

การควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกลมในระบบพิกัด XY โดยใช้คอมพิวเตอร์

Position control of two pneumatic cylinder rods in XY coordinate base on microcomputer

จำลอง ปราบแก้ว, ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร 66(2)326-9987, โทรสาร66(2)326-9053, E-Mail: kpchamlo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษา การควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของก้านกระบอกลมสองกระบอกล ในระบบพิกัดระนาบ XY (สององศาอิสระ) โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณและเป็นตัวกำเนิดสัญญาณควบคุม ตลอดจนศึกษาถึงผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของก้านสูบอันเนื่องมาจากความดันลมอัดที่ใช้

Abstract

This research is study for used microcomputer to control the position of two pneumatic cylinder rods in XY coordinate (two degree of freedom). Microcomputer is comparator and controller for this system. The research is also study in accuracy response for difference supply pressure.

1.บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบนิวแมติกมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ในกระบวนการผลิตหลายประเภท โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ นั้น จะมีระบบนิวแมติกเป็นองค์ประกอบสำคัญเสมอ และด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีด้านไมโครโพรเซสเซอร์ ทำให้มีการพัฒนาการควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกขึ้นที่เรียกว่า digital controlled electrohydraulic-pneumatic system

ในการศึกษาการนำเอาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมก้านกระบอกลมนั้น ก็เป็นการศึกษาการควบคุมแบบดิจิทัลของระบบไฮดรอลิกนิวแมติกเช่นกัน ผลกระทบที่สำคัญต่อความแม่นยำของการควบคุมก็คือความดันของลมอัดที่ใช้ในระบบ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบดังกล่าวโดยสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการทดลองหาความแม่นยำของการควบคุมตำแหน่งปลายของก้านกระบอกลมตัวสุดท้าย (ตัวที่สอง) ซึ่งชุดทดลองดังกล่าวจะประกอบไปด้วย

(1) กระบอกลมสองตัวเชื่อมต่อกัน โดยให้แนวการเคลื่อนที่ของก้านกระบอกลมทั้งสองตั้งฉากกัน(กระบอกลมตัวที่สองยึดไว้กับก้าน

กระบอกลมตัวที่หนึ่ง) เป็นผลให้การเคลื่อนที่ของก้านกระบอกลมแต่ละตัวอยู่ในแนว X หรือ Y

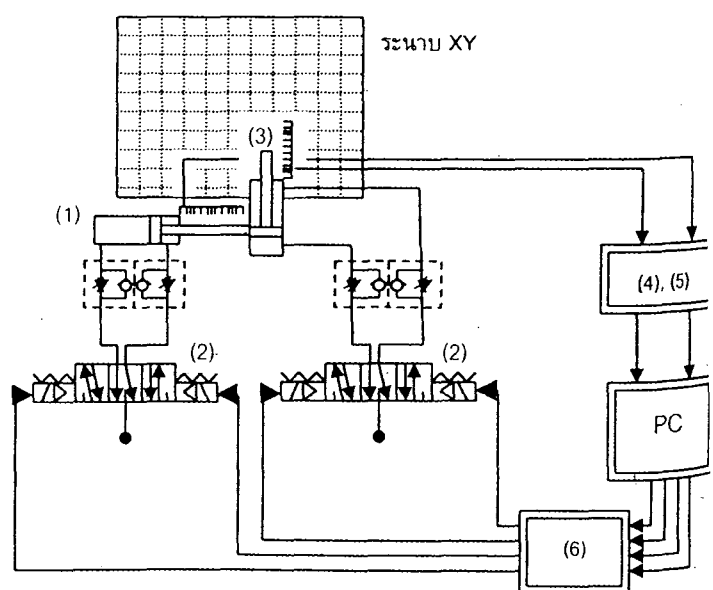
(2) วาล์วควบคุมชนิด 5/3 ทำงานด้วยขดลวดโซลินอยด์

(3) อุปกรณ์ตรวจจับระยะของก้านกระบอกลมเพื่อใช้เป็นตัวกำเนิดสัญญาณป้อนกลับให้แก่ระบบ

(4) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และการ์ดขยายพอร์ท 8255 เพื่อเพิ่มจำนวนพอร์ทใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

(5) อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณป้อนกลับซึ่งเป็นสัญญาณแบบอนาล็อกให้เป็นสัญญาณแบบดิจิทัลเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้

(6) อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า เพื่อขยายแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณควบคุมที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานได้กับวาล์วควบคุม



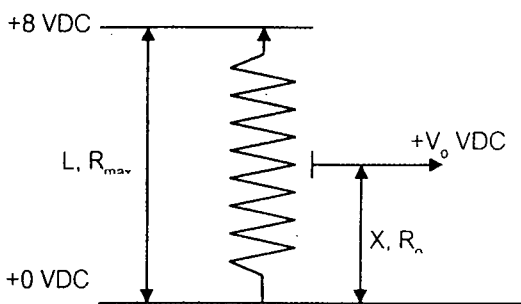
รูปที่ 1 วงจรการทำงานของชุดทดลอง

2. อุปกรณ์และการออกแบบระบบควบคุม

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่ากระบอบกลทั้งสอง จะถูกควบคุมด้วยวาล์วชนิด 5/3 ทำงานด้วยขอลวดโซลินอยด์ ซึ่งทำงานแบบเปิดปิด (binary devices) ดังนั้นในการควบคุมวาล์วเราจึงสามารถใช้สัญญาณควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงโดยใช้บิตใดบิตหนึ่งของพอร์ทที่ใช้ในการส่งสัญญาณควบคุมเนื่องจากสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณแบบดิจิทัลหรือเลขฐานสอง(binary code) แต่เนื่องจากขอลวดโซลินอยด์ของวาล์วทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 0-24 VDC ในขณะที่สัญญาณควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์มีค่าแรงดันไฟฟ้า 0-5 VDC ดังนั้นสัญญาณควบคุมดังกล่าวจึงต้องผ่านอุปกรณ์ขยายแรงดันไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อื่นที่ให้ผลเช่นเดียวกัน

สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสนะยะของก้านกระบอบกลซึ่งใช้เป็นตัวกำเนิดสัญญาณป้อนกลับให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะเป็นตัวกำหนดค่าความละเอียดของเครื่องมือซึ่งขึ้นอยู่กับหลักการเลือกใช้ ในการสร้างชุดทดลองนี้เราได้ทดลองใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะด้วยกันสองแบบดังที่จะได้กล่าวต่อไป สัญญาณป้อนกลับที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแต่ละชนิดซึ่งหากเป็นสัญญาณแบบอนาล็อกก็ต้องแปลงเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลก่อนนำไปป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

2.1 อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบความต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 2 แถบความต้านทานปรับค่าได้(Potentiometer)

การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบความต้านทานปรับค่าได้นั้น เราจะป้อนแรงดันไฟฟ้าคงที่ค่าหนึ่งตกคร่อมแถบความต้านทานไฟฟ้าตลอดแถบนั้น ปลายของก้านกระบอบกลจะยึดติดไว้กับขั้วซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาบนแถบต้านทานนี้ได้ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขั้วนี้กับกราวด์จะสามารถคำนวณได้จาก

$$V_o = V_s \cdot x/L \quad (1)$$

เมื่อ L คือระยะความยาวของแถบความต้านทาน(ระยะชักสุดของกระบอบกล)

x คือระยะที่ก้านกระบอบกลเคลื่อนที่ไป

V_s คือค่าแรงดันคงที่ ที่ป้อนให้แก่แถบความต้านทาน

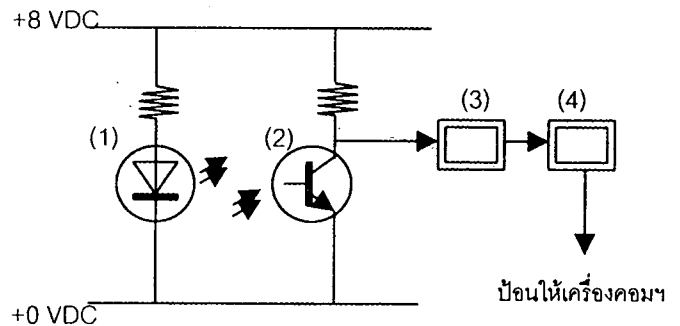
V_o คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้

ในการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบความต้านทานปรับค่าได้นั้น ถ้าหากรอยต่อของแถบความต้านทานไม่สนิท จะทำให้ค่าความต้านทานที่อ่านได้นั้นไม่เป็นเชิงเส้น และเมื่อมีการใช้งานไปนานๆจะทำให้

แถบความต้านทานเกิดการสึกหรอนเนื่องจากการเสียดสีซึ่งจะทำให้เกิดความไม่เป็นเชิงเส้นขึ้นได้เช่นกัน เนื่องจากการสึกหรอนนั้นไม่สม่ำเสมอ

2.2 อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบใช้วงจรนับด้วยแสงอินฟราเรด

อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบนี้จะใช้แสงอินฟราเรดซึ่งได้จากไดโอดเปล่งแสง(MLED81, หมายเลข 1) และทรานซิสเตอร์ไดโอด (MRD300, หมายเลข 2) เป็นตัวรับแสงอินฟราเรด แล้วใช้แผ่นบังแสงหรือจานซึ่งเจาะรูไว้เป็นตัวตัดสัญญาณแสงอินฟราเรด การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของทรานซิสเตอร์ไดโอดจะใช้เป็นสัญญาณทริกเกอร์ให้กับวงจรนับ (หมายเลข 4) โดยผ่านอุปกรณ์ป้องกันสัญญาณรบกวน (IC DM74LS14N, หมายเลข 3)



รูปที่ 3 อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบใช้วงจรนับด้วยแสงอินฟราเรด

การนำอุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบนี้มาใช้ จำเป็นจะต้องเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงของก้านกระบอบกลให้เป็นการหมุนของแผ่นบังแสงหรือจาน

การใช้อุปกรณ์ตรวจจับสนะยะแบบนี้ จะเป็นผลให้ภาระ(มวลรวม)ของก้านกระบอบกลเพิ่มมากขึ้น ทำให้การตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ในช่วงเริ่มที่จะเคลื่อนที่และในช่วงที่จะหยุดของก้านกระบอบกลช้าลง แต่สัญญาณที่ได้จากวงจรนับโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณดิจิทัลอยู่แล้วจึงสามารถนำสัญญาณวัดป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

3. การควบคุมระยะชักของกระบอบกล

การควบคุมตำแหน่งระยะชักของก้านกระบอบกลนั้นควบคุมโดยการตั้งเวลาในการเปิด-ปิดวาล์วควบคุม โดยที่ระยะเวลาดังกล่าวสามารถหาได้จาก

$$t = d \cdot t_{\max}/x_{\max} \quad (2)$$

เมื่อ t คือ ระยะเวลาในการเปิดวาล์ว

d คือ ระยะชักที่ต้องการ

$t_{\max}$ คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเปิดวาล์วจนได้ระยะชักสุด

$x_{\max}$ คือ ระยะชักสุดของก้านกระบอบกล

ในการออกแบบชุดทดลองนั้นเราได้ออกแบบการควบคุมไว้ด้วยกลไกสามลักษณะคือ

- (1) การควบคุมด้วยมือผ่านทางแป้นพิมพ์
- (2) การควบคุมอัตโนมัติแบบเปิด
- (3) การควบคุมอัตโนมัติแบบปิด

การควบคุมด้วยมือผ่านทางแป้นพิมพ์นั้น ได้ออกแบบโปรแกรมให้ตรวจจับการกดปุ่มลูกศรในทิศทาง XY โดยปุ่มหมายเลข 6 คือทิศทาง +X ปุ่มหมายเลข 4 คือทิศทาง -X ปุ่มหมายเลข 8 คือทิศทาง +Y และปุ่มหมายเลข 2 คือทิศทาง -Y เมื่อโปรแกรมตรวจพบการกดปุ่มดังกล่าวก็จะส่งสัญญาณควบคุมออกไป การกดปุ่มค้างไว้จะทำให้ก้านกระบอกลมเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นสูงกว่าการตอบสนองของขดลวดโซลินอยด์

การควบคุมอัตโนมัติแบบเปิดนั้น เราจะต้องป้อนค่าพิกัด XY ให้กับโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาระยะชักของก้านกระบอกลมและเวลาในการเปิดวาล์วของกระบอกลมแต่ละตัว แล้วจึงส่งสัญญาณควบคุมออกไปเป็นระยะเวลาตามที่คำนวณได้

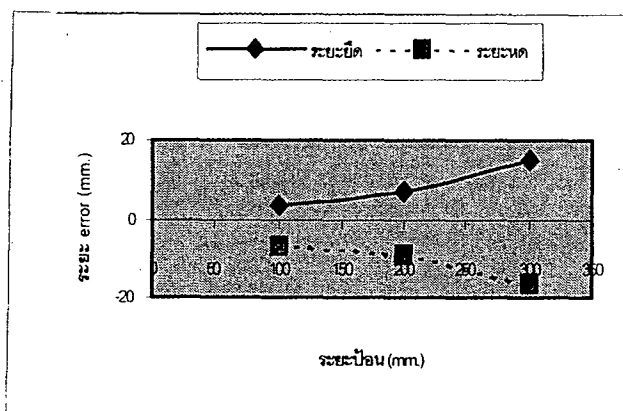
สำหรับการควบคุมอัตโนมัติแบบปิดนั้น โปรแกรมจะมีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกับการควบคุมอัตโนมัติแบบเปิด แต่เมื่อทำงานเสร็จตามขั้นตอนข้างต้นแล้วโปรแกรมจะนำค่าสัญญาณป้อนกลับมาคำนวณหาพิกัดในปัจจุบันของปลายก้านกระบอกลมอันสุดท้ายแล้วจึงคำนวณหาค่าความผิดพลาด นำค่าความผิดพลาดดังกล่าวมาเป็นค่าระยะชักที่จะใช้คำนวณระยะเวลาการเปิดวาล์วครั้งต่อไป แล้วจึงส่งสัญญาณควบคุมออกไป กระทำเช่นนี้จนกระทั่งค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้

4. ผลการทดลอง

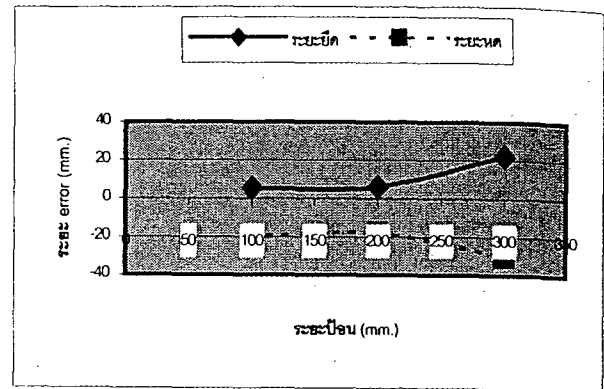
เราได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณีคือ การควบคุมอัตโนมัติแบบเปิด และการควบคุมอัตโนมัติแบบปิด โดยในแต่ละกรณีเราจะทำการทดลองที่ความดันลมอัด 1, 2, 4 และ 8 บาร์

ในการทดลองการควบคุมอัตโนมัติแบบเปิดนั้น ทำการทดลองโดยป้อนค่าระยะทางในการยืด(extend) โดยมีค่าเริ่มต้นที่ 0 mm และทำการป้อนค่าระยะทางในการหด(retract) โดยเริ่มต้นที่ระยะก่อนหดกลับ 400 mm เพื่อหาค่าความผิดพลาดของตำแหน่งปลายของก้านสูบของชุดทดลอง

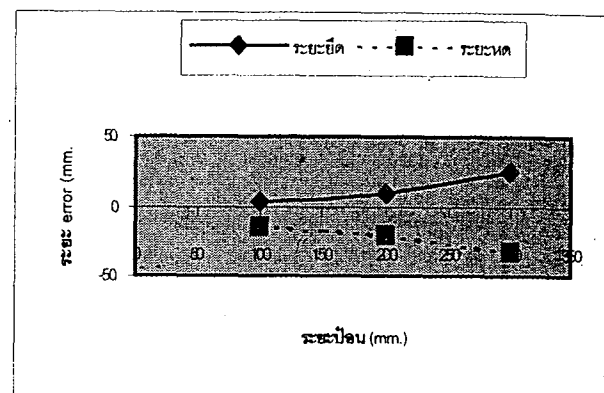
ผลการทดลองการควบคุมอัตโนมัติแบบเปิดสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังนี้



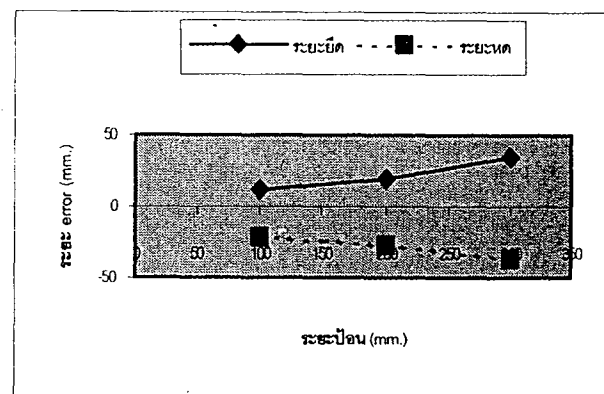
รูปที่ 5 แผนภูมิค่าระยะผิดพลาดที่ความดัน 1 บาร์



รูปที่ 6 แผนภูมิค่าระยะผิดพลาดที่ความดัน 2 บาร์



รูปที่ 7 แผนภูมิค่าระยะผิดพลาดที่ความดัน 4 บาร์



รูปที่ 8 แผนภูมิค่าระยะผิดพลาดที่ความดัน 8 บาร์

สำหรับการทดลองการควบคุมอัตโนมัติแบบปิดนั้น ในการควบคุมจะต้องป้อนค่าความผิดพลาดของตำแหน่งปลายของก้านกระบอกลมของชุดทดลองที่ใช้ในการควบคุมแต่ละครั้ง ผลการทดลองที่ความดันลมอัดค่าต่างๆชุดทดลองจะเริ่มไม่เสถียรที่ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งปลายของก้านกระบอกลมต่างๆกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการควบคุมอัตโนมัติแบบปิด

อัตราการไหล (mm ³ /s)	ค่าความผิดพลาด พลาตยอมรับ 1 mm	ค่าความผิดพลาด พลาตยอมรับ 2 mm	ค่าความผิดพลาด พลาตยอมรับ 3 mm
2.4x10 ⁴	✗	✓	✓
4.1x10 ⁴	✗	✗	✓
9.6x10 ⁴	✗	✗	✗

5. สรุป

ในการควบคุมอัตโนมัติแบบเปิดนั้นเราไม่สามารถควบคุมค่าความผิดพลาดได้ เนื่องจากความผิดพลาดของการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลเนื่อง ค่าความดันของลมอัด อัตราการไหลของลมอัด ระยะการเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ค่าความดันและอัตราการไหลของลมอัดมากขึ้น ค่าความผิดพลาดก็จะมากขึ้น และที่ระยะการเคลื่อนที่มากขึ้น จะทำให้มีค่าความผิดพลาดมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการคลายตัวของลมอัด และค่ามวลความเฉื่อย สำหรับการควบคุมอัตโนมัติแบบปิดนั้น ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการวัดความสามารถของชุดทดลอง(ค่าความผิดพลาดของตำแหน่งปลายของก้านกระบอกลมที่ยอมรับได้)ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการควบคุมอัตโนมัติแบบเปิด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปานเพชร ชินินทร, ขวัญญชัย สันทิพย์สมบูรณ์, "นิแมติกอุตสาหกรรม", ปี พ.ศ. 2539
- [2] จิตี หนูแก้ว, "เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC", ปี พ.ศ.2539
- [3] โยธิน เปรมปราวณีร์ชน, "ระบบเซอร์โวและอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปี พ.ศ.2533
- [4] พุศศักดิ์ ชีวสุ, "ระบบควบคุมป้อนกลับ", พิมพ์ครั้งที่ 2, ปี พ.ศ.2538
- [5] John Watton, "Fluid Power System", 1st edition, Prentice-Hall International Edition, 1989
- [6] James A. Sullivan, "Fluid Power Theory and Application", Prentice-Hall International Edition, 3rd edition, 1998
- [7] Katsuhiko Ogata, "Modern Control Engineering", Prentice-Hall International Edition, 2nd edition, 1995