

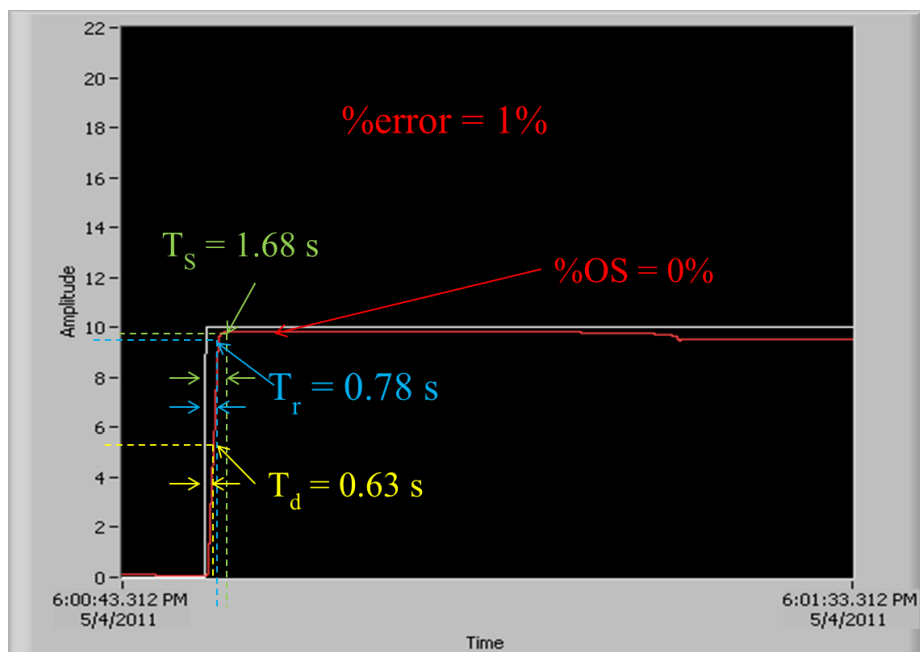
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในการทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการทดลองการควบคุมกระบอกสูบที่
ละแกน และส่วนที่สองเป็นการทดลองการควบคุมกระบอกสูบสองกระบอกสูบพร้อมกัน

4.1 ผลการทดลองควบคุมตำแหน่งของกระบอกสูบ 1 แกน

4.1.1 การควบคุมแกน X โดยการควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller)



ภาพที่ 4-1 การควบคุมแกน X โดยการควบคุมแบบพีไอดี

โดย Setting Time : T_s หาได้จากระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้งไป จะมีค่าผิดพลาด $\pm 2\%$
Rise Time : T_r หาได้จากระยะเวลาของการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 10% - 90% ก่อนที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้ง

Delay Time : T_d หาได้จากระยะเวลาการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 50% ของการตอบสนอง

% Overshoot : %OS หาได้จากค่าที่พุ่งเกินจากตำแหน่งที่ตั้ง

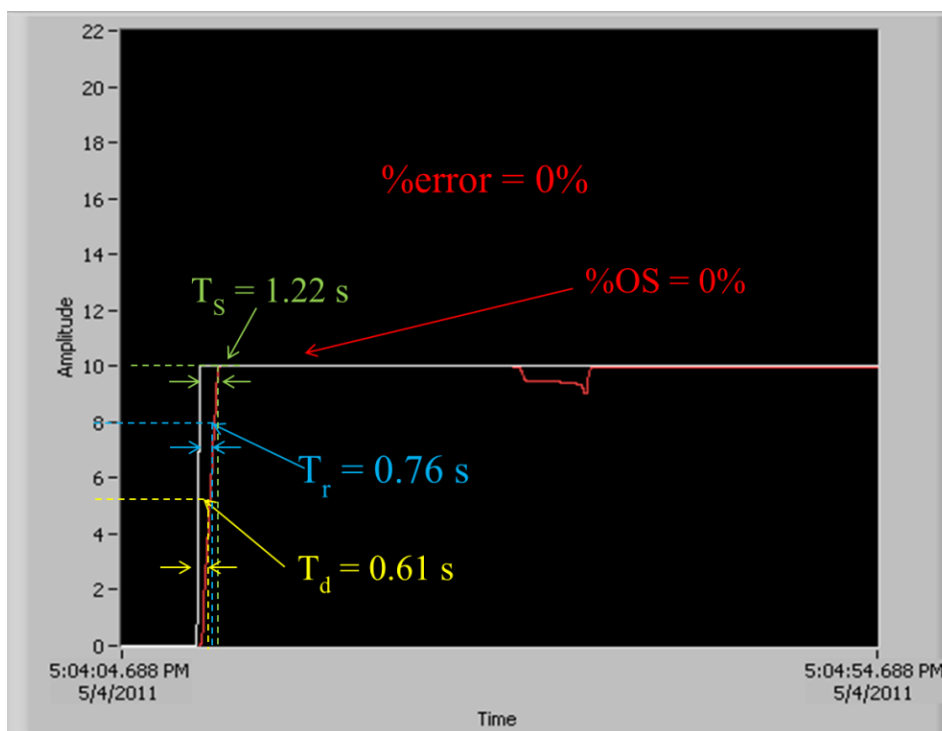
% Error หาได้จากค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่ตั้งและตำแหน่งที่ตอบสนองมา

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบแกน X โดยการควบคุมแบบพีไอดีจะใช้ค่า $P = 0.08$, $I = 0$, $D = 0.002$ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร (cm) ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ (Bar) กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-1 สามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ แต่จะเริ่มออกจากตำแหน่งเพราะเกิดจากการรบกวนของกระบอกสูบ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบพีไอดีแกน X

การทดลองครั้งที่	Set point	ผลที่ได้	% ความผิดพลาด
1	10 cm	10.0 cm	0 %
2	10 cm	9.9 cm	1 %
3	10 cm	9.8 cm	2 %
4	10 cm	9.7 cm	3 %
5	10 cm	9.7 cm	3 %
6	10 cm	9.7 cm	3 %
7	10 cm	9.8 cm	2 %
8	10 cm	9.8 cm	2 %
9	10 cm	9.8 cm	2 %
10	10 cm	9.8 cm	2 %
เฉลี่ย	10 cm	9.8 cm	2%

4.1.2 การควบคุมแกน X โดยการควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Controller)



ภาพที่ 4-2 การควบคุมแกน X โดยการควบคุมแบบฟัซซี่

โดย Setting Time : T_s หาได้จากระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้งไป จะมีค่าผิดพลาด $\pm 2\%$
 Rice Time : T_r หาได้จากระยะเวลาของการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 10% - 90% ก่อนที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้ง

Delay Time : T_d หาได้จากระยะเวลาการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 50% ของการตอบสนอง

% Overshoot : %OS หาได้จากค่าที่พุ่งเกินจากตำแหน่งที่ตั้ง

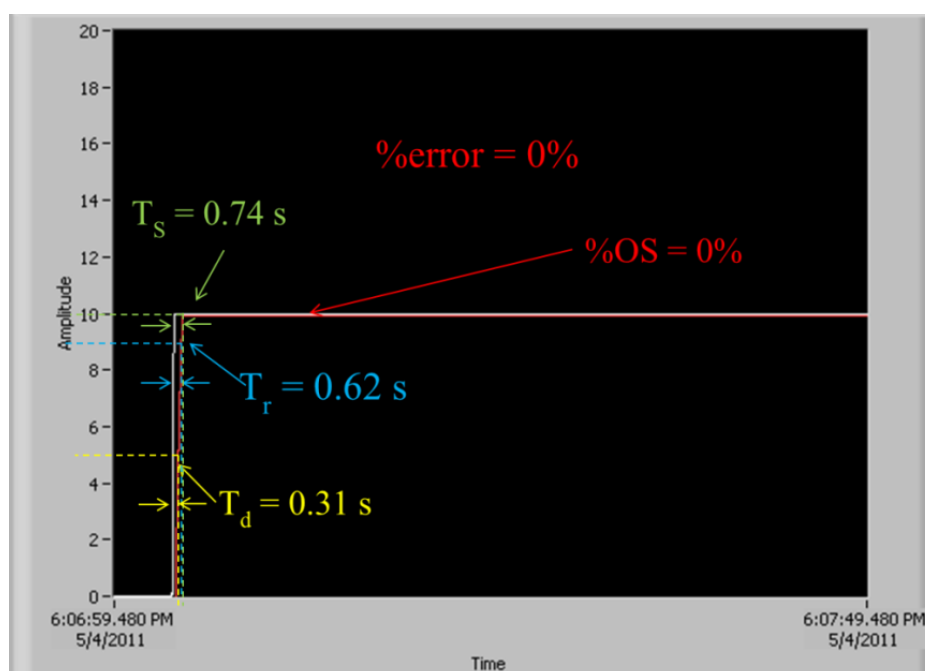
% Error หาได้จากค่าผิดที่ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่ตั้งและตำแหน่งที่ตอบสนองมา

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งกระบอสูบแกน X โดยการควบคุมแบบฟัซซี่ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-2 สามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ แต่จะเริ่มออกจากตำแหน่งเพราะเกิดจากการรั่วซึมของกระบอสูบแต่ก็กลับมาสู่ตำแหน่งได้ จะเห็นว่าระบบฟัซซี่ดีกว่าระบบพีไอดีเพราะเมื่อออกจากตำแหน่งแต่ก็กลับมาสู่ตำแหน่งเร็วกว่าของพีไอดี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบพีชชีแกน X

การทดลองครั้งที่	Set point	ผลที่ได้	%ความผิดพลาด
1	10 cm	10.2 cm	2 %
2	10 cm	10.05 cm	0.5 %
3	10 cm	10.05 cm	0.5 %
4	10 cm	10 cm	0 %
5	10 cm	9.95 cm	0.5 %
6	10 cm	10.1 cm	1 %
7	10 cm	10.1 cm	1 %
8	10 cm	10.05 cm	0.5 %
9	10 cm	9.9 cm	1 %
10	10 cm	10 cm	0 %
เฉลี่ย	10 cm	10.04 cm	0.4%

4.1.3 การควบคุมแกน Y โดยการควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 4-3 การควบคุมแกน Y โดยการควบคุมแบบพีไอดี

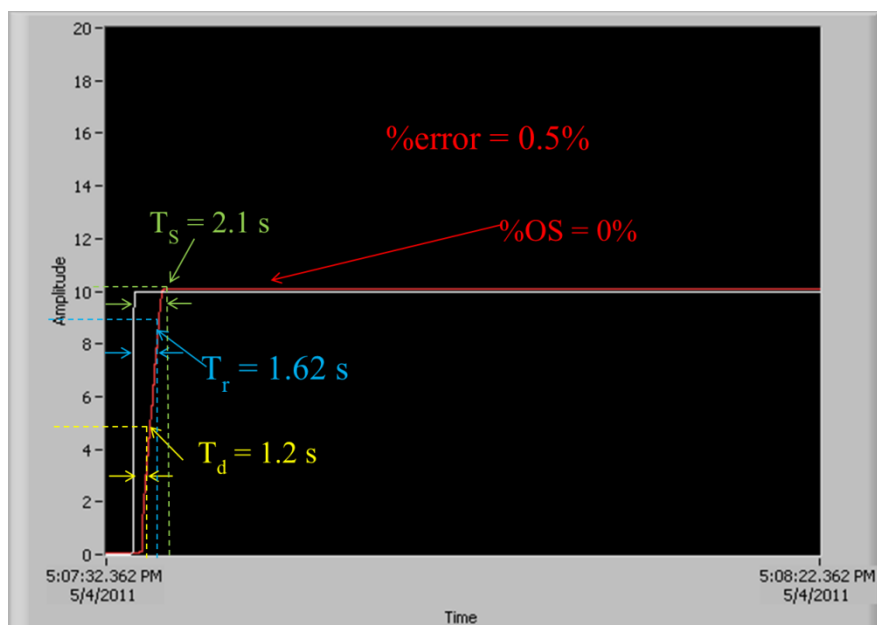
โดย Setting Time : T_s หาได้จากระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้งไป จะมีค่าผิดพลาด $\pm 2\%$
 Rise Time : T_r หาได้จากระยะเวลาของการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 10% - 90% ก่อนที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้ง
 Delay Time : T_d หาได้จากระยะเวลาการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 50% ของการตอบสนอง
 % Overshoot : %OS หาได้จากค่าที่พุ่งเกินจากตำแหน่งที่ตั้ง
 % Error หาได้จากค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่ตั้งและตำแหน่งที่ตอบสนองมา

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบแกน Y โดยการควบคุมแบบพีไอดีจะใช้ค่า $P = 0.09$, $I = 0$, $D = 0.001$ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-3 สามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบพีไอดีแกน Y

การทดลองครั้งที่	Set point	ผลที่ได้	%ความผิดพลาด
1	10 cm	10.1 cm	1 %
2	10 cm	10 cm	0 %
3	10 cm	10.1 cm	1 %
4	10 cm	10.1 cm	1 %
5	10 cm	10.05 cm	0.5 %
6	10 cm	10 cm	0 %
7	10 cm	10.05 cm	0.5 %
8	10 cm	10.05 cm	0.5 %
9	10 cm	10.05 cm	0.5 %
10	10 cm	10.05 cm	0.5 %
เฉลี่ย	10 cm	10.055 cm	0.55%

4.1.4 การควบคุมแกน Y โดยการควบคุมแบบพีซีซี



ภาพที่ 4-4 การควบคุมแกน Y โดยการควบคุมแบบพีซีซี

โดย Setting Time : T_s หาได้จากระยะเวลาที่ระบบเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้งไป จะมีค่าผิดพลาด $\pm 2\%$
 Rice Time : T_r หาได้จากระยะเวลาของการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 10% - 90% ก่อนที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่ตั้ง

Delay Time : T_d หาได้จากระยะเวลาการตอบสนองที่อยู่ในช่วง 50% ของการตอบสนอง

% Overshoot : %OS หาได้จากค่าที่พุ่งเกินจากตำแหน่งที่ตั้ง

% Error หาได้จากค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่ตั้งและตำแหน่งที่ตอบสนองมา

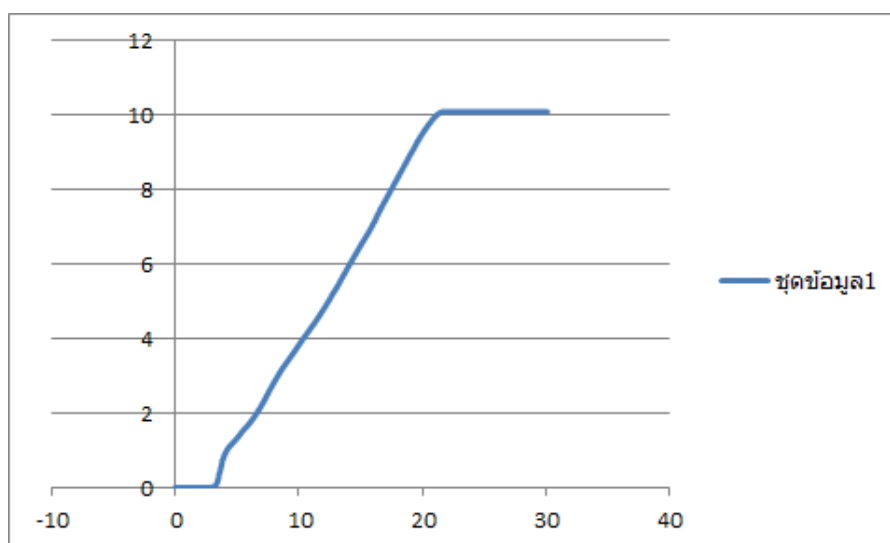
ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบแกน Y โดยการควบคุมแบบพีซีซี จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-4 สามารถเข้าสู่ตำแหน่งที่ต้องการได้ จะเห็นได้ว่าระบบพีซีซีในกระบอกสูบแกน Y จะควบคุมได้ยากกว่าพีไอดีเพราะมีแรงต้านในกระบอกสูบ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบพีชชีแกน Y

การทดลองครั้งที่	Set point	ผลที่ได้	%ความผิดพลาด
1	10 cm	10.05 cm	0.5 %
2	10 cm	10.1 cm	1 %
3	10 cm	10.2 cm	2 %
4	10 cm	10.1 cm	1 %
5	10 cm	10.1 cm	1 %
6	10 cm	10.1 cm	1 %
7	10 cm	10.2 cm	2 %
8	10 cm	10.2 cm	2 %
9	10 cm	10.2 cm	2 %
10	10 cm	10.2 cm	2 %
เฉลี่ย	10 cm	10.145 cm	1.45%

4.2 ผลการทดลองควบคุมตำแหน่งของกระบอกสูบ 2 แกน

4.2.1 การควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีไอดี



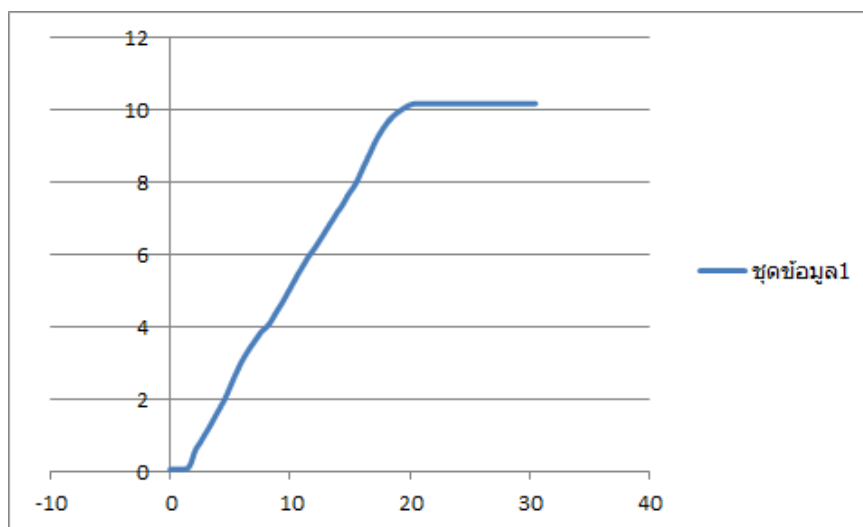
ภาพที่ 4-5 การควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีไอดี

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอกลูกสูบ 2 แกน แบบจุดต่อจุด โดยใช้การควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้ค่าเกน (Gain) ของกระบอกลูกสูบแกน X ที่ $P = 0.08$, $I = 0$, $D = 0.002$ และ ค่าเกนของกระบอกลูกสูบแกน Y ที่ $P = 0.09$, $I = 0$, $D = 0.001$ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น สั่งแกน X ไปที่ระยะ 30 เซนติเมตร สั่งแกน Y ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-5 สังเกตว่ากระบอกลูกสูบแกน Y จะทำงานช้ากว่ากระบอกลูกสูบแกน X แต่ก็ยังเป็นเส้นตรงได้ และตรงตำแหน่งที่สั่งได้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีไอดี

การทดลองที่	Set point แกน X	Set point แกน Y	ผลที่ได้ แกน X	ผลที่ได้ แกน Y	%ผิดพลาด
1	30 cm	10 cm	30.03 cm	10.25 cm	1.3 %
2	30 cm	10 cm	30.22 cm	10.17 cm	1.21 %
3	30 cm	10 cm	30.05 cm	10.15 cm	0.83 %
4	30 cm	10 cm	30.13 cm	10.09 cm	0.66 %
5	30 cm	10 cm	30.17 cm	10.04 cm	0.48 %
6	30 cm	10 cm	30.18 cm	10.20 cm	1.3 %
7	30 cm	10 cm	29.75 cm	10.18 cm	1.31 %
8	30 cm	10 cm	30.18 cm	10.16 cm	1.1 %
9	30 cm	10 cm	30.43 cm	10.22 cm	1.8 %
10	30 cm	10 cm	30.05 cm	10.02 cm	0.18 %

4.2.2 การควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีชชี



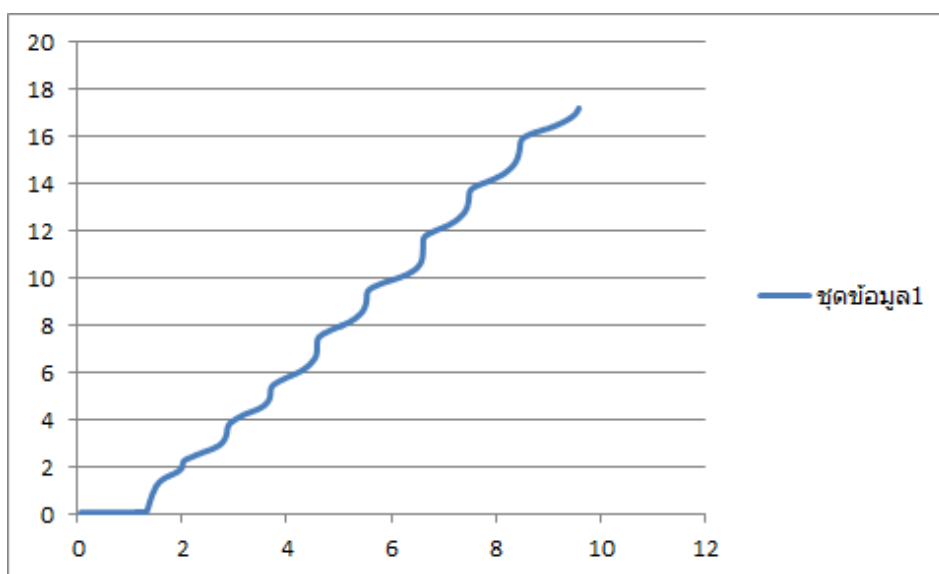
ภาพที่ 4-6 การควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีชชี

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอกลูกสูบ 2 แกนแบบจุดต่อจุด โดยใช้การควบคุมแบบพีชชี จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะตั้งจากจุดเริ่มต้น ตั้งแกน X ไปที่ระยะ 30 เซนติเมตร ตั้งแกน Y ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-6 สังเกตว่ากระบอกลูกสูบแกน Y จะทำงานช้ากว่ากระบอกลูกสูบแกน X และมีความผิดพลาดจากตำแหน่งมีผิดพลาดเล็กน้อย จากการควบคุมด้วยพีชชี กระบอกลูกสูบแกน Y จะเคลื่อนที่ออกเร็วกว่าการควบคุมด้วยพีไอดี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมตำแหน่ง จุดต่อจุด แบบพีชชี

การทดลองที่	Set point แกน X	Set point แกน Y	ผลที่ได้ แกน X	ผลที่ได้ แกน Y	%ผิดพลาด
1	30 cm	10 cm	30.53 cm	10.18 cm	1.78 %
2	30 cm	10 cm	30.09 cm	10.08 cm	0.55 %
3	30 cm	10 cm	29.09 cm	9.89 cm	2.06 %
4	30 cm	10 cm	30.58 cm	10.37 cm	2.81 %
5	30 cm	10 cm	30.49 cm	10.18 cm	1.71 %
6	30 cm	10 cm	30.39 cm	10.54 cm	3.35 %
7	30 cm	10 cm	30.28 cm	10.37 cm	2.31 %
8	30 cm	10 cm	30.37 cm	10.53 cm	3.26 %
9	30 cm	10 cm	30.26 cm	10.09 cm	0.88 %
10	30 cm	10 cm	30.44 cm	10.06 cm	1.03 %

4.2.3 การควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้พีไอดี



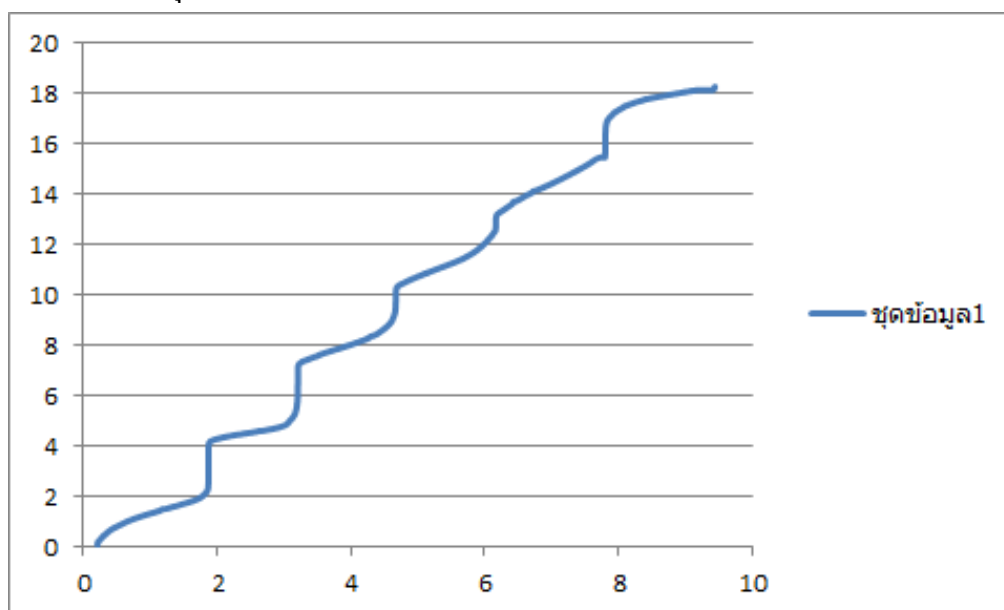
ภาพที่ 4-7 การควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้พีไอดี

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอกสูบ 2 แกนแบบเชิงเส้นโดยใช้การควบคุมแบบพีไอดี โดยใช้ค่าเกนของกระบอกสูบแกน X ที่ $P = 0.08$, $I = 0$, $D = 0.002$ และ ค่าเกนของกระบอกสูบแกน Y ที่ $P = 0.09$, $I = 0$, $D = 0.001$ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น สั่งแกน X ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร สั่งแกน Y ไปที่ระยะ 20 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-7 สังเกตว่า จะไม่สามารถควบคุมได้ ในการควบคุมแบบนี้ ในตำแหน่งเริ่มจนถึงตำแหน่งที่ต้องการจะมีการคำนวณจุดย่อยๆ ก่อนถึงตำแหน่งที่ต้องการออกมา เมื่อกระบอกสูบทำงานไม่พร้อมกันทำให้จุดต่างๆ เลื่อนออกไป ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้พีไอดี

การทดลองที่	Set point แกน X	Set point แกน Y	ผลที่ได้ แกน X	ผลที่ได้ แกน Y	%ผิดพลาด
1	10 cm	20 cm	9.7 cm	19.07 cm	3.82 %
2	10 cm	20 cm	9.5 cm	19.05 cm	4.87 %
3	10 cm	20 cm	9.78 cm	18.1 cm	5.85 %
4	10 cm	20 cm	9.58 cm	17.27 cm	8.92 %
5	10 cm	20 cm	9.54 cm	17.79 cm	7.82 %
6	10 cm	20 cm	9.56 cm	17.96 cm	7.3 %
7	10 cm	20 cm	9.19 cm	18.85 cm	6.92 %
8	10 cm	20 cm	9.57 cm	19.26 cm	4 %
9	10 cm	20 cm	9.85 cm	17.25 cm	7.62 %
10	10 cm	20 cm	9.26 cm	19.64 cm	4.6 %

4.2.4 การควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้ฟuzzy



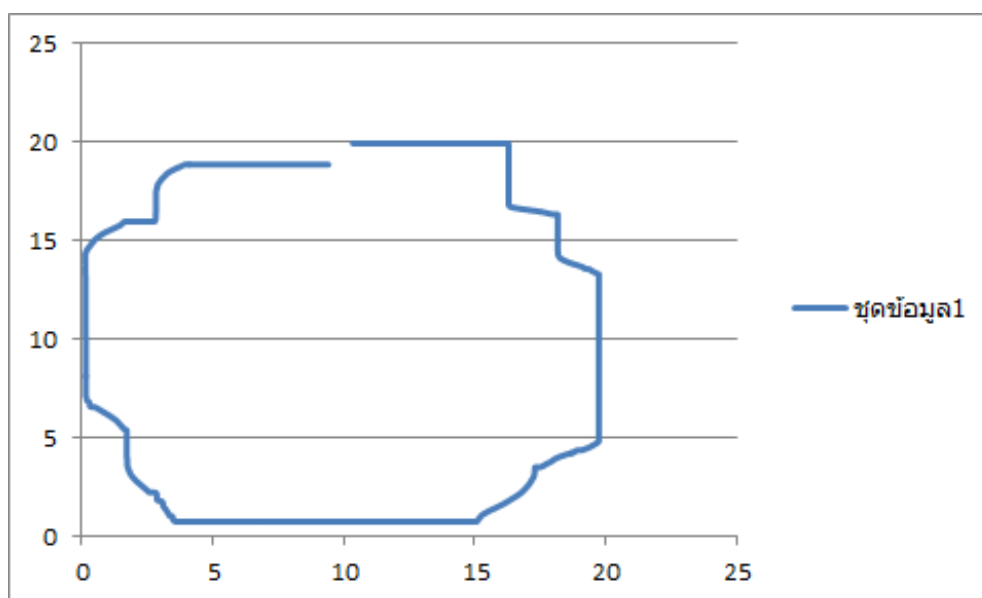
ภาพที่ 4-8 การควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้ฟuzzy

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอกสูบ 2 แกนแบบเชิงเส้นโดยใช้การควบคุมแบบฟuzzy จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งจากจุดเริ่มต้น สั่งแกน X ไปที่ระยะ 10 เซนติเมตร สั่งแกน Y ไปที่ระยะ 20 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-8 สังเกตว่าจะไม่สามารถควบคุมได้ ในการควบคุมแบบนี้ ในตำแหน่งเริ่มจนถึงตำแหน่งที่ต้องการจะมีการคำนวณจุดย่อยๆก่อนถึงตำแหน่งที่ต้องการเมื่อกระบอกสูบทำงานไม่พร้อมกันทำให้จุดต่างๆเลื่อนออกไป แต่ในการควบคุมแบบพีไอดีจะเข้าสู่จุดต่างๆได้ดีกว่าแบบฟuzzy ขึ้นอยู่กับการปรับค่าเกนพีไอดีและการสร้างกฎของฟuzzy ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบเชิงเส้นโดยใช้พีซี

การทดลองที่	Set point แกน X	Set point แกน Y	ผลที่ได้ แกน X	ผลที่ได้ แกน Y	%ผิดพลาด
1	10 cm	20 cm	9.48 cm	18.26 cm	6.95 %
2	10 cm	20 cm	9.27 cm	18.58 cm	7.2 %
3	10 cm	20 cm	9.43 cm	18.27 cm	7.17 %
4	10 cm	20 cm	9.6 cm	18.9 cm	4.75 %
5	10 cm	20 cm	9.29 cm	18.88 cm	6.35 %
6	10 cm	20 cm	9.17 cm	18.79 cm	7.17 %
7	10 cm	20 cm	9.12 cm	17.95 cm	9.52 %
8	10 cm	20 cm	9.64 cm	17.98 cm	6.85 %
9	10 cm	20 cm	9.54 cm	17.34 cm	8.95 %
10	10 cm	20 cm	9.38 cm	17.89 cm	8.375 %

4.2.5 การควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีไอดี



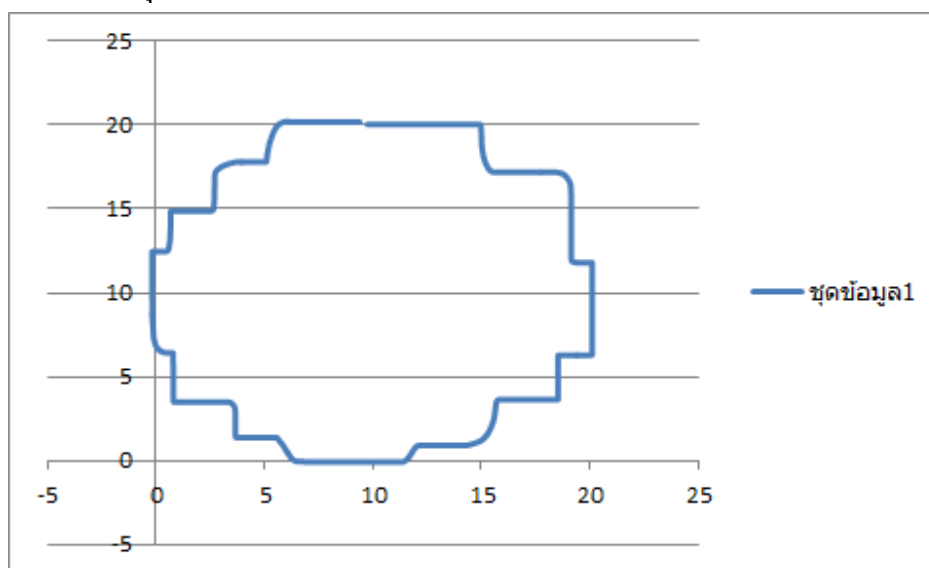
ภาพที่ 4-9 การควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีไอดี

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอบสูบ 2 แกน เขียนวงกลมโดยใช้พีไอดี โดยใช้ค่าเกนของกระบอบสูบแกน X ที่ $P = 0.08$, $I = 0$, $D = 0.002$ และ ค่าเกนของกระบอบสูบแกน Y ที่ $P = 0.09$, $I = 0$, $D = 0.001$ จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะสั่งรัศมีที่ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-9 สังเกตว่า จะไม่สามารถควบคุมได้ ในการควบคุมแบบนี้ในตำแหน่งเริ่มจนถึงตำแหน่งที่ต้องการจะมีการคำนวณจุดย่อยๆ ก่อนถึงตำแหน่งที่ต้องการออกมา เมื่อกระบอบสูบทำงานไม่พร้อมกันทำให้จุดต่างๆ เลื่อนออกไป ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีไอดี

การทดลองที่	Set point radian	%ผิดพลาดแกน
1	10 cm	3.04 %
2	10 cm	2.75 %
3	10 cm	6.45 %
4	10 cm	7.205 %
5	10 cm	13.68 %
6	10 cm	3.875 %
7	10 cm	10.41 %
8	10 cm	15.64 %
9	10 cm	12.27 %
10	10 cm	7.765 %

4.2.6 การควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีชชี



ภาพที่ 4-10 การควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีชชี

ในการทดลองนี้เป็นการควบคุมตำแหน่งควบคุมตำแหน่งของกระบอกลูกสูบ 2 แกนเขียนวงกลมโดยใช้พีชชี จะทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยจะตั้งรัศมีที่ 10 เซนติเมตร ใช้ความดันลมที่ 4 บาร์ กราฟแสดงผลการทดลองดังภาพที่ 4-10 สังเกตว่าจะไม่สามารถควบคุมได้ในการควบคุมแบบนี้ ในตำแหน่งเริ่มจนถึงตำแหน่งที่ต้องการจะมีการคำนวณจุดย่อยๆก่อนถึงตำแหน่งที่ต้องการออกมา เมื่อกระบอกลูกสูบทำงานไม่พร้อมกันทำให้จุดต่างๆเลื่อนออกไป แต่ในการควบคุมแบบพีชชีจะเข้าสู่จุดต่างๆได้ดีกว่าแบบพีไอดี ขึ้นอยู่กับการปรับค่าเกนพีไอดีและการสร้างกฎของพีชชี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ผลที่ได้จากการทดลองการควบคุมแบบวงกลมโดยใช้พีชชี

การทดลองที่	Set point radian	%ผิดพลาดแกน
1	10 cm	4.215 %
2	10 cm	7.44 %
3	10 cm	5.51 %
4	10 cm	2.285 %
5	10 cm	4.03 %
6	10 cm	1.15 %
7	10 cm	6.305 %
8	10 cm	7.36 %
9	10 cm	6.285 %
10	10 cm	7.44 %