จากรูปที่ 6.16 จะเห็นว่าถ้าหากนำตัวควบคุมแบบพีไปใช้ใช้กับระบบที่เป็นอันดับหนึ่ง ผลตอบสนองที่ได้จะมีค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว ซึ่งสามารถลดผลกระทบได้ด้วยการเพิ่มค่าเกนของตัวควบคุมให้สูงขึ้น สำหรับการนำไปใช้กับระบบที่มีอันดับสูงกว่านั้นและเป็นระบบชนิด 0 ค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวก็จะยังคงมีค่าอยู่ และการลดผลกระทบด้วยการปรับค่าเกนของตัวควบคุมพีให้สูงขึ้น อาจจะส่งผลให้การพุ่งเกินมีค่าสูงขึ้นได้ ถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพีกับไอ หรือตัวควบคุมแบบพีไอกับระบบนี้แล้ว ตัวควบคุมแบบไอก็จะช่วยขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว แต่ผลตอบสนองที่ได้จะยังมีค่าพุ่งเกินเหมือนเดิม ถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพีกับดี หรือตัวควบคุมแบบพีดีกับระบบนี้แล้ว การพุ่งเกินของผลตอบสนองก็จะลดลง แต่ค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวก็จะยังคงอยู่ ดังนั้นถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพี ไอและดี ด้วยการปรับค่าเกนให้เหมาะสมกับระบบนั้นๆ ก็จะได้ผลตอบสนองแบบหน่วงต่ำกว่าวิกฤตที่มีค่าพุ่งเกินเหมาะสมกับระบบนั้นๆ

### 6.3 การทดสอบหาค่าเกนที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี

จากรูปที่ 6.16 จะเห็นว่าการที่จะได้ผลตอบสนองที่เหมาะสมของตัวควบคุมแต่ละแบบนั้นขึ้นอยู่กับอันดับและชนิดของระบบเป็นสำคัญ และระบบแต่ละระบบมีค่าเกนที่เหมาะสมต่างๆกันออกไป ทั้งนี้ยังต้องรวมไปถึงข้อกำหนดคุณลักษณะในการออกแบบด้วย เพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปดังที่ผู้ใช้และผู้ออกแบบพึงพอใจ

การให้ได้มาซึ่งค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับระบบทั่วๆไปที่อาจจะมีอันดับสูง เป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก ในที่นี้จะนำเสนอวิธีการทดสอบระบบเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่เป็นที่นิยมมีด้วยกันอยู่ 2 วิธีคือ

1) วิธีการของซีเกลอร์-นิโคล (Ziegler-Nichols Compensation)

2) วิธีการของเชน-ฮรอน-เรสวิก หรือซีเฮสอาร์ (Chien-Hrones-Reswick or CHR)

#### 6.3.1 การทดสอบด้วยวิธีการของซีเกลอร์นิโคล

การทดสอบวิธีนี้มีขั้นตอนดังนี้

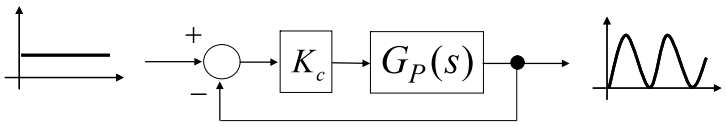
ขั้นตอนที่ 1) ต่อระบบควบคุมเป็นแบบวงรอบปิดด้วยตัวควบคุมแบบพีด้วยการป้อนกลับแบบหนึ่งหน่วย

ขั้นตอนที่ 2) ทดสอบระบบด้วยสัญญาณอ้างอิงแบบขั้นบันได

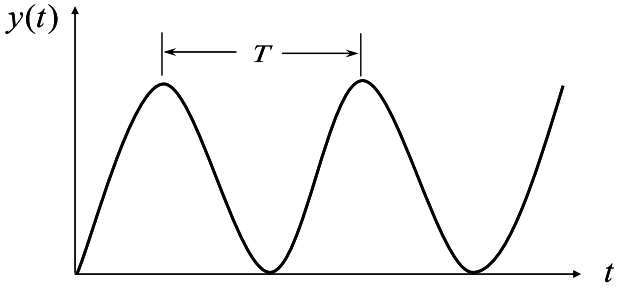
ขั้นตอนที่ 3) ปรับค่าเกนให้สูงขึ้น จนกระทั่งเกิดผลตอบสนองแบบไม่มีการหน่วง (Undamped) ดังรูปที่ 6.17 และ 6.18

ขั้นตอนที่ 4) บันทึกค่าเกน ( $K_c$ ) และคาบเวลาของการแกว่งตัว ($T$)

ขั้นตอนที่ 5) นำค่าเกนและคาบเวลาของการแกว่งตัวที่ได้ ไปเข้าสูตรเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบ




รูปที่ 6.17 การทดสอบระบบด้วยวิธีการของซีเกลอร์นิโคล




รูปที่ 6.18 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้

นำค่าเกนและคาบเวลาของการแกว่งมาเข้าสูตรเพื่อหาค่าเกนที่เหมาะสมของระบบควบคุมพีไอดี 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

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

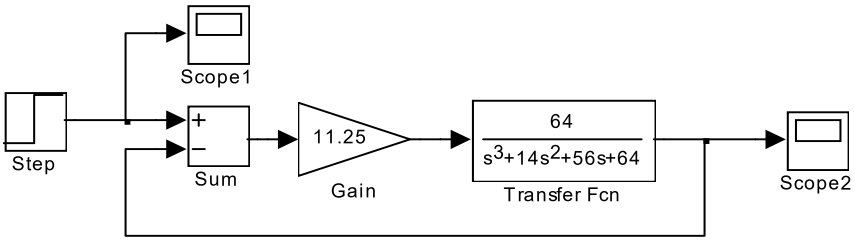
ค่าเกนที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแต่ละแบบเป็นดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ค่าเกนที่เหมาะสมตามวิธีการของซีเกลอร์นิโคล

| | $K_P$ | $K_I$ | $K_D$ |
|---|---|---|---|
| $P-Control$ | $0.5K_c$ | | |
| $PI-Control$ | $0.45K_c$ | $0.45K_c / 0.83T$ | |
| $PID-Control$ | $0.6K_c$ | $0.6K_c / 0.5T$ | $0.6K_c \times 0.125T$ |

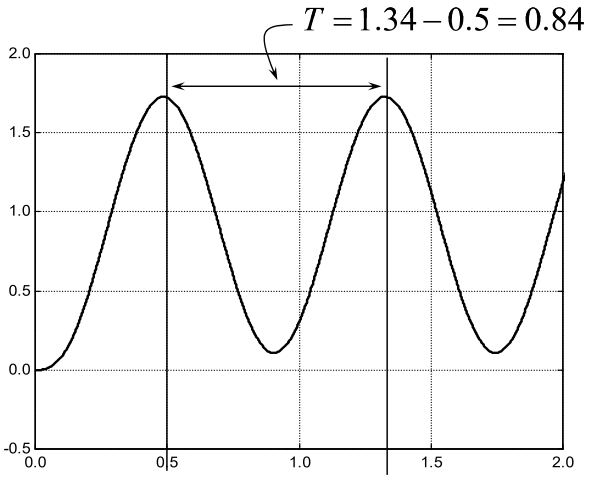
ตัวอย่างที่ 6.1 การทดสอบระบบด้วยวิธีการของซีเกลอร์นิโคล

ตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างการใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยในการทดสอบระบบที่ทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ เพื่อหาค่าเกนของตัวควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจจะไม่จำเป็นต้องทราบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบก็ได้ และการต่อระบบควบคุมแบบพีเพื่อทดสอบนั้น อาจจะเป็นการต่อระบบควบคุมจริงๆเพื่อทดสอบก็เป็นได้




รูปที่ 6.19 บล็อกไดอรแกรมการทดสอบด้วยโปรแกรม MATLAB

จากรูปด้านบนเมื่อใช้ค่าเกนของตัวควบคุมแบบพีเท่ากับ 11.25 กับระบบตามสมการฟังก์ชั่นถ่ายโอน จะได้ผลตอบสนองดังรูปด้านล่าง




รูปที่ 6.20 ผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบ

คาบเวลาของการแกว่งตัว T=0.84

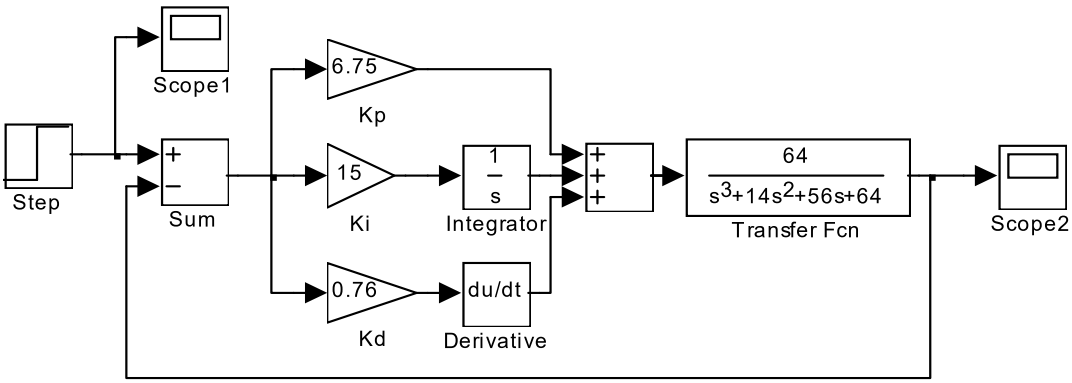
เมื่อเลือกใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดีสามารถคำนวณค่าเกนได้ดังนี้

$$K_P = 0.6 \times 11.25 = 6.75$$

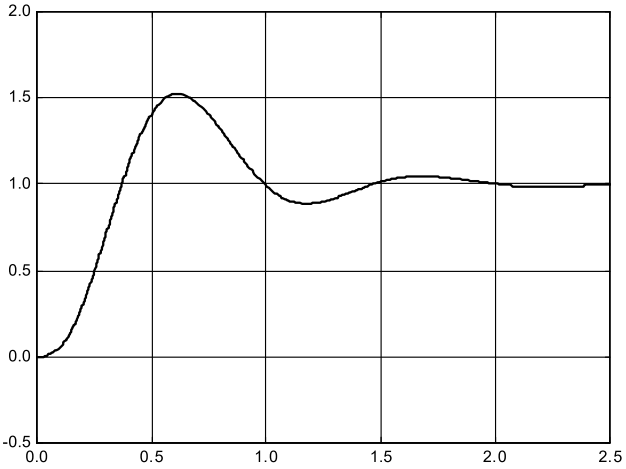
$$K_I = 6.75/(0.5 \times 0.9) = 15$$

$$K_D = 6.75 \times 0.125 \times 0.9 = 0.76$$

แล้วใช้โปแกรม MATLAB ทดสอบผลของการใช้ตัวควบคุมที่ได้กับระบบดังกล่าว ตามรูปที่ 6.21 จะได้ผลตอบสนองเป็นดังรูปที่ 6.22




รูปที่ 6.21 ทดสอบระบบที่ได้ออกแบบด้วยโปรแกรม MATLAB




รูปที่ 6.22 ลักษณะของผลตอบสนองที่ได้

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า ผลตอบสนองของระบบที่ได้จากการทดสอบหาค่าเกนที่เหมาะสมด้วยวิธีการนี้จะให้ผลตอบสนองที่มีการพุ่งเกินประมาณ 50% ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง แต่ผลดีก็คือจะได้ผลตอบสนองที่มีความเร็ว

ข้อจำกัดของการทดสอบระบบด้วยวิธีนี้ก็คือ ใช้ได้กับระบบที่มีผลตอบสนองแบบไม่มีการหน่วงเท่านั้น สำหรับระบบที่ไม่มีผลตอบสนองแบบนี้ สามารถใช้การทดสอบด้วยวิธีการของเซนฮรอนเรสวิกแทนได้ แต่ผลตอบสนองที่ได้จะมีค่าการพุ่งเกินต่ำกว่านี้