6.3.2 การทดสอบด้วยวิธีการของเชนฮรอนเรสวิก

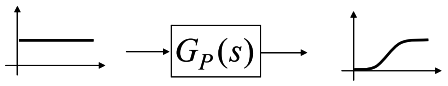
การทดสอบวิธีนี้มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1) ทดสอบระบบแบบวงรอบเปิดหรือเป็นการทดสอบสิ่งที่ต้องการควบคุมด้วยสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันไดโดยตรง ดังรูปที่ 6.24

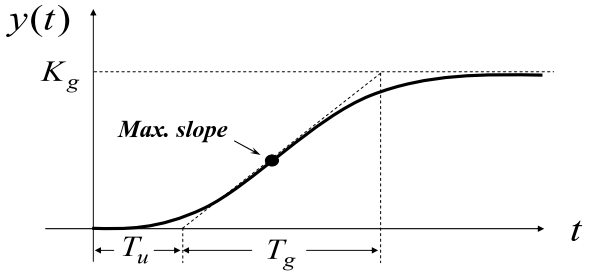
ขั้นตอนที่ 2) บันทึกค่าของผลตอบสนองในสภาวะคงตัว K_g และบันทึกลักษณะของผลตอบสนองที่ได้ ดังรูปที่ 6.25

ขั้นตอนที่ 3) จากบันทึกลักษณะของผลตอบสนองที่ได้ หาจุดที่มีความชันสูงสุด ลากเส้นตรงตัดกับเส้นผลตอบสนองในสภาวะคงตัวและแกนเวลา จะได้คาบเวลา T_u และ T_g

ขั้นตอนที่ 4) นำค่าผลตอบสนองในสภาวะคงตัว K_g คาบเวลา T_u และ T_g ที่ได้ ไปเข้าสูตรเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบ



รูปที่ 6.24 การทดสอบระบบด้วยวิธีการของเชนฮรอนเรสวิก



รูปที่ 6.25 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้

นำคาบเวลา T_u และ T_g ที่ได้ มาหา R เพื่อเลือกตัวควบคุมตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การเลือกตัวควบคุมที่เหมาะสมตามวิธีการของเชนฮรอนเรสวิก

$Conroller\ ,\quad R = T_g / T_u$	
$P-Conroller$	$R > 10$
$PI-Conroller$	$7.5 < R < 10$
$PID-Conroller$	$3 < R < 7.5$
$Higher\quad Order$	$R < 3$

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นว่าถ้าค่า $R<3$ วิธีการนี้ได้แนะนำให้ใช้ตัวควบคุมแบบ Higher-Order ซึ่งระบบควบคุมแบบพีไอดีเป็นตัวควบคุมที่มีโพลเพียงตัวเดียวคือตัวควบคุมแบบพี ดังนั้นระบบจึงมีอันดับเป็นหนึ่งเท่านั้น การใช้ตัวควบคุมที่มีอันดับสูงกว่านี้จะได้กล่าวถึงต่อไปในเรื่องการออกแบบระบบควบคุมด้วยวิธีการของเส้นทางเดินราก และการออกแบบตัวควบคุมสำหรับผลตอบสนองเชิงความถี่

เมื่อได้เลือกตัวควบคุมแล้ว ก็นำค่าผลตอบสนองในสภาวะคงตัว K_g คาบเวลา T_u และ T_g ที่ได้ มาเข้าสูตรเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมของระบบควบคุมพีไอดี ตามฟังก์ชั่นถ่ายโอนนี้

$$G_C(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

หรือ

$$G_C(s) = K_P(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s)$$

โดยที่

$$K_I = \frac{K_P}{T_i},\ K_D = K_P T_d$$

ค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบเป็นดังตารางที่ 6.3

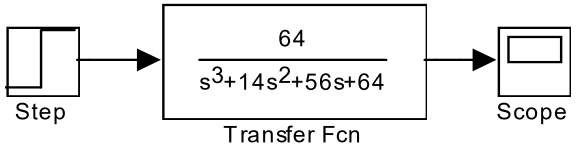
ตารางที่ 6.3 การคำนวณค่าเกนที่เหมาะสมตามวิธีการของเชนฮรอนเรสวิก

Conroller	20% *Overshoot*	*Least Overshoot*
P – Conroller	$K_P = 0.7R/K_g$	$K_P = 0.3R/K_g$
PI – Conroller	$K_P = 0.6R/K_g$ $K_I = K_P/T_g$	$K_P = 0.35R/K_g$ $K_I = K_P/1.2T_g$
PID – Conroller	$K_P = 0.95R/K_g$ $K_I = K_P/1.35T_g$ $K_D = K_P \times 0.47T_u$	$K_P = 0.6R/K_g$ $K_I = K_P/T_g$ $K_D = K_P \times 0.5T_u$

จากตารางที่ 6.3 การหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับวิธีการทดสอบแบบนี้ จะเห็นว่าสามารถเลือกผลตอบสนองที่ต้องการได้ว่าจะให้ผลตอบสนองมีเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินขนาด 20% หรือมีการพุ่งเกินน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบนี้จะให้ผลตอบสนองที่มีเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินค่อนข้างต่ำ เหมาะสำหรับระบบที่ไม่สามารถยอมรับการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้มากนัก และสิ่งที่ตามมาอีกอย่างหนึ่งก็คือผลตอบสนองที่ได้อาจจะมีความเร็วของผลตอบสนองที่ต่ำ เมื่อเทียบกับวิธีการของซีเกลอร์นิโคล

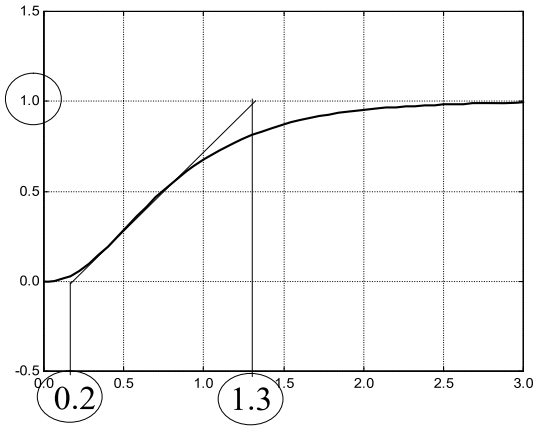
ตัวอย่างที่ 6.3 การทดสอบระบบด้วยวิธีการของเซนฮรอนเรสวิก

ตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างการใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยในการทดสอบระบบที่ทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ เพื่อหาค่าเกนของตัวควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจจะไม่จำเป็นต้องทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบก็ได้ อาจจะทดสอบระบบจริงๆด้วยสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันไดกับสิ่งที่ต้องการควบคุม แล้วบันทึกผลตอบสนองก็ได้เช่นกัน



รูปที่ 6.26 การทดสอบระบบด้วยโปรแกรม MATLAB

จากรูปด้านบนเมื่อทดสอบระบบด้วยอินพุตแบบขั้นบันได จะได้ผลตอบสนองดังรูปด้านล่าง



$T_u = 0.2,\ T_g = 1.3 - 0.2 = 1.1,\ \ R = 1.1/0.2 = 5.5$

รูปที่ 6.27 ผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบ

จากคำนวณหา $R = T_g / T_u = 1.1/0.2 = 5.5$
วิธีการนี้แนะนำให้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี

ถ้าต้องการผลตอบสนองที่มีเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินที่ 20% ค่าเกนที่เหมาะสมคือ

$$K_P = 0.95 \times 5.5/1 = 5.22$$

$$K_I = 5.22/(1.35 \times 1.1) = 3.52$$

$$K_D = 5.22 \times 0.47 \times 0.2 = 0.49$$

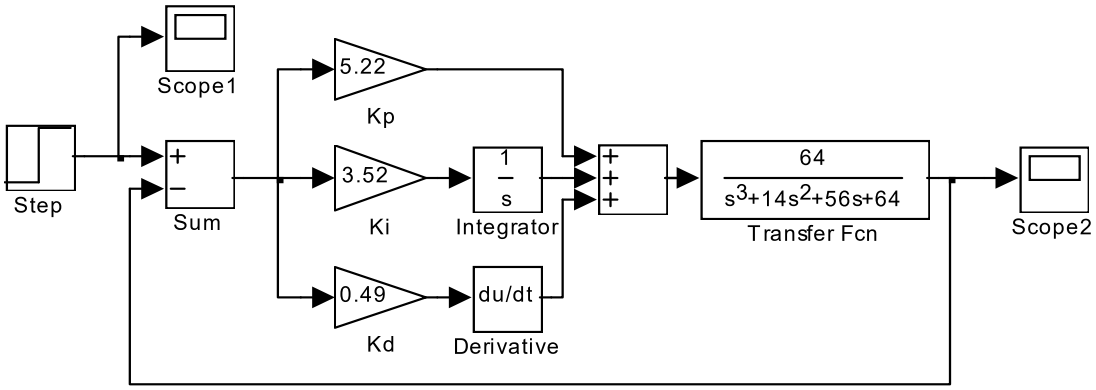
ถ้าต้องการผลตอบสนองที่มีเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินต่ำที่สุด ค่าเกนที่เหมาะสมคือ

$$K_P = 0.6 \times 5.5/1 = 3.3$$

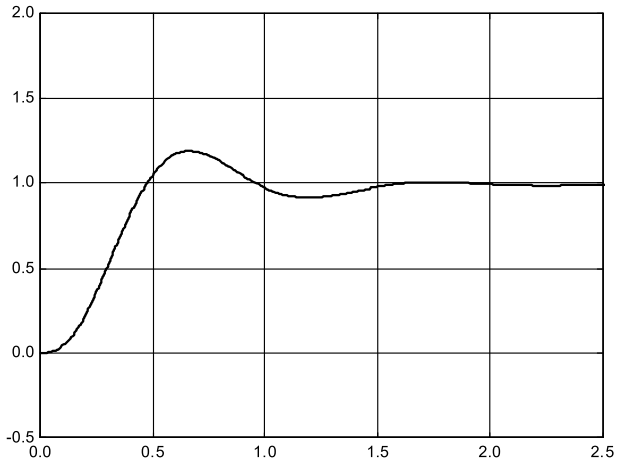
$$K_I = 3.3/1.1 = 3$$

$$K_D = 3.3 \times 0.5 \times 0.2 = 0.33$$

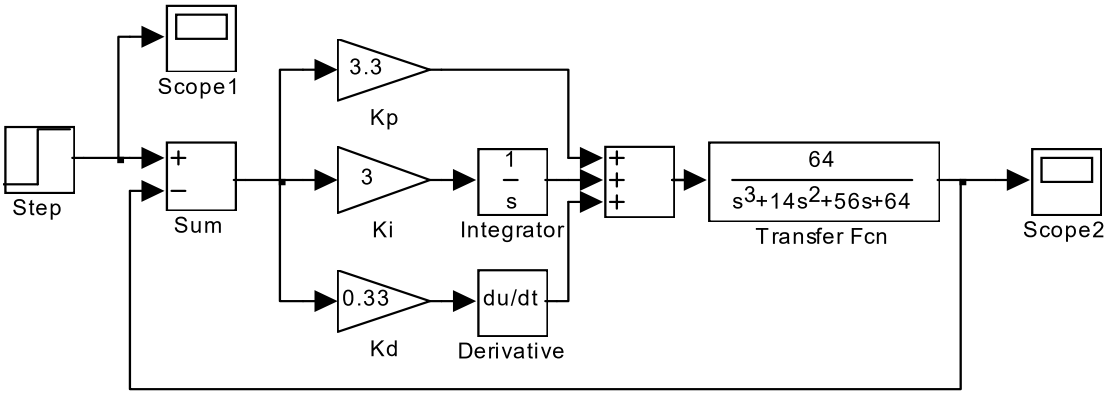
แล้วใช้โปแกรม MATLAB ทดสอบผลของการใช้ตัวควบคุมที่ได้กับระบบดังกล่าว ตามรูปที่ 6.28 จะได้ผลตอบสนองเป็นดังรูปที่ 6.29 สำหรับเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินที่ 20% สำหรับระบบที่ใช้เปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินต่ำสุดเป็นดังรูปที่ 6.30 และได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 6.31



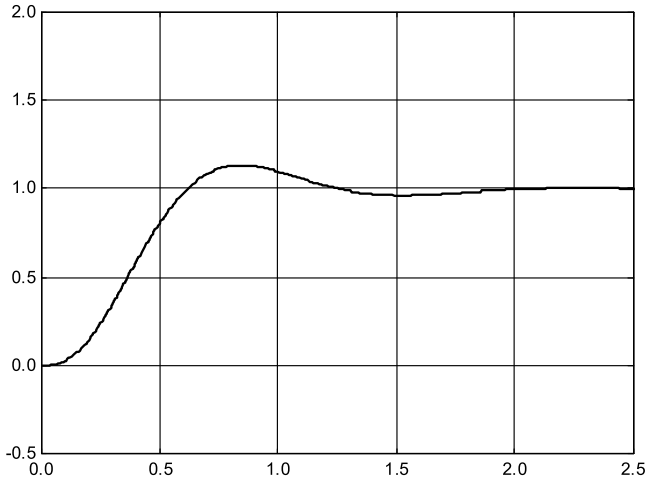
รูปที่ 6.28 การทดสอบผลของการใช้ตัวควบคุมที่ได้ สำหรับเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินที่ 20%



รูปที่ 6.29 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้ สำหรับเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินที่ 20%



รูปที่ 6.30 การทดสอบผลของการใช้ตัวควบคุมที่ได้ สำหรับเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินต่ำสุด



รูปที่ 6.31 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้ สำหรับเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกินต่ำสุด

จากตัวอย่างจะเห็นว่า ผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบหาค่าเกนที่เหมาะสมด้วยวิธีการนี้จะให้ผลตอบสนองที่มีการพุ่งเกินประมาณ 20% และประมาณ 10% สำหรับการเลือกแบบมีการพุ่งเกินต่ำที่สุด ทั้งสองแบบถือว่าให้ผลตอบสนองที่มีการพุ่งเกินที่ค่อนข้างต่ำ แต่ผลดีก็คือระบบค่อนข้างปลอดภัยจากการพุ่งเกินของผลตอบสนอง

ข้อจำกัดของการทดสอบระบบด้วยวิธีนี้ก็คือ ใช้ไม่ได้กับระบบที่ทดสอบแล้วมีการพุ่งเกินของผลตอบสนอง สำหรับระบบที่ทดสอบแล้วมีการพุ่งเกินของผลตอบสนอง สามารถใช้การทดสอบด้วยวิธีการของซีเกลอร์แทนได้ แต่ผลตอบสนองที่ได้จะมีค่าพุ่งเกินที่สูง