บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การควบคุมความเร็วพัดลมชนิดดีซีมอเตอร์

ข้อมูลการปรับความเร็วดีซีมอเตอร์ในสภาวะการออนออฟ (On-Off) ที่ออน ณ ช่วงต่างๆ โดยที่กำหนดให้ค่าออฟคงที่ จะได้ความเร็วในการหมุนมอเตอร์ โดยคิดจากอัตราแรงดันที่จ่ายเป็นเจ็ดขั้นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ช่วงระยะเวลาออนออฟเพื่อคุมความเร็วพัดลมชนิดดีซีมอเตอร์

ระยะเวลาออน (มิลลิวินาที)	ระยะเวลาออฟ (มิลลิวินาที)	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)
10	50	2.0
30	50	4.4
50	50	5.8
80	50	7.2
120	50	8.4
200	50	9.6
250	50	10.5

ในการควบคุมแรงดันที่ใช้ในการขับดีซีมอเตอร์นั้น จะใช้หลักการออนออฟของสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งลักษณะในการออนออฟนั้นจะทำการคงค่าของช่วงออฟไว้แล้วจึงเปลี่ยนค่าของช่วงออนแทนเพื่อสะดวกต่อการควบคุมแรงดันที่ใช้กับดีซีมอเตอร์ และความเร็วของดีซีมอเตอร์ก็จะแปรผันตรงแรงดันที่ป้อน ถ้าแรงดันมากดีซีมอเตอร์จะมีความเร็วในการหมุนมากจากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าดีซีมอเตอร์จะมีความเร็วต่ำสุดจนมีความเร็วสูง เมื่อทำการออนออฟสัญญาณที่ค่าต่างๆ กัน

ลักษณะการทำงานของดีซีมอเตอร์จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการรับข้อมูลอุณหภูมิจากดีเอส 1820 แล้วส่งมายังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณหาค่าผิดพลาด โดยการป้อนสัญญาณแบบอ้างอิงเข้าไป ในระบบจะได้สมการการหาค่าความผิดพลาดดังนี้

$$\begin{aligned} e(t) &= r(t) - c(t) \\ &= 1 - c(t) \end{aligned} \tag{4.1}$$

โดยที่ $c(t)$ คืออัตราส่วนของอุณหภูมิในขณะนั้น ๆ ส่วนด้วยอุณหภูมิที่กำหนดไว้ (Setpoint Temperature) และค่าความผิดพลาดสูงสุดของระบบนี้จะอยู่ที่อุณหภูมิสูงสุดของระบบ คือ 50 องศาเซลเซียสส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำสุดคือ 30 องศาเซลเซียสดังนั้นจะได้ค่า $c(t)$ ในขณะนั้น เป็น $c(t) = \frac{50}{30} = 1.67$ และจาก $e(t) = r(t) - c(t)$

จะได้ $e(t) = 1 - c(t)$

$= 1 - 1.67$

$= -0.67$

และค่าผิดพลาดของระบบที่ยอมรับได้คือ $\pm 5\%$ ดังนั้นจะได้ค่าคอนโทรลระบบที่นำไปหมุนดีซีมอเตอร์เป็นเจ็ดขั้นดังตารางที่ 4.2

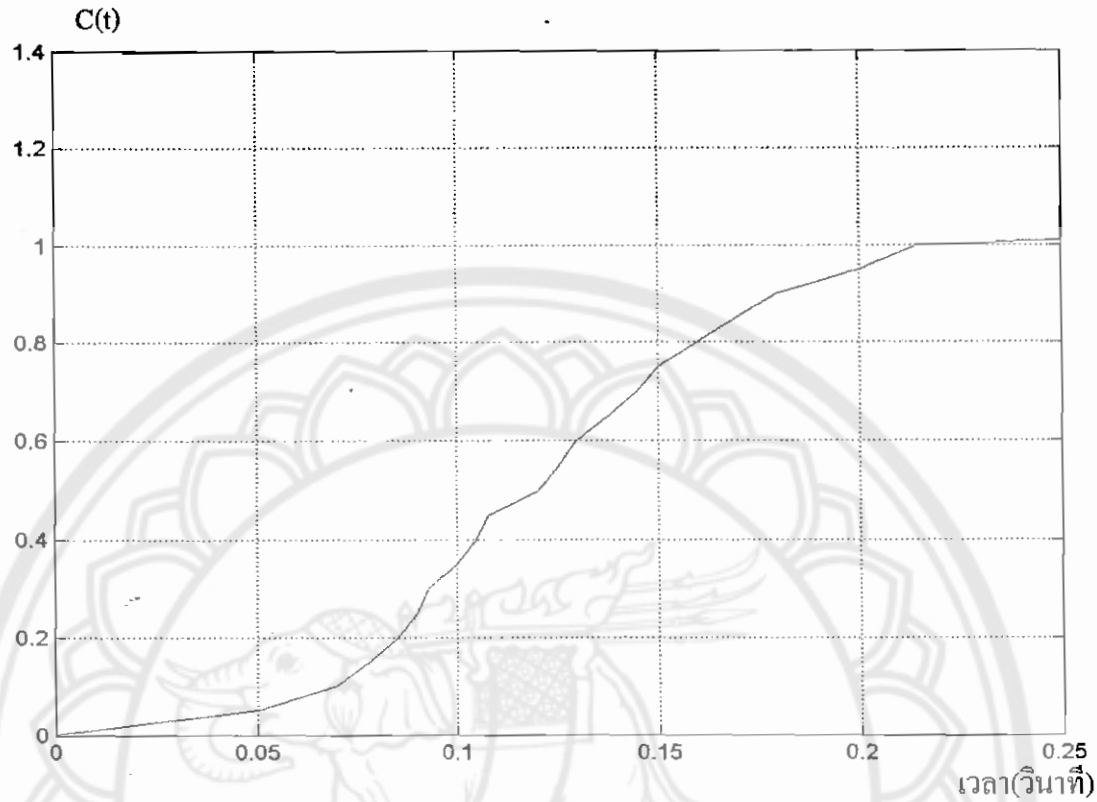
ตารางที่ 4.2 การควบคุมโวลต์เมื่อค่าคอนโทรลติดลบ

ค่าคอนโทรลของระบบ($G_C(t)$)	ค่าโวลต์เตจ
$0.00 \rightarrow -0.14$	2
$-0.15 \rightarrow -0.23$	4.4
$-0.24 \rightarrow -0.32$	5.8
$-0.33 \rightarrow -0.41$	7.2
$-0.42 \rightarrow -0.50$	8.4
$-0.51 \rightarrow -0.59$	9.6
$-0.60 \rightarrow -0.68$	10.5

ตารางที่ 4.3 การควบคุมโวลต์เมื่อค่าคอนโทรลมีค่าเป็นบวก

ค่าคอนโทรลของระบบ($G_C(t)$)	ค่าโวลต์เตจ
$0.00 \rightarrow 0.29$	2
$0.30 \rightarrow 0.6$	0

4.2 การควบคุมระบบโดยไม่ใส่ค่าคอนโทรล



รูปที่ 4.1 กราฟการทดลองเมื่อไม่ใส่ค่าคอนโทรลลงในระบบ

รูปที่ 4.1 ได้จากการทำการทดลองโดยการเปิดฮีตเดอร์โดยให้ความร้อนสูงสุดเข้าไปในระบบหลังจากนั้น ทำการลดอุณหภูมิในชุดทดลองลงจนถึงอุณหภูมิต่ำสุดของชุดทดลองโดยใช้ดีซีมอเตอร์ในการลดอุณหภูมิ หลังจากนั้นจึงทำการเพิ่มอุณหภูมิในชุดทดลองโดยไม่ใส่ค่าคอนโทรลลงในระบบจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาพล็อตกราฟก็จะได้ดังรูปที่ 4.1

หาค่า K_P, K_I และ K_D ของระบบได้จากสมการซิกเลอร์ นิโคลดังนั้นจะได้ว่าจากรูปที่ 4.1และจากหลักการของซีกเลอร์ นิโคลในระบบเฟิสออเดอร์ เมื่อดูจากกราฟและจากตารางที่ 2.16 จะได้ค่า $T = 0.12$ และ $L = 0.06$ จะได้ค่าของ K_P ในกรณีที่ตัวควบคุมเป็นแบบพี (P) จาก $U(t) = \frac{T}{L}e(t)$ ดังนั้นจะได้ $K_P = \frac{0.12}{0.06} = 2$

และในกรณีที่สัญญาณควบคุมเป็นแบบพีไอ (PI) จะได้สมการของสัญญาณควบคุมคือ

$$U(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t)dt$$

$$\cong 0.9\frac{T}{L}e(t) + \frac{0.27T\int e(t)dt}{L^2}$$

$$= 5.4e(t) + 0.81\int e(t)dt \qquad (4.2)$$

จากสมการการของสัญญาณควบคุมในกรณีที่ตัวควบคุมเป็นแบบพีไอจะได้ค่า $K_P = 5.4$ และ $K_I = 0.81$ และเมื่อตัวควบคุมเป็นแบบพีไอดี (PID) จะได้สมการของสัญญาณควบคุมดังนี้

$$U(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t)dt + K_D K_P \frac{dc(t)}{dt}$$

$$\cong 1.2\frac{T}{L}e(t) + \frac{0.6T\int e(t)dt}{L^2} + \frac{0.72T^2}{L}\frac{de(t)}{dt}$$

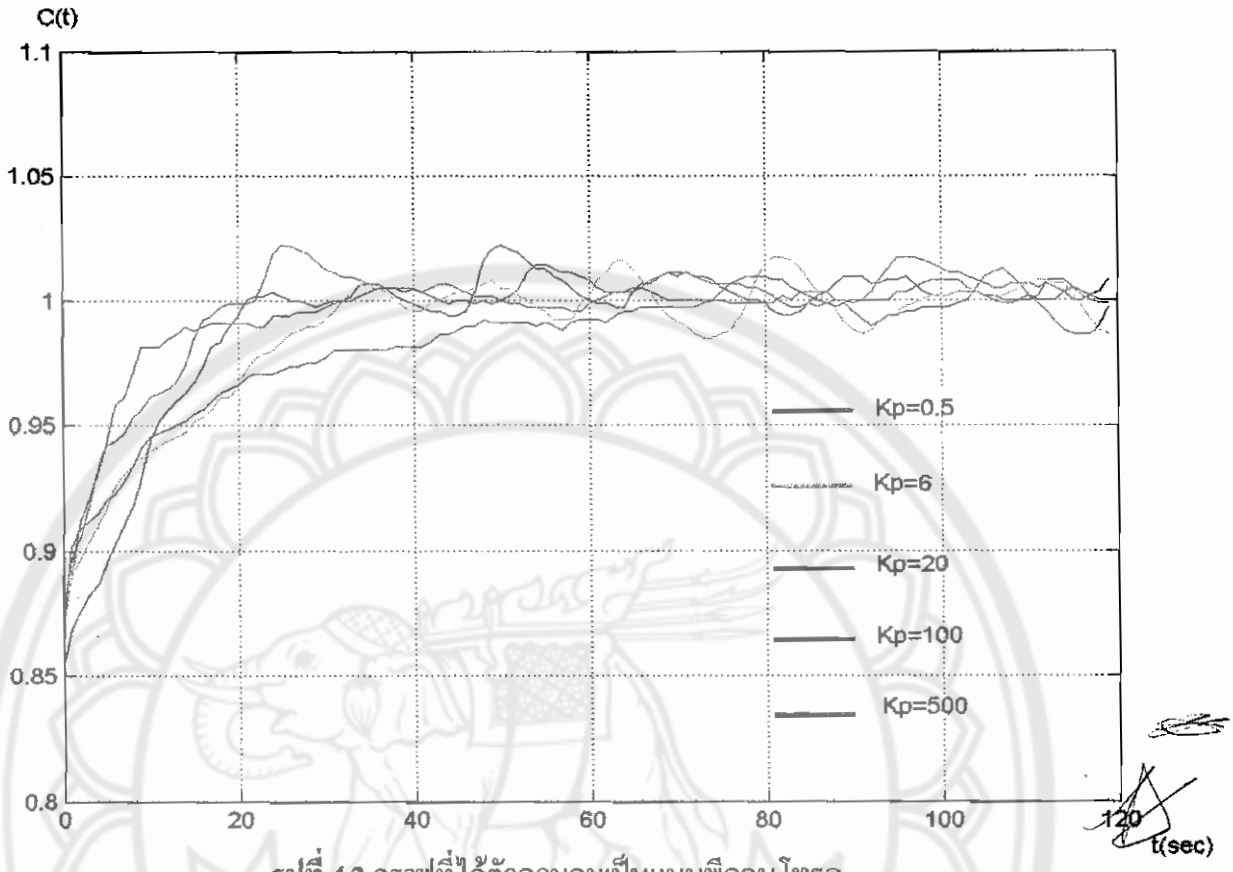
$$= 7.2e(t) + 1.8\int e(t)dt + 0.017\frac{de(t)}{dt} \qquad (4.3)$$

ดังนั้นค่า K_P, K_I และ K_D ที่เหมาะสมกับระบบนี้จะเป็นดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่า K_P, K_I และ K_D ที่เหมาะสมกับการทดลอง

ระบบคอนโทรลโดย	K_P	K_I	K_D
P	6	0	0
PI	5.4	0.81	0
PID	7.2	1.8	0.017

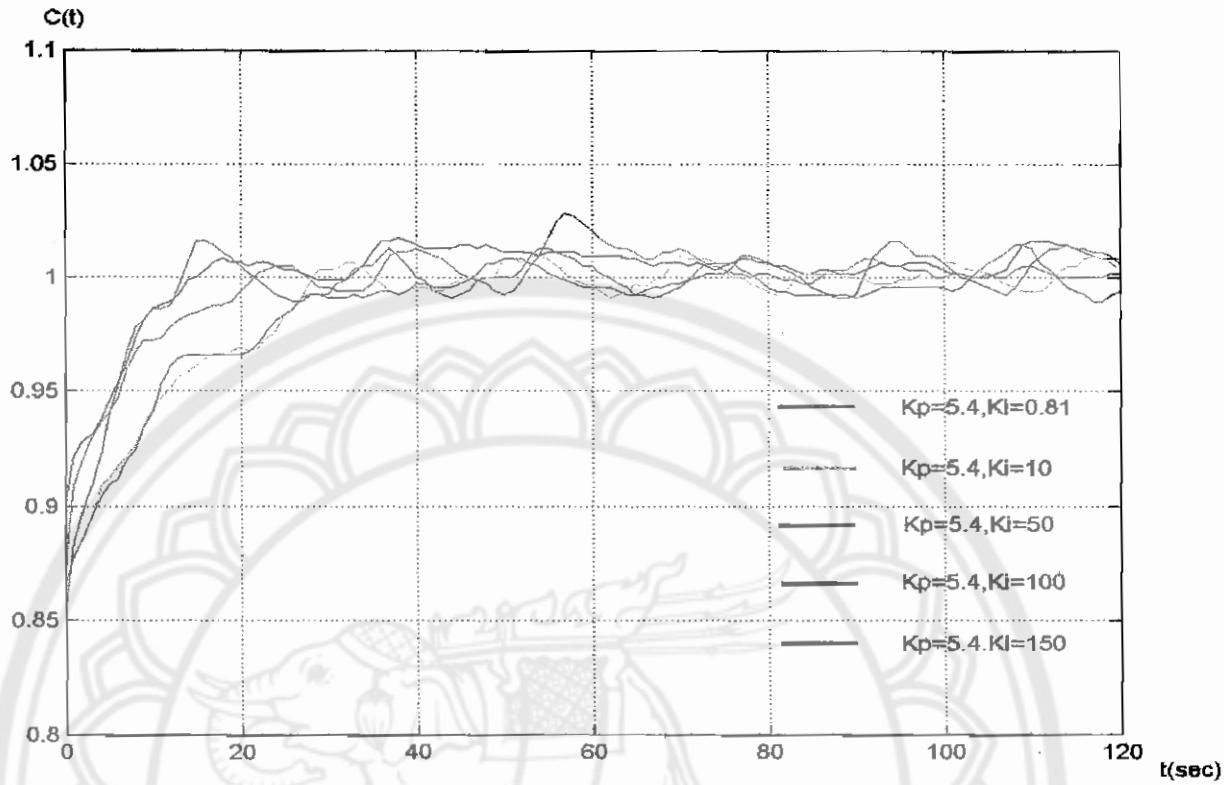
4.3 การควบคุมระบบโดยใส่ค่าพีคอนโทรล



รูปที่ 4.2 กราฟที่ได้ตัวควบคุมเป็นแบบพีคอนโทรล

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายเคพีไป เสถียรภาพของระบบก็จะแตกต่างกันไปด้วย เมื่อทำการเพิ่มค่าอัตราการขยายเคพีลงในระบบคอนโทรล การเข้าสู่ช่วงไรท์ไทม์ของระบบจะเร็วขึ้นแต่ว่าจะมีการเกิดค่าโอเวอร์ชู้ตขึ้นในระบบมากขึ้น ถ้าหากใส่ค่าอัตราขยายเคพีที่มีค่าน้อยระบบจะเข้าสู่ช่วงไรท์ไทม์ช้า แต่ค่าโอเวอร์ชู้ตก็จะน้อยตามไปด้วย

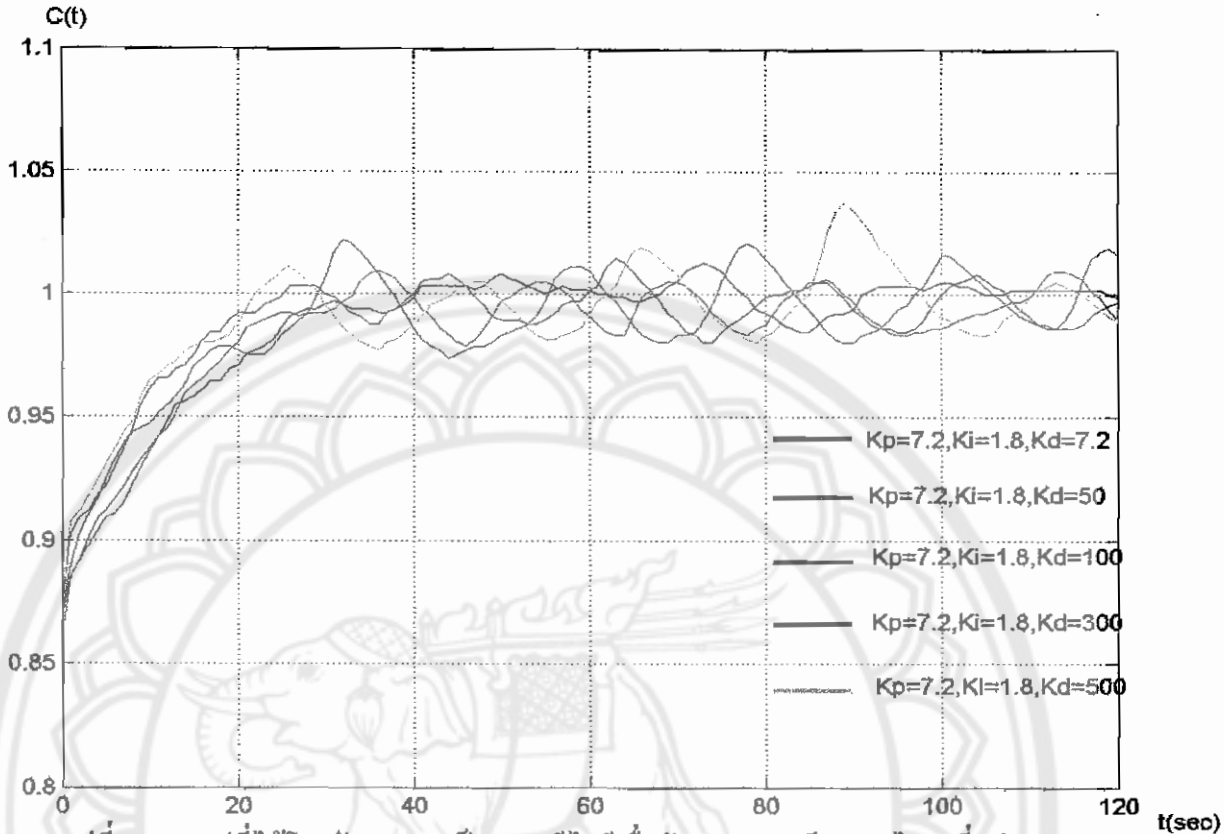
4.4 การควบคุมระบบโดยใส่ค่าพีไอคอนโทรล



รูปที่ 4.3 กราฟที่ได้โดยตัวควบคุมเป็นแบบพีไอเมื่ออัตราขยายเคพีคงที่แต่เคไอเปลี่ยนแปลง

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายเคไอ โดยที่ใส่ค่าอัตราขยายเคพีที่มีค่าคงที่ลงไปในระบบ เสถียรภาพของระบบก็จะแตกต่างกันไป เมื่อทำการเพิ่มค่าอัตราขยายเคไอลงในระบบคอนโทรลการเข้าสู่ช่วงไรท์ไทม์ของระบบจะเร็วขึ้น แต่ว่าจะมีการเกิดค่าโอเวอร์ชู้ตขึ้นในระบบมากขึ้น ถ้าหากใส่ค่าอัตราขยายเคไอที่มีค่าน้อยระบบจะเข้าสู่ช่วงไรท์ไทม์ช้าแต่ค่าโอเวอร์ชู้ตก็จะน้อยตามไปด้วย

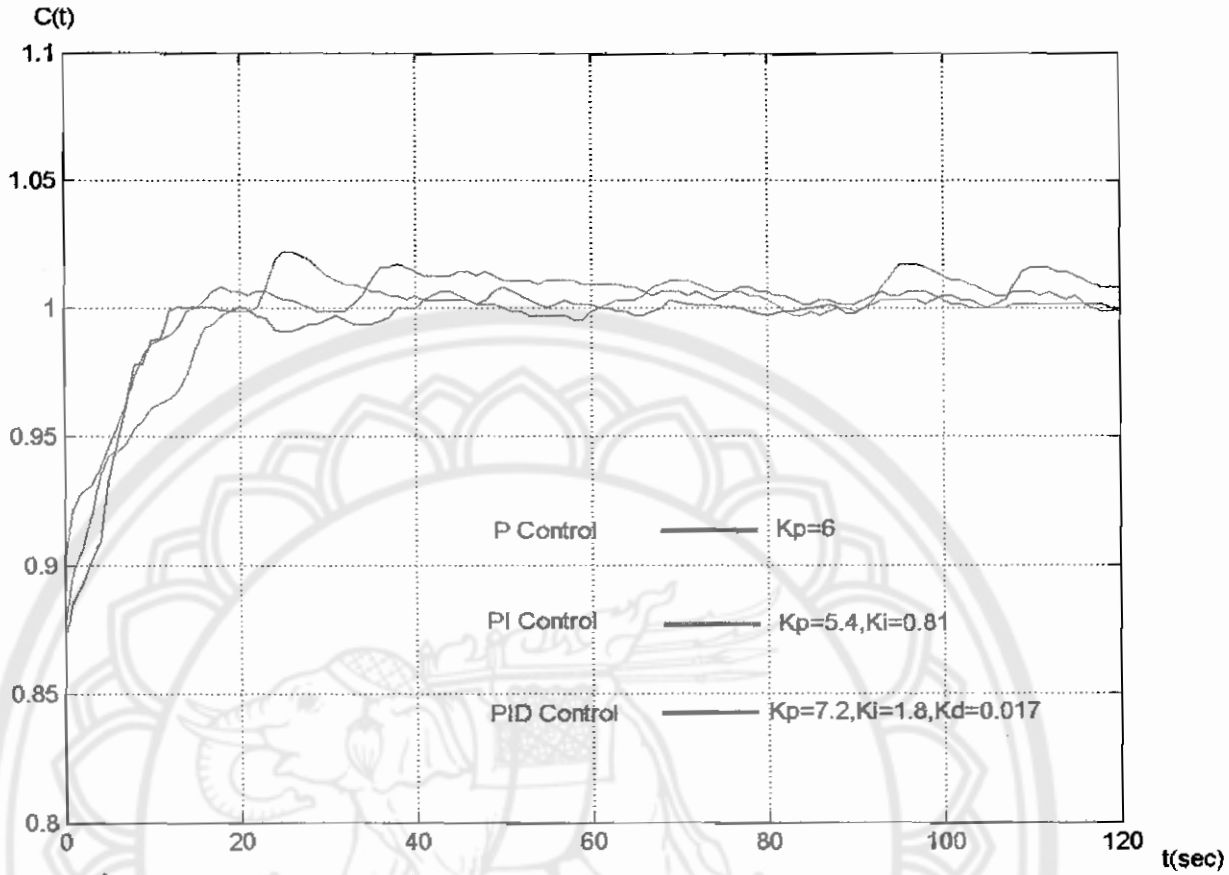
4.5 การควบคุมระบบโดยใส่ค่าพีไอดีคอนโทรล



รูปที่ 4.4 กราฟที่ได้โดยตัวควบคุมเป็นแบบพีไอดีเมื่ออัตราขยายเคพีและเคไอคงที่แต่เปลี่ยนค่าเคดี

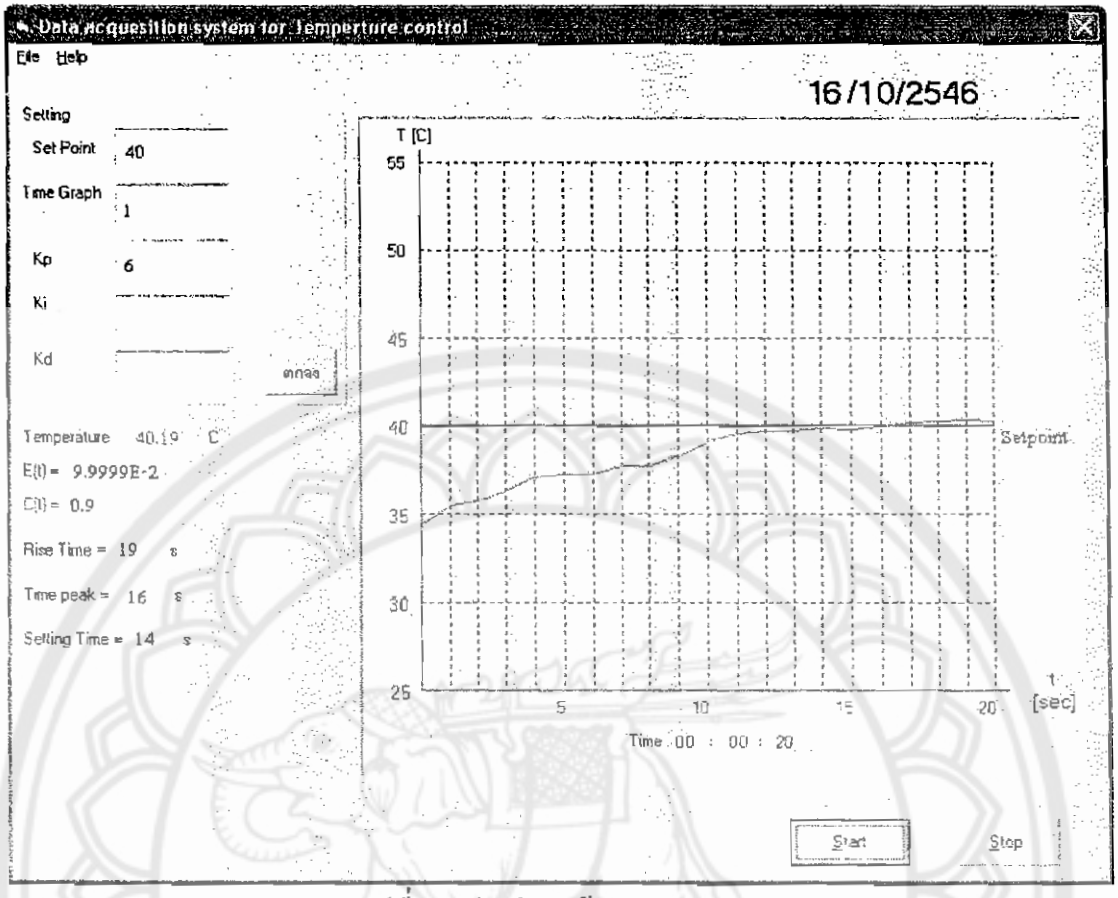
จากกราฟจะเมื่อทำการกำหนดค่าอัตราขยายเคพีและอัตราการขยายเคไอให้มีค่าคงที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเคดี เสถียรภาพของระบบก็จะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายเคดีจะไม่ค่อยมีผลต่อช่วงไรท์ไทม์มากนักแต่ว่าการใส่ค่าอัตราขยายเคดีลงในระบบ จะช่วยลดการเกิดค่าโอเวอร์ชู้ตในระบบได้ แต่ต้องเป็นค่าอัตราขยายเคดีที่เหมาะสม ถ้าหากใส่ค่าอัตราขยายเคดีที่ไม่เหมาะสมลงในระบบ ระบบจะไม่เสถียรภาพและยังเกิดการแกว่งในระบบขึ้นอีกด้วย เช่นในกราฟนี้เมื่อทำการเพิ่มค่าอัตราขยายเคดีมากยิ่งขึ้นยิ่งทำให้เกิดการแกว่งของระบบมากขึ้น

4.6 การเปรียบเทียบควบคุมระบบโดยใส่ค่าพี พีไอ และพีไอดีคอนโทรล



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบพี พีไอและพีไอดี

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการใส่ตัวควบคุมเป็นแบบพี พีไอ หรือพีไอดีที่เหมาะสมมีผลต่อระบบควบคุม จากกราฟจะเห็นได้ว่าการใส่ตัวควบคุมแบบพีไอดีจะทำให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดีที่สุดเนื่องจากมีการใส่ค่าอัตราขยายเคพี เคไอ และเคดี ซึ่งแต่ละค่าจะให้ผลดีดังนี้คือ ค่าอัตราขยายเคพีและเคไอจะช่วยให้ระบบเข้าสู่ช่วงไรท์ไทม์ที่รวดเร็วขึ้น แต่จะมีผลทำให้การเพิ่มค่าโอเวอร์ชู้ตในระบบเพิ่มมากขึ้นและค่าอัตราขยายเคไอจะไปเพิ่มการเข้าสู่ช่วงเซ็ตติ้งไทม์เล็กน้อยในขณะที่ค่าอัตราขยายเคพีจะช่วยในการลดค่าความคลาดเคลื่อนในสภาวะคงที่ (Steady state error) ลงเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพที่สุด ในขณะเดียวกันหากว่าทำการใส่ค่าอัตราขยายเคดีลงในระบบ ค่าอัตราขยายเคดีจะทำหน้าที่ในการลดการเกิดโอเวอร์ชู้ตในระบบ รวมทั้งทำให้ระบบเข้าสู่ช่วงเซ็ตติ้งไทม์ได้เร็วขึ้น



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างหน้าจอขณะทำงาน