของระบบควบคุมป้อนกลับจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งโพลวงปิดของระบบ ถ้าค่าอัตราขยายของระบบมีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ตำแหน่งโพลวงปิดของระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอ เพื่อกำหนดตำแหน่งโพลวงปิดของระบบในตำแหน่งที่ต้องการ โดยการกำหนดเงื่อนไขผลตอบสนองทางเวลาของระบบให้ค่าพุ่งเกินมีค่าน้อยกว่า 15% อาศัยการวาดทางเดินรากด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้เกิดการตัดกันระหว่างค่าเวลาคงตัว กับค่าพุ่งเกินที่ต้องการ จะได้ผลตอบสนองทางเวลาของระบบควบคุมที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอ ดังรูปที่ 9

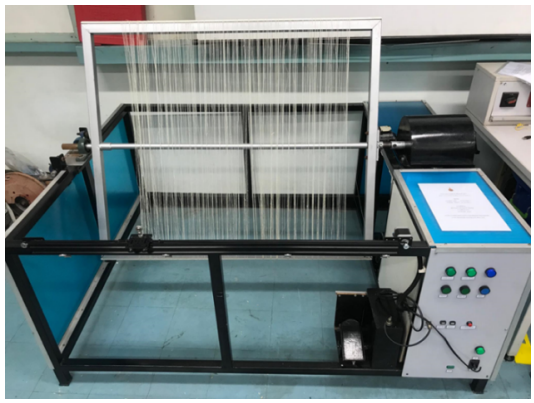


รูปที่ 9 ผลตอบสนองทางเวลาของระบบวงปิดที่ชดเชยด้วยตัวควบคุมพีไอ

ผลตอบสนองของระบบที่ได้จากการออกแบบมีค่าเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวเท่ากับ 7.89 วินาที ค่าพุ่งเกิน เท่ากับ 13.4% และค่าเวลาไต่ขึ้น เท่ากับ 2.09 วินาที ระบบสามารถจำกัดค่าความผิดพลาดให้เป็นศูนย์ จะได้ค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม K_I เท่ากับ 0.231 และค่า K_P เท่ากับ 0.277 ตามลำดับ

4. ผลการทดลอง

การทดสอบระบบควบคุมความเร็วสำหรับเครื่องค้นหมี่เส้นไหมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ขนาด 32 บิตในการประมวลผล เพื่อกำหนดคุณลักษณะการตอบสนองตัวควบคุมแบบพีไอให้ได้ตามที่ต้องการ ประกอบด้วยการวัดตอบสนองทางเวลาของระบบควบคุมวงปิดต่อสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันไดบริเวณจุดทำงานที่กำหนดได้จากค่าความเร็วที่ใช้งานจริงที่ 50 รอบต่อนาทีและ 100 รอบต่อนาที และทดสอบการลดความเร็วด้วยเบรกเท้าในสภาวะที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลง การทดสอบแกนเลื่อนเส้นไหมอัตโนมัติ และการทดสอบการค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการทอผ้าไหมด้วยมือ เครื่องค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการทดลองแสดงดังรูปที่ 10

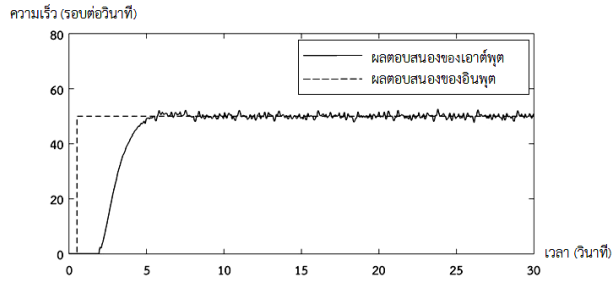


รูปที่ 10 เครื่องค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการทดลอง

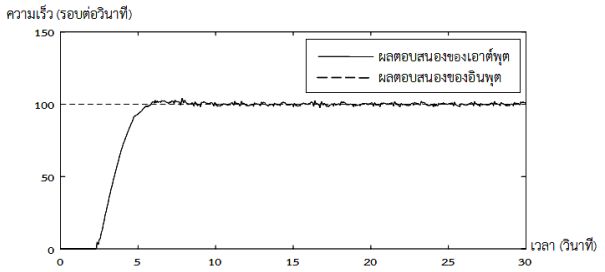
4.1 ผลตอบสนองทางเวลาต่อสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันได

ผลตอบสนองของระบบควบคุมความเร็วของระบบที่ได้จากการออกแบบ โดยกำหนดค่าความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที และ 100 รอบต่อนาทีแสดง ดังรูปที่ 11 และรูปที่ 12 ตามลำดับ

จากรูปที่ 11 ผลตอบสนองทางเวลาของระบบทดสอบความเร็ว 50 รอบต่อนาที ขณะมีโหลดเส้นไหม ระบบสามารถปรับความเร็วให้มีค่าเท่ากับความเร็วที่ต้องการได้ โดยมีช่วงเวลาการไต่ขึ้นเท่ากับ 4.9 วินาที เวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว 5 วินาที และไม่มีค่าพุ่งเกิน



รูปที่ 11 ผลตอบสนองทางเวลาที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที

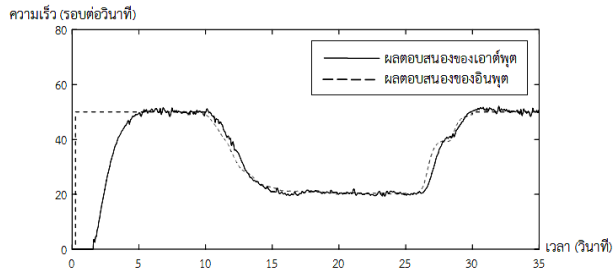


รูปที่ 12 ผลตอบสนองทางเวลาที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 12 ผลตอบสนองทางเวลาจากระบบที่ความเร็วคงที่ 100 รอบต่อนาที ค่าเวลาไต่ระดับของระบบเท่ากับ 2.7 วินาทีเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัว 5.2 วินาที และค่าพุ่งเกินเท่ากับศูนย์

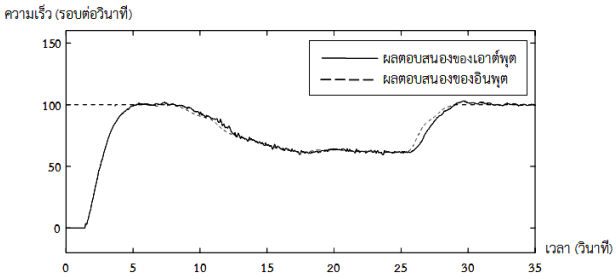
4.2 ผลตอบสนองทางเวลาของระบบเบรก

ระบบควบคุมความเร็วเครื่องค้นหมี่เส้นไหม มีระบบการลดความเร็วของระบบขณะที่ภาระโหลดของระบบเปลี่ยนแปลง การทดสอบผลตอบสนองทางเวลาของระบบขณะเบรก เพื่อลดความเร็วที่ 50 รอบต่อนาที และความเร็ว 100 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 13 และ 14



รูปที่ 13 ผลตอบสนองทางเวลาความเร็ว 50 รอบต่อนาที เมื่อลดความเร็วด้วยระบบเบรก

รูปที่ 13 แสดงผลตอบสนองทางเวลาของระบบเมื่อลดความเร็วด้วยเบรก เมื่อลดความเร็วระบบสามารถลดความเร็วได้ตามต้องการ โดยในช่วงเวลาเริ่มต้นระบบยังคงรักษาความเร็วคงที่ และเมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 10 วินาที ระบบถูกลดความเร็วลง เมื่อระบบเบรกหยุดทำงานที่ช่วงเวลา 25 วินาที ระบบเพิ่มความเร็วไปตามที่กำหนด

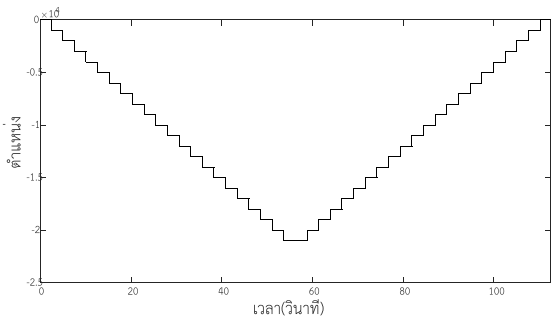


รูปที่ 14 ผลตอบสนองทางเวลาความเร็ว 100 รอบต่อนาที เมื่อลดความเร็วด้วยระบบเบรก

ทำนองเดียวกับระบบควบคุมที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ตัวควบคุมสามารถลดความเร็วลงได้ตามต้องการ โดยเริ่มต้นจากความเร็ว 100 รอบต่อนาที และเมื่อเวลาผ่านไป 8 วินาที ระบบถูกลดความเร็วลง ที่เวลา 25 วินาที ระบบเพิ่มความเร็วได้ตามที่กำหนด

4.3 การทดสอบแกนเลื่อนเส้นไหมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมความเร็วเครื่องค้นหมี่เส้นไหม มีการควบคุมในส่วนของการเลื่อนตำแหน่งของเส้นไหมแบบอัตโนมัติด้วยแกนเลื่อนแทนการใช้แรงงานคนโดยการเพิ่มมอเตอร์อีกหนึ่งตัว ผลการทดลองการเลื่อนตำแหน่งของแกนเลื่อนแสดงดังรูปที่ 15

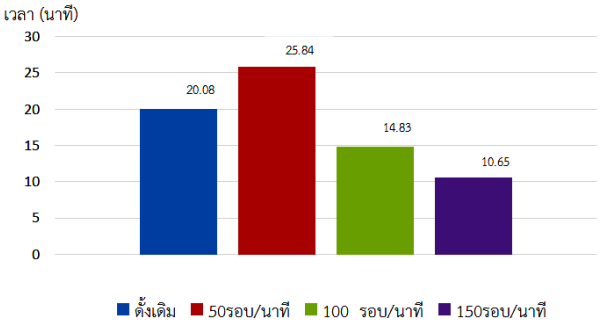


รูปที่ 15 ผลตอบสนองแกนเลื่อนเส้นไหม

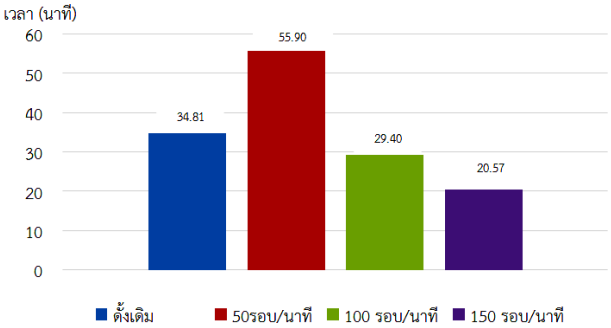
แกนเลื่อนเส้นไหมอัตโนมัติจะเลื่อนตำแหน่งตามการนับจำนวนรอบแกนหมุนของเครื่องค้นหมี่เส้นไหม การเคลื่อนที่ของแกนเลื่อนไป-กลับ หนึ่งรอบใช้เวลา 112 วินาที

4.4 การทดสอบเครื่องค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการทอผ้าไหม

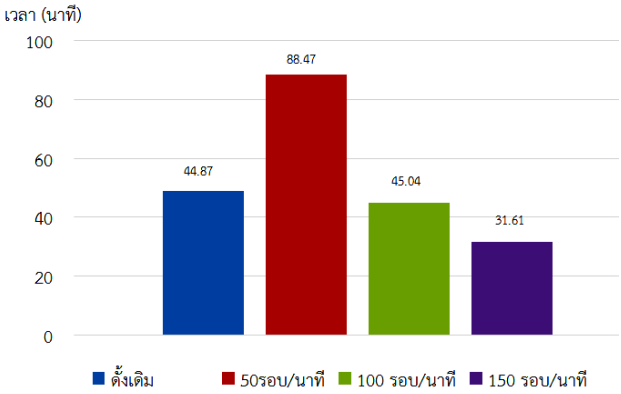
ในส่วนของการทดสอบค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการเตรียมทอผ้าไหมด้วยมือ โดยแบ่งเส้นไหมให้มีความยาว 50 100 และ 150 เมตร ใช้ความเร็วในการทดลองที่ 50 รอบต่อนาที 100 รอบต่อนาที และ 150 รอบต่อนาที เพื่อทำการเปรียบเทียบกับเครื่องค้นหมี่เส้นไหมแบบดั้งเดิมที่ใช้แรงงานคน ผลการทดสอบการทำงานเครื่องค้นหมี่อัตโนมัติ ที่ความยาว 50 เมตร ความเร็วที่ 50 รอบต่อนาที โดยทดลองจำนวน 30 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยที่ 25.84 วินาที ผลการทดสอบกับเครื่องค้นหมี่แบบดั้งเดิม มีค่าเฉลี่ยที่ 20.08 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 16 โดยที่เครื่องแบบดั้งเดิมมีความเร็วรอบอยู่ที่ 50 รอบต่อนาที ทำนองเดียวกัน ผลการทดสอบค้นหมี่เส้นไหมสำหรับการทอผ้าไหมด้วยมือ ที่เส้นไหมมีความยาว 100 และ 150 เมตร แสดงดังรูปที่ 17 และ 18 ตามลำดับ



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของเครื่องค้นหมี่เส้นไหมที่ความยาว 50 เมตร



รูปที่ 17 การเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของเครื่องค้นหมี่เส้นไหมที่ความยาว 100 เมตร



รูปที่ 18 การเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของเครื่องค้นหมี่เส้นไหมที่ความยาว 150 เมตร

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอของระบบวงปิดสำหรับควบคุมความเร็วเครื่องค้นหมี่เส้นไหมอัตโนมัติเพื่อทดแทนการใช้งานเครื่องค้นหมี่แบบดั้งเดิมที่อาศัยการใช้แรงงานคน โดยอาศัยออกแบบและหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจากการทดสอบระบบวงเปิด จากผลการทดสอบระบบที่จุดทำงานของเครื่องค้นหมี่ที่ความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที และ 100 รอบต่อนาที พบว่าระบบควบคุมสามารถปรับปรุงผลตอบสนองของระบบให้ได้ตามที่ต้องการ สามารถกำจัดค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัว และค่าพุ่งเกินเท่ากับศูนย์เพื่อไม่ให้เกิดการกระชากเส้นไหมขาดได้เป็นอย่างดี ตัวควบคุมทำการประมวลผลแบบเวลาจริงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 และสามารถทำงานร่วมกับแกนเลื่อนสำหรับเส้นไหมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการทดสอบระบบที่จุดทำงานของเครื่องค้นหมี่ที่ความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที และ 100 รอบต่อนาทีขณะไม่มีโหลด พบว่าระบบควบคุมสามารถปรับปรุงผลตอบสนองของระบบให้ได้ตามความต้องการที่ค่าพุ่งเกินน้อยกว่า 10% สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว และการใช้งานขณะมีโหลดเส้นไหมไทยที่มีขนาดความยาว 50 เมตร ความยาวที่ 100 เมตร และความยาวที่ 150 เมตร มาทดสอบกับความเร็ว 3 ระดับ ที่ความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที ความเร็วคงที่ 100 รอบต่อนาที และความเร็วคงที่ 150 รอบต่อนาที โดยทดสอบความยาวไหมไทยเปรียบเทียบกับเวลาในแต่ละระดับความเร็ว เมื่อนำเปรียบเทียบกับเครื่องค้นหมี่แบบดังเดิม พบว่าเครื่องค้นหมี่ที่

พัฒนาขึ้นมาสามารถใช้งานได้โดยสามารถแสดงความเร็วรอบต่อนาทีและควบคุมความเร็วรอบได้คงที่ในสภาวะคงตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการตรวจจับกระแสเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์มีโหลดเกินขนาด

6. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือสำหรับทำการทดลองได้ความอนุเคราะห์จาก สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และงบประมาณสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อรทัย สายสะอาดและคณะ "ค่านิยมและพฤติกรรมการซื้อผ้าไหมของผู้บริโภคชาวไทยในจังหวัดอุบลราชธานี ชาวกัมพูชาในจังหวัดเสียมเรียบ และชาวลาวในเมืองชนะสมบูรณ์," วารสารศรีวนาลัยวิจัย, ปีที่ 4, ฉบับที่ 7, 2557.

[2] ศิริพร บุญชู และ นันทวรรณ รักพงษ์, "คู่มือการผลิตเส้นไหมไทยพื้นบ้านอีสาน," กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.

[3] พลากร อ้มพรมราช และสมพร พิเมย, “ปริญญานิพนธ์ออกแบบและสร้างเครื่องมือสาหรับเตรียมการมัดหมี่,” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2556.

[4] ธนพล บัวสนิท และวรวุฒิ จินดาวัลย์, “การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เตรียมเส้นไหมสาหรับการมัดหมี่,” ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, วิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 2557.

[5] S.Krzysztof, O.K.Teresa, "Vibration Suppression in a Two-Mass Drive System Using PI Speed Controller and Additional Feedbacks Comparative Study," IEEE Transactions on Industrial Electronics. vol. 54, pp. 1193-1206, 2007

[6] K. J. Astrom and T. Hagglund, "Automatic Tuning of PID Controllers," Instrument Society of America, 1998.

[7] L. Harnefors, S.E. Saarakkala and M. Hinkkanen, "Speed, Control of Electrical Drives Using Classical Control Methods," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.49, No.2, pp. 889 - 898, 2013.

[8] W. Zhang, Y. Xi, G. Yang, X. Xu, "Design PID controllers for desired time-domain or frequency-domain response," ISA Transactions, vol.41, pp. 511–520, 2002.

[9] J. Huang, H. Fang and J. Wang, "A PI controller optimized with modified differential evolution algorithm for speed control of BLDC motor," Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications, Vol.60(2),2019.

[10] B.C. Kuo, "Automatic Control System," NJ: Prentice-Hall,1995.