การพัฒนาเอจีวีด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ฟัซซี่และพีไอดีในการควบคุม
AGV Development by Microcontroller Using Fuzzy Logic and PID Control.

สุมณฑา นิวัต

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800. E-mail:imtrb16@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับกลางและระดับสูงในการผลิตสินค้าจำนวนมากในเวลาอันสั้น เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคและจะต้องมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ จึงมีการนำหุ่นยนต์ระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนที่มนุษย์เพิ่มมากขึ้น รถขนส่งอัตโนมัติเป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ มีระบบควบคุมเส้นทางและนำทางการขับเคลื่อนด้วยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่ฝังอยู่ในพื้นผิวทางเดินเอจีวีเคลื่อนไปตามเส้นทางที่กำหนด แต่ในอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานเอจีวีมักจะพบว่าเอจีวีหลุดออกนอกเส้นทาง ทำให้เอจีวีหลุดออกนอกเส้นทาง ซึ่งเสียเวลามากที่จะนำกลับไปยังเส้นทางเดิม ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะใช้ระบบควบคุมฟัซซี่และพีไอดีสำหรับการสร้างเอจีวีต้นแบบ ผลการวิจัยพบว่าการควบคุมแบบฟัซซี่นั้นสามารถสร้างเงื่อนไขในการควบคุมได้หลายเงื่อนไขและยืดหยุ่นกว่าพีไอดี จึงทำให้การควบคุมแบบฟัซซี่เหมาะสมกว่าการควบคุมพีไอดี

คำสำคัญ: เอจีวี ฟัซซี่ลอจิก พีไอดี

Abstract

Presently, factories in Thailand have growth rate increasing rapidly. Especially, High-level and mid-level Product industries that require technology with high competition to produce a lot product in a short time in order to keep pace with demand and low production cost. Then, Robotic automation have requirement to replace human increasing. Automated vehicles are moving themselves without a driver. Control and navigation path driven by the induction of the magnetic field embedded in the surface of lane AGV controlled. Move along the path set by the processing controlled by a microcontroller. But in the industry AGV applications often encounter detours, making AGV moving towards the unexpected target. It's waste a lot of time to bring back to setup. There for, researcher have concept to implement controller system they call "Fuzzy logic and PID" for create AGV prototype, the results of the control handle fuzzy it can create the conditions for a controlled and flexible terms than PID. It fuzzy control over the proper PID controller.

Keyword: automatic guide vehicle, fuzzy, PID.

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้โรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับกลาง และระดับสูง จึงมีการแข่งขันที่สูงในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน ต้องการผลผลิตเป็นจำนวนมากในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค และจะต้องมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ จึงมีการนำหุ่นยนต์ระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้แทนที่มนุษย์เพิ่มมากขึ้น โดยหุ่นยนต์เข้ามารับภาระงานบางอย่างแทนมนุษย์ ช่วยเพิ่มความสะดวก ลดภาระงาน รวมทั้งลดภาระค่าใช้จ่ายลงอีกด้วย เช่น งานการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ งานบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งงานลำเรียงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ หรือในงานที่มีความยากต่อการทำงานก่อให้เกิดความเมื่อยล้าแก่พนักงานและต้องใช้พนักงานในการทำงานจำนวนหลายคนในงานชิ้นนั้นๆ

เอจีวี (Automated Guided Vehicles: AGV) เป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ เอจีวีถูกนำมาใช้งานจริงในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1953 ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยตอนนั้นถูกนำมาใช้ขนถ่ายสินค้าในโกดังเก็บสินค้า ทำให้สามารถประหยัดในเรื่องของแรงงานคนและเวลาได้เป็นอย่างดี เอจีวีหรือเรียกกันว่ารถขนส่งอัตโนมัติมีระบบควบคุมเส้นทางและนำทางการขับเคลื่อนด้วยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่ฝังอยู่ในพื้นผิวทางเดินเอจีวีเพื่อให้เอจีวีสามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้ ด้วยการประมวลผลควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในอุตสาหกรรมที่มีการนำเอจีวีมาใช้งานมักจะประสบกับปัญหาเอจีวีเคลื่อนที่ออกนอกเส้นทางทำให้เอจีวีเคลื่อนที่ไปสู่จุดหมายที่คาดเคลื่อนเสียเวลานำเอจีวีกลับเข้ามาสู่เส้นทางเดิมและเกิดการจราจรติดขัดภายในเส้นทางนั้นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมโดยการนำตัวควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกและพีไอดีมาใช้ควบคุมเอจีวี

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับบทความและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเอจีวี

2.2 เพื่อออกแบบโครงสร้างของเอจีวี

2.3 เพื่อสร้างเอจีวีต้นแบบ

2.4 เพื่อออกแบบระบบการขับเคลื่อน ระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม

2.5 เพื่อออกแบบโปรแกรมควบคุมพีไอดีและฟัซซี่ลอจิก

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การควบคุมแบบ PID

การควบคุมแบบ PID การควบคุมแบบ PID เป็นการควบคุมสัญญาณเอาท์พุทในการควบคุมของกระบวนการ โดยใช้แบบสัดส่วนรวมกับแบบปริพันธ์และรวมกับ แบบอนุพันธ์ (PID control) หรือที่เรียกการควบคุมแบบ 3 เทอม ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญสามส่วนได้แก่ Proportional (P) หมายถึง การปรับสัดส่วนสัญญาณ, Integral (I) หมายถึง การอินทิเกรตสัญญาณและ Derivative (D) หมายถึง การอนุพันธ์สัญญาณ แสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Output = K_P e + K_I \int_0^t e\,dt + K_D \frac{de}{dt}$$

เมื่อ K_P = ค่าคงที่

K_I = ค่าคงที่ของการอินทิกรัล

$\int_0^t e\,dt$ = การอินทิกรัลค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงคาบเวลา

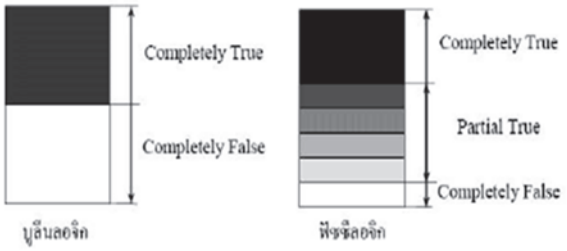
K_D = ค่าคงที่ของการอนุพันธ์

$\frac{de}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงของความคลาดเคลื่อนเทียบเวลา

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของกระบวนการ

3.2 ทฤษฎีฟัซซี่

3.2.1 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี่ ตรรกะแบบฟัซซี่ (Fuzzy logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซี่ลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี่ (ฟัซซี่ลอจิก)

ความเป็นฟัซซี่ (fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (multivalance) ซึ่งมีค่าที่ความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (bivalence) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัซซี่เซต (Fuzzy set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง “ความไม่แน่นอน (uncertainty)” สามารถที่ ไม่ใช่ เพียง 2 กรณี ซึ่งหากกำหนดว่า คนที่อ้วนคือคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม คอมพิวเตอร์จะให้ผลว่าคนที่มีน้ำหนัก 74.50 กิโลกรัม ไม่จัดเป็นคนที่อ้วน จะสร้างและกำหนดรูปแบบ (modeling) ของลักษณะความไม่แน่นอนที่เป็นความคลุมเครือความไม่ตายตัว รวมถึงความขาดข้อมูลบางส่วน โดยทฤษฎีของฟัซซี่เซตจะใช้ลักษณะความหมายตัวแปร (linguistic) มากกว่าปริมาณ (quantitative) ของตัวแปร เช่น การหาความหมายของ “คนที่อ้วน” เราไม่สามารถนิยามค่าความอ้วนที่ตรงกันและระบุเป็นหนึ่งเดียว (identical) สาหรับคนที่อ้วน นาย ก. จะให้ความหมายของ “คนอ้วน” หมายถึงคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 70 กิโลกรัม นาย ข. ให้ความหมายว่าเป็นคนที่มีน้ำหนักมากกว่า 75 กิโลกรัม ซึ่งทั้งสองคนต่างแสดงความหมายของคาว่าคนที่อ้วนโดยเปรียบเทียบและในมุมมองของตัวเองตามน้ำหนักของตน ในการทางานในมุมมองแบบฐานสอง (Binary sense) จะได้ผลเป็น ใช่ หรือ แต่จะเห็นว่าบุคคลนี้เป็นคนอ้วนน้ำหนักเกือบจะ 75 กิโลกรัม และถึงแม้ว่าบุคคลนี้จะมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม แต่หากพิจารณาจากกลุ่มคนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม บุคคลนี้ก็จะไม่จัดอยู่ในกลุ่มคนที่อ้วน แสดงให้เห็นว่า ความอ้วนไม่ได้มีลักษณะความไม่แน่นอนแบบสุ่ม จากการศึกษาปัญหาทั่วๆ ไปจะแสดงถึงรูปแบบลักษณะการกระจายของปัญหา

3.2.2 ระบบกฎฟัซซี่ของแมมดานิ (Mamdani) ระบบกฎฟัซซี่แบบ Mamdani เป็นระบบที่มีความนิยมใช้มากที่สุดระบบหนึ่งในทางปฏิบัติ เป็นระบบที่ใช้ตัวแปรภาษาทั้งในข้อตั้งและข้อตามเพื่อจัดเทียบฟังก์ชันจาก $U_1xU_{2x...}U_n$ เป็น w

กฎที่ 1 : IF (X_1 is A_{11}) AND (X_2 is A_{12}) AND…AND (X_n is A_{1n}) THEN y is C_1

กฎที่ 2 : IF (X_1 is A_{12}) AND (X_2 is A_{22}) AND…AND (X_n is A_{2n}) THEN y is C_2

กฎที่ 3 : IF (X_1 is A_{L2}) AND (X_2 is A_{L2}) AND…AND (X_n is A_{Ln}) THEN y is C_L

4. การออกแบบเอจีวี

4.1 การออกแบบหาขนาดของมอเตอร์

การหาขนาดของมอเตอร์ที่ในการขับเคลื่อนโดยที่น้ำหนักของเอจีวีและสามารถรองรับน้ำหนักได้ 50 กิโลกรัม

จากสมการแรงเสียดทานสถิต

จากสมการ $F_{fric} = \mu_s xf$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สูตร $\sum F = ma$

$F - F_{fric} = ma$

$F - \mu_s f = ma$

เมื่อ $f = w = mg$

เมื่อน้ำหนักของรถรวมกับน้ำหนักของสิ่งของบรรทุก

$M = 100$ kg

$F = 100$ kg x 9.81 m/s^2

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ลำดับ	แรงเสียดทาน	หน่วย (นิวตัน)
1	แรงเสียดทานบนพื้นทั่วไป	0.8
2	แรงเสียดทานของล้อ	0.015
3	แรงเสียดทานอากาศ	0.02
4	แรงเสียดทานของแบริ่ง	0.006

$\mathbf{R_n}$ แรงเสียดทานทั่วไป

R_b แรงเสียดทานของล้อ

R_r แรงเสียดทานอากาศ

R_a แรงเสียดทานของแบริ่ง

จากสมการ $\mu s = R_n + R_b + R_r + R_a$

$= 0.8 + 0.015 + 0.02 + 0.06$

$= 0.841$ N

$F_{fric} = 0.841 \times 686.7$

$= 577.5$ N

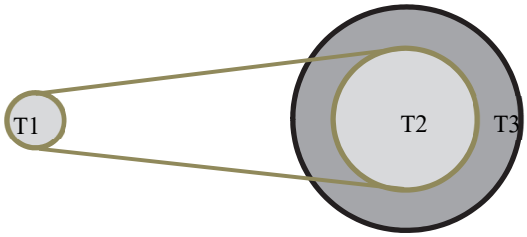
จากมอเตอร์ไฟฟ้า 12V มีแรงบิด 9.45 Nm อัตราเร็ว 353 รอบต่อนาทีเส้นผ่านศูนย์กลางเกียร์ขับ 0.05m

จากสมการ $T = F \times r$

$= 577.5 \times 0.025$

$= 14.4375$ N. m

แรงที่ใช้ในการฉุดรถต้องมากกว่า 577.5 N ซึ่งแรงบิดของมอเตอร์หนึ่งตัวเท่ากับ 9.45 Nm แต่ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสองตัวจะได้แรงบิดเท่ากับ 18.9 Nm ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นตัวขับเคลื่อน



ภาพที่ 2 : การหาอัตราทดของเกียร์

$$\frac{\text{จำนวนฟันตาม}}{\text{จำนวนฟันขับ}} = \frac{32}{13} = 2.461$$

หาความเร็วของ T2

$$\frac{\text{ความเร็วรอบมอเตอร์}}{\text{อัตราทด}} = \frac{600}{2.461} = 243.75 \text{ rpm}$$

หาความเร็วของ T3

$V = \omega \times r$

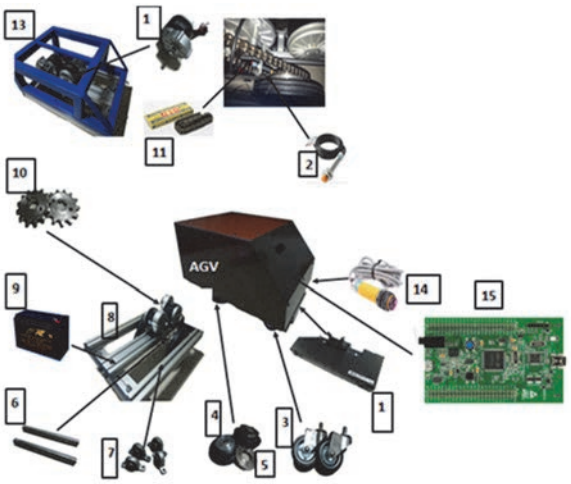
$V = 2\pi n \times r$

$V = 2\pi (243.75) \times (0.1)$

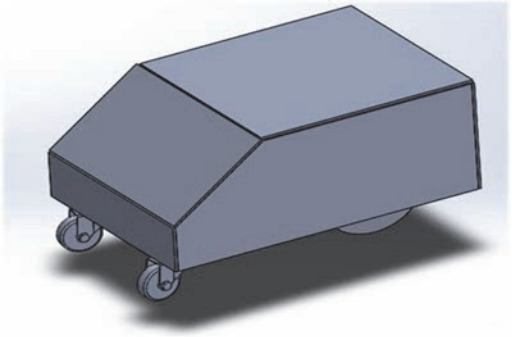
$V = 153.152$ เมตร/นาที

4.2 ส่วนประกอบของเอจีวี

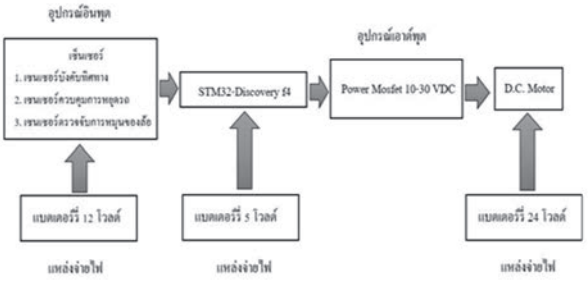
จากภาพที่ 3 เป็นส่วนประกอบของเอจีวีจะมีอุปกรณ์อินพุตซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์บังคับทิศทางทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเอจีวีให้วิ่งตามเส้น เซนเซอร์ควบคุมการหยุดรถทำหน้าที่ตรวจจับเส้นเพื่อให้เอจีวีหยุดในตำแหน่งที่เรากำหนดไว้และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุด้านหน้าของรถซึ่งจากการทำงานของเซนเซอร์ทั้งสี่ตัวนี้จะส่งสัญญาณไปยังบอร์ด STM 32 F4 Discovery เพื่อไปควบคุมการทำงานชุดขับเคลื่อนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้ทำงานตามที่กำหนดดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 3 : อุปกรณ์ของเอจีวี



ภาพที่ 4 : ภาพจำลองเอจีวี

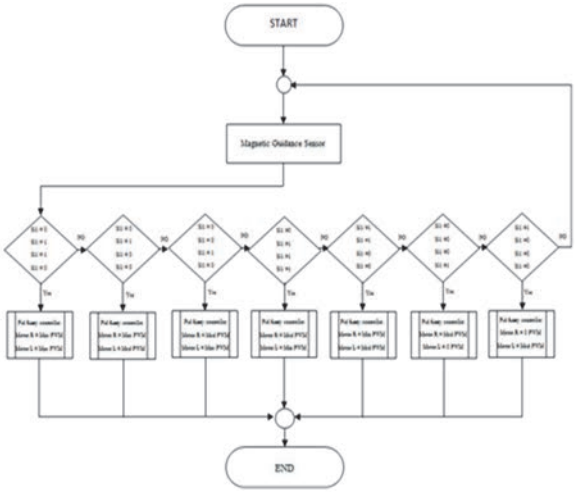


ภาพที่ 5 : หลักการทำงานเอจีวี

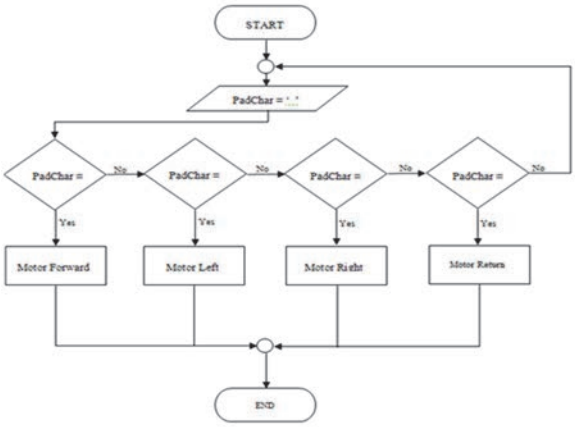
4.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานเอจีวี

การควบคุมเครื่องจำลองกระบวนการด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยเลือกใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อใช้ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของเอจีวีและใช้การควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่เพื่อช่วยในการควบคุมการทำงานของเอจีวีดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7

4.3.1 โปรแกรม Auto Control

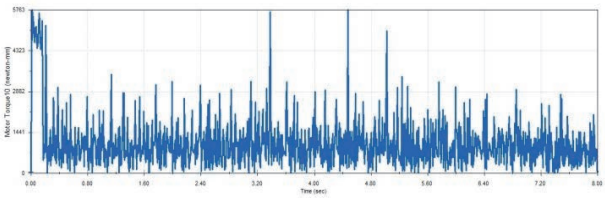


ภาพที่ 6 : หลักการควบคุมแบบอัตโนมัติ



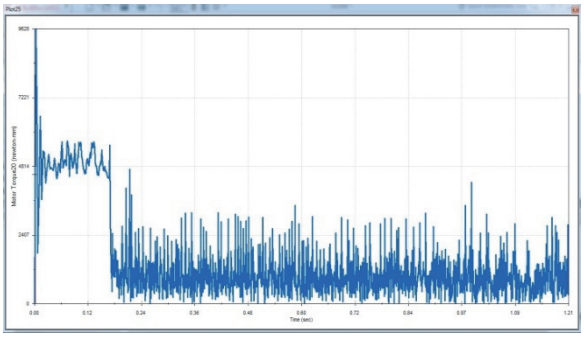
ภาพที่ 7 : หลักการควบคุมแบบควบคุมด้วยมือ

5. การทดสอบแรงบิดของมอเตอร์เทียบกับเวลาโดย วิธีการจำลองผ่านโปรแกรม **Solid work**



ภาพที่ 8 : กราฟเปรียบเทียบแรงบิดกับเวลาในขณะไม่มีภาระ

จากภาพที่ 8 เป็นกราฟที่แสดงถึงสถานะของมอเตอร์ที่จะต้องใช้แรงบิดในช่วงแรกมากเพราะในช่วงแรกมอเตอร์อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง มอเตอร์ต้องสร้างแรงบิดที่สามารถชนะน้ำหนักตัวมันเองและแรงเสียดทานที่ล้อกระทำกับพื้นจึงทำให้ค่าแรงบิดของมอเตอร์ในช่วงแรกคือ 5.846 นิวตันเมตร เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนมอเตอร์ยังต้องสร้างแรงบิดเพื่อให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ แต่ค่าของแรงบิดช่วงเวลาก่อนที่จะหมุนด้วยความเร็วคงที่นั้นมีช่วงเวลาที่เกิดขึ้นน้อยเพราะไม่มีภาระจึงทำให้ช่วงที่มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่เกิดขึ้นทันที แรงบิดที่ความเร็วคงที่ใช้จะมีค่าประมาณ 0.864 นิวตันเมตร เพราะเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่แรงบิดที่ต้องการนั้นเพื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่เท่านั้น



ภาพที่ 9 : กราฟเปรียบเทียบแรงบิดกับเวลาในขณะมีภาระ

จากภาพที่ 9 เป็นกราฟที่แสดงถึงสถานะของมอเตอร์ที่จะต้องใช้แรงบิดในช่วงแรกมากเพราะในช่วงแรกมอเตอร์อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง มอเตอร์ต้องสร้างแรงบิดที่สามารถชนะน้ำหนักตัวมันเองและแรงเสียดทานที่ล้อกระทำกับพื้นจึงทำให้ค่าแรงบิดของมอเตอร์ในช่วงแรกคือ 9.628 นิวตัน-เมตร เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนมอเตอร์ยังต้องสร้างแรงบิดเพื่อให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ ค่าของแรงบิดช่วงเวลาก่อนที่จะหมุนด้วยความเร็วคงที่ มีค่าประมาณ 4.814 นิวตันเมตร และเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่แรงบิดที่ใช้จะมีค่าประมาณ 1.2 นิวตันเมตร เพราะเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่แรงบิดที่ต้องการนั้นเพื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่เท่านั้น

6. สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการทดสอบแรงบิดที่มอเตอร์ขับโดยทดสอบทั้งสองแบบนั้นพบว่า ในขณะที่เอจีวีไม่ได้บรรทุกวัสดุหรือไม่มีภาระจะใช้แรงบิดที่ 5.846 Nm และสภาวะที่บรรทุกวัสดุหรือมีภาระกราฟที่สูงสุดอยู่ที่ 9.628 Nm ซึ่งแรงบิดนั้นสามารถรับภาระการบรรทุกวัสดุได้เพราะแรงบิดที่มอเตอร์แต่ละมอเตอร์นั้นรับได้ 9 Nm ซึ่งเอจีวีใช้จำนวนมอเตอร์ 2 มอเตอร์ทำให้รับได้ถึง 18 Nm ผลการทดสอบนั้นสามารถที่รับน้ำหนักได้ 50 kg ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจับพบว่าการควบคุมเอจีวีโดยใช้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกนั้นเหมาะสมมากกว่าการควบคุมแบบพีไอดี เพราะการควบคุมแบบฟัซซี่นั้นสามารถสร้างเงื่อนไขในการควบคุมได้มากกว่าและยืดหยุ่นกว่าพีไอดี เนื่องจากการที่เอจีวีไปถึงสถานีต่างๆ ได้นั้นมีอุปสรรคระหว่างทางทำให้เอจีวีต้องการตัดสินใจหลบหลีกหรือแก้ไขในการเลือกเส้นทางเพื่อให้ถึงสถานีที่กำหนด จึงทำให้การควบคุมแบบฟัซซี่เหมาะสมกว่าการควบคุมพีไอดี

8.เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงอุตสาหกรรม, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม) .2554). [ออนไลน์ .["แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ .ศ.2555-2574". [สืบค้นวันที่ 12 มกราคม 2558]. จาก http://www.oie.go.th/article/แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย-พศ-2555-2574
2. นริศ โกธิศรี และปิติพงษ์ ใยพันธ์) .2556). หุ่นยนต์ขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชา. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ .วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. นิโรจน์ หวันปรัตน์) .2556). เอจีวี. [ออนไลน์ สืบค้นวันที่] .[12 มกราคม 2558].
จาก http://nirotsol012.blogspot.com/2013/09/agv-automated-guided-vehicles-agv.html