



การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้วิธีการควบคุมความเร็วสัญญาณพัลส์

ธราธิป ภูระหงษ์^{1*} และ ศุภชัย ปลายเนตร²

The control of a robot arm using speed pulse control method

Tharathip Poorahong^{1*} and Supachai Prainetr²

^{1,2}สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม ถ.นิตโย ต.หนองญาติ อ.เมือง จังหวัดนครพนม 48000

^{1,2}Department of Industrial Electrical Technology Nakhonphanom Technical Collage Nakhonphanom University, Nakhonphanom 48000

* Corresponding author. E-mail: tharathip_ph@yahoo.co.th

Received 3 August 2009; accepted 19 April 2010

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เสนอเรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยวิธีการควบคุมสัญญาณพัลส์ โดยมีการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถจับลูกเปตองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ซม.และมีขนาดน้ำหนัก 800 กรัม. มีการป้อนและจับลูกเปตองแบบอัตโนมัติโดยมีวัตถุประสงค์ในการโยนลูกเปตองให้ได้ความเร็วและตำแหน่งที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย เครื่องโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์เซอร์โว แอมพลิไฟเออร์ มอเตอร์เซอร์โวและระบบนิวแมติกส์ สำหรับโปรแกรมในการควบคุมแขนกลใช้ภาษาแลดเดอร์โปรแกรม โดยวิธีการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลใช้วิธีการควบคุมความเร็วของสัญญาณพัลส์ออกของตัวควบคุม(PLSV)เพื่อส่งไปยังชุดเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์และเซอร์โวมอเตอร์

ผลการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลปรากฏว่าโดยวิธีการควบคุมสัญญาณพัลส์ออกของตัวควบคุม(PLSV) และมีการป้อนกลับของสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ภายในเซอร์โวมอเตอร์เมื่อโปรแกรมทำการประเมิผลตามที่ได้ออกแบบแล้ว ปรากฏว่าแขนกลสามารถโยนลูกเปตองได้ตามตำแหน่งเป้าหมายได้แม่นยำโดยมีความคลาดเคลื่อนจากการโยน ± 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเราสามารถนำผลจากการวิจัยในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: variable speed pulse output, Acceleration time, Dacceleration time

Abstract

This paper research a present a control of a robot arm using by variable speed pulse control method(PLSV). TheServo amplifier controls the movement quantity and the speed according to the command given by the positioning controller. The servo motor then transmits rotation to the drive mechanism after receiving signals from the servo amplifier.

Result the experiment the control a robot arm using by variable speed pulse control method(PLSV) can reduce the position errors and frequent operation is enabled by a low inertial motor, the maximum torque is increased and the system can be applied to a wide variety of machines.

Keywords: variable speed pulse output, Acceleration time, Dacceleration time

1. บทนำ

การควบคุมระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงานและระบบการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลจะเน้นใช้วิธีการประหยัดพลังงานและการผลิตด้วยกระบวนการอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตสินค้าให้มี

คุณภาพสูงและได้มาตรฐาน เซอร์โวมอเตอร์จึงถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการผลิตระบบอัตโนมัติ โดยถูกนำมาใช้ในการขับเคลื่อนควบคุมตำแหน่ง โดยมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดเด่นคือค่าแรงบิดต่อน้ำหนักมีค่าสูง มีการกระจายความร้อนได้ดีและมีค่าโมเมนต์ความเฉื่อยต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไป จากข้อดีดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเช่น

เครื่องจักรอัตโนมัติ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ระบบควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์แต่เมื่อมีการรบกวนจากภายนอกและการเบี่ยงเบนค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ไม่แน่นอนจะเป็นระบบที่มีคุณสมบัติทางพลวัต (Dynamic) ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear)

ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เมื่อมีการงานที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านระบบไมโครโปรเซสเซอร์จึงนิยมนำมาใช้ในระบบควบคุมงานอุตสาหกรรม โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมอย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการระบบควบคุมเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยวิธีการควบคุมความเร็วของสัญญาณพัลส์เพื่อนำผลจากการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในงานระบบควบคุมเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมต่อไป

2. ระบบกลไกเซอร์โวมอเตอร์ (Servomechanism System)

สำหรับระบบกลไกเซอร์โวมอเตอร์กลไกเซอร์โวมอเตอร์ในรูปที่ 1 เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ใช้สนามแม่เหล็ก (field current) มีค่าคงที่จะได้แรงบิดที่มอเตอร์ซึ่งมีสมการคือ

$$T = K_2 \cdot i_a \quad (1)$$

เมื่อ T = แรงบิดที่มอเตอร์

K_2 = ค่าคงที่แรงบิด

i_a = กระแสอาร์เมเจอร์

พิจารณาที่วงจรรีอาร์เมเจอร์จะได้ว่า

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + K_3 \frac{d\theta}{dt} = K_1 e \quad (2)$$

เมื่อ L_a = ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์

R_a = ค่าความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์

K_1 = ค่าคงที่ของแอมพลีไฟเออร์

θ = ระยะทางที่เคลื่อนที่เชิงมุม

จากกฎข้อสองของนิวตันจะได้ว่าแรงบิดที่เพลลาให้ออกมาคือ

$$J_0 \frac{d^2\theta}{dt^2} + b_0 \frac{d\theta}{dt} = T = K_2 i_a \quad (3)$$

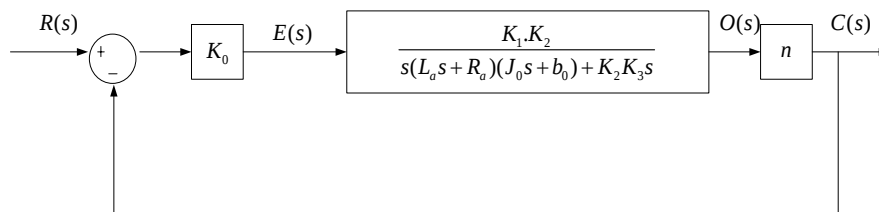
เมื่อ J_0 = โมเมนต์ความเฉื่อยสมมูล

b_0 = สัมประสิทธิ์ความหน่วงสมมูล

เมื่อทำการหาค่าฟังก์ชันถ่ายโอนโดยมีระยะทางเคลื่อนที่เชิงมุมของเพลลาของมอเตอร์เป็นสัญญาณออกและแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนวงจรรีอาร์เมเจอร์เป็นสัญญาณเข้าจะได้ว่า

$$\frac{O(s)}{E(s)} = \frac{K_1 K_2}{s(L_a s + R_a)(J_0 s + b_0) + K_2 K_3 s} \quad (4)$$

ดังนั้นจึงเขียนบล็อกไดอะแกรมของระบบกลไกเซอร์โวได้ดังรูป

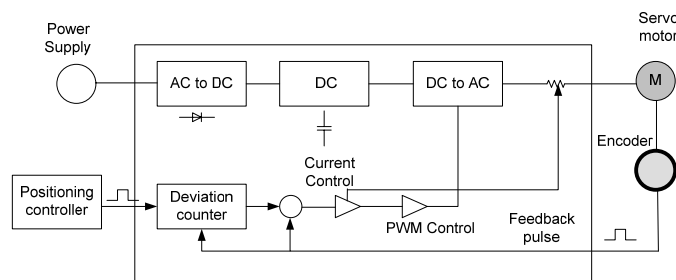


ภาพที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบกลไกเซอร์โว

2.1 การควบคุมตำแหน่งโดยใช้สัญญาณพัลส์จาก PLC

หลายคนอาจเคยเขียนโปรแกรม PLC เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องจักรมาแล้ว แต่ถ้าเป็นเครื่องจักรที่มีเซอร์โวมอเตอร์ใช้อยู่โดยควบคุมจาก PLC คนที่ทำหน้าที่ดูแลรักษาเครื่องจักรจะคิดว่าโปรแกรม PLC ที่ใช้ร่วมกับการตั้งค่าพารามิเตอร์ภายในเซอร์โวซับซ้อน แต่ในปัจจุบันเริ่มมีเครื่อง

จักรที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์มีมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้ผลิต PLC และเซอร์โวมอเตอร์จึงได้ทำการพัฒนาปรับปรุงการใช้งานให้ง่ายขึ้นกว่าการใช้งานในยุคแรก ระบบการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถควบคุมตำแหน่งได้แม่นยำ ซึ่งมีระบบควบคุมการทำงานดังรูป[1]

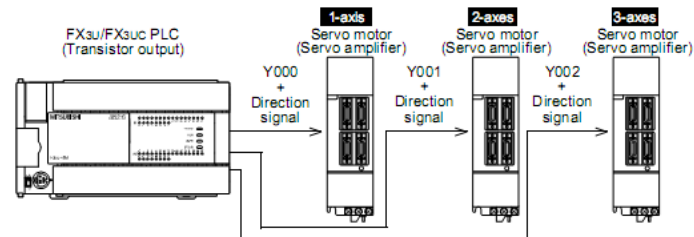


ภาพที่ 2 แสดงระบบการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

2.2 เครื่องควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ รุ่น FX-Series (Programmable Logic Controller FX-series)

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ผู้ผลิตสินค้าได้ทำการผลิต PLC ออกมาจำหน่ายในท้องตลาดมากมายหลายประเภทโดย

แต่ละประเภทนั้นจะแบ่งออกเป็นรุ่นได้อีกหลายรุ่นซึ่ง PLC แต่ละรุ่นนั้นมีคุณสมบัติและความสามารถที่ต่างกัน PLC สำหรับในรุ่น FX-Series นั้นสามารถรองรับอินพุตและเอาต์พุตได้สูงสุดถึง 256 จุดและเขียนโปรแกรมได้ 64 กิโลไบต์เต็ม



ภาพที่ 3 เครื่องควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ รุ่น FX-Series [1]

3. การออกแบบระบบควบคุมแขนกล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ทดลองการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยวิธีการควบคุมความเร็วสัญญาณพัลส์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมความเร็วและตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนแขนของหุ่นยนต์โยนเปตองเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

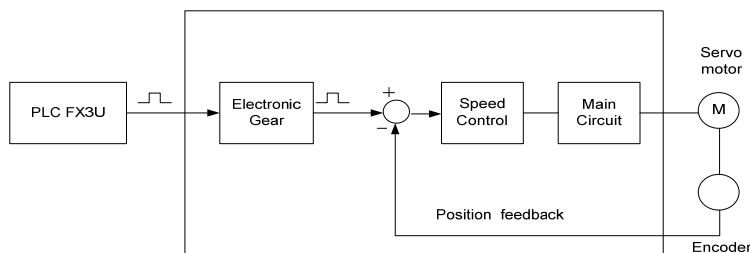
เซอร์โวมอเตอร์คือมอเตอร์ที่ได้รับการควบคุมแบบลูปปิด(Close loop control)ให้ทำงานตอบสนองด้านไดนามิก เช่น ความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง ให้ได้ดีที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด โดยมีอุปกรณ์สำคัญ 2 ส่วน ดังรูปที่ 2 คือ

1. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ซึ่งมีอุปกรณ์ป้อนกลับ (Encoder) รวมอยู่ในตัว

2. เซอร์โวแอมพลิไฟเออร์ (Servo Amplifier) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งโดยใช้สัญญาณพัลส์จาก PLC เปรียบเทียบกับสัญญาณพัลส์ที่แตกต่างมาแปลงเป็นความเร็วเพื่อส่งไปที่เซอร์โวมอเตอร์ ดังนั้นเมื่อ PLC ส่งสัญญาณพัลส์ครบตามระยะทางที่กำหนด จะได้ผลเป็นความเร็วที่ต่ำลงเรื่อยๆ จนมอเตอร์เคลื่อนที่ไปถึงระยะทางที่กำหนด จะได้ผลเปรียบเทียบกับศูนย์ ทำให้ความเร็วเป็นศูนย์หมายถึงมอเตอร์หยุดที่ตำแหน่งตรงกับที่ตัวโปรแกรมสั่งพอดิ

3. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มิตซูบิชิ รุ่น FX3U-Series นั้นสามารถรองรับอินพุตและเอาต์พุตได้สูงสุดถึง 256 จุดและเขียนโปรแกรมได้ 64 กิโลไบต์เต็ม

4. กระบอกสูบทางเดียวแบบนิวแมติกส์และวาล์วควบคุมชนิด 3/2



ภาพที่ 4 แสดงระบบการควบคุมหุ่นยนต์โยนเปตอง



ภาพที่ 5 หุ่นยนต์แขนกลที่ใช้วิธีการควบคุมสัญญาณพัลส์

4. การทดสอบประสิทธิภาพ

ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยวิธีการควบคุม

ความเร็วสัญญาณพัลส์ซึ่งในการทดสอบจะใช้วิธีการป้อนค่าพารามิเตอร์ที่ได้คำนวณไว้สู่โปรแกรมดังตาราง

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ตัวควบคุมโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

ระยะทาง	ค่าที่ป้อน
630	58000
693	59000
700	60000
800	65000.
900	69000

จากนั้นทำการทดสอบบังคับให้หุ่นยนต์โยนลูกเปตองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและมีน้ำหนัก 800 กรัม ในระยะทางทดสอบ 6 ถึง 10 เมตร

เอกสารอ้างอิง

Mitsubishi, Introduction to FX Positioning Control System, Mitsubishi Copperatio, Japan (2005).

5. วิจัยผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จากผลการทดสอบพบเมื่อเราใช้วิธีการควบคุมสัญญาณพัลส์จากตัวควบคุม PLC ทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณพัลส์ที่ป้อนกลับจาก Encoder ของมอเตอร์แล้วจากนั้นเซอร์โวแอมพลิไฟเออร์จะนำสัญญาณที่แตกต่างกันมาแปลงเป็นความเร็วเพื่อส่งไปที่มอเตอร์ดังนั้นเมื่อ PLC ส่งสัญญาณพัลส์ครบตามระยะทางที่ต้องการ ทำให้สามารถควบคุมตำแหน่งและการโยนลูกเปตองต้องการและมีค่าคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งการโยนลูกเปตอง ± 5 เปอร์เซ็นต์

B. MÖhl, "A Two Jointed Robot Arm with Elastic Drives and Active Oscillation Damping", Workshop : Bio Mechatronic Systems, IEEEERSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1997

B. MÖhl, "A Composite Drive with Separate Control of Force and Position", Proc. of the 11th Int. Conf. on Advanced Robotics, pp.1606-1610, Jun. 2003

Peter Hamann, Thomas Mueller.Omron C200H Operation Manual PLC, Revision July 1990.

M GOPAL, Digital Control and State Variable Methods, Convention and Neural-Fuzzy Control System, 2nd edition International 2004

6. บทสรุป

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมซึ่งมีเซอร์โวมอเตอร์ใช้อยู่ ทำให้สามารถทำความเข้าใจและปรับปรุงแก้ไขในงานด้านระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ส่วนปัญหาในการวิจัยในครั้งนี้คือเซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นจะมีอิเล็กทรอนิกส์เกียร์ที่แตกต่างกันทำให้เมื่อเวลาออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมจะต้องศึกษารายละเอียดของเซอร์โวมอเตอร์รุ่นนั้นให้ดีเพื่อให้สามารถคำนวณออกแบบโปรแกรมระบบควบคุมให้ได้มีประสิทธิภาพ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคนิคนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนมและสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น