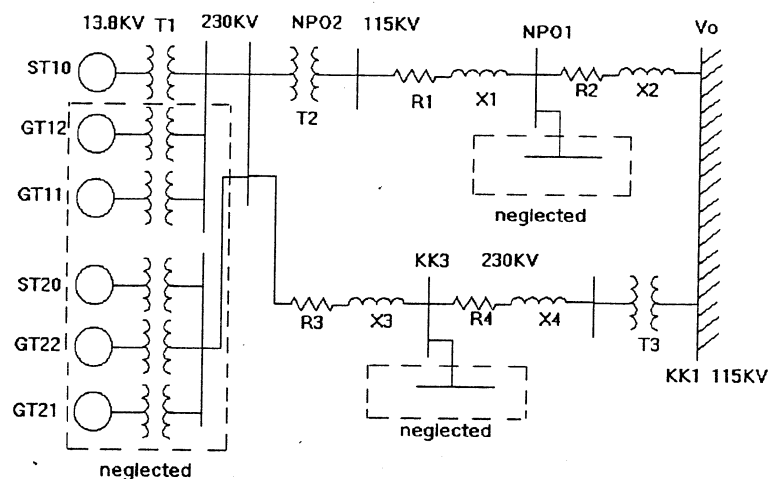


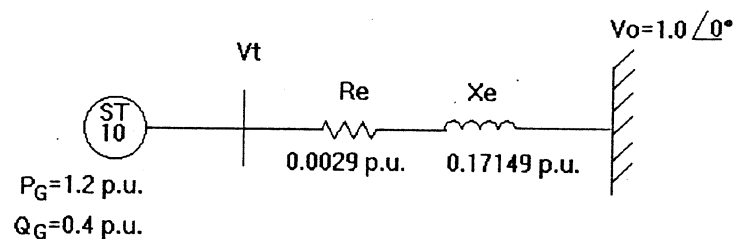
การปรับปรุงเสถียรภาพ NPCC ในระบบ SMIB

4.1 การหาค่าพารามิเตอร์ของระบบ SMIB สำหรับ NPCC

จากภาพที่ 4.1 แสดงแผนภาพเส้นเดียวของ NPCC ที่ต่อกับบัสอนันต์คือ KK1 สำหรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ก. จากที่เคยกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1 ทำให้เป็นระบบ SMIB ได้ ตามภาพที่ 4.2 เมื่อให้บัสอนันต์เป็นบัสอ้างอิง มีขนาดแรงดันเท่ากับ 1.0 p.u. และมีมุมเท่ากับ 0 องศา กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่าย P_G เท่ากับ 1.2 p.u. และ Q_G เท่ากับ 0.4 p.u.



ภาพที่ 4.1 แสดงแผนภาพเส้นเดียวของ NPCC ที่ต่อกับบัสบนันต์คือ KK1



ภาพที่ 4.2 แสดงแผนภาพอิมพีแดนซ์ของระบบ SMIB สำหรับ NPCC

ใช้โปรแกรม PFLOW (ดูภาคผนวก ง.) จะได้ค่าภาวะทำงานขณะสถานะคงที่ดังนี้

$$\begin{aligned} I_r &= 1.1958 \quad V_t = 1.0495 \quad I_d = -1.0375 \\ I_x &= -0.1509 \quad \beta = 11.2414^\circ \quad I_q = 0.6134 \\ I_a &= 1.2053 \quad \phi = 18.4378^\circ \quad V_d = -0.6882 \\ \theta &= -7.1906^\circ \quad \delta = 52.2194^\circ \quad V_q = 0.7924 \\ V_{tr} &= 1.0293 \quad \gamma = 59.41^\circ \quad E_q = 2.0265 \\ V_{tx} &= 0.2046 \quad \alpha = 40.9722^\circ \quad E_{qa} = 1.9563 \\ \text{และได้ค่าพารามิเตอร์ } K_1 \text{ ถึง } K_6 \text{ ดังนี้} \\ K_1 &= 2.5367 \quad K_2 = 2.6540 \quad K_3 = 0.2209 \\ K_4 &= 2.7832 \quad K_5 = 0.0970 \quad K_6 = 0.4363 \end{aligned}$$

4.2 การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมป้อนกลับแบบลบของระบบควบคุมแรงดัน

จากเมตริกซ์ระบบ A ที่แสดงไว้ในหัวข้อ 2.1.1 เมื่อแทนค่าพารามิเตอร์ที่หาได้จากหัวข้อ 4.1 และจากภาคผนวก ก. ยกเว้นค่าของ K_F และ T_F ที่ต้องการจะหาค่าที่เหมาะสมแล้วทำให้ระบบมีค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ดีที่สุด ตามที่เทียบกล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.1 จึงกำหนดให้ K_F และ T_F เป็นตัวแปรที่จะทำการค้นหาค่าที่จะทำให้ได้ค่าของฟังก์ชันที่มีค่าน้อยที่สุด โดยที่มีค่าของ

$$0.04 \leq K_F \leq 0.4 \quad \text{และ} \quad 0.05 \leq T_F \leq 0.5$$

จากการหาค่าโดยใช้โปรแกรม OPTEXC (ดูภาคผนวก ง.) โดยใช้จุดเริ่มต้น $K_F = 0.2$ และ $T_F = 0.05$ จะได้ค่าของ NFEVAL = 120, $F = -0.24285$, $K_F = 0.04$ และ $T_F = 0.5$

แทนค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในเมตริกซ์ระบบ A และ B (เฉพาะอินพุต V_{ref}) ที่แสดงไว้ในหัวข้อ 2.1.1 จะได้

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -0.14279 & -0.14939 & 0 & 0 & 0 \\ 314.16 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.28766 & -0.46788 & 0.10335 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -12449 & 102041 & 0 \\ 0 & -194 & -872.6 & 0 & -20 & -2000 \\ 0 & 0 & 0 & -0.09959 & 0.08163 & -2 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 2000 & 0 \end{bmatrix}^T$$

หาค่าเฉพาะของเมตริกซ์ระบบ A โดยใช้โปรแกรม EIGVAL (ดูภาคผนวก ง.) [15] และค่าในวงเล็บเป็นค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ได้จากสมการ

$$\zeta = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{\omega_d}{\sigma} \right) \right) \quad (4.2)$$

ได้ผลดังนี้

$$-11.3450 \pm j9.3950 \quad (0.77)$$

$$-0.1872 \pm j6.7264 \quad (0.028) *$$

$$-0.3243 \pm j0.7600 \quad (0.392)$$

หมายเหตุ * = ค่าเฉพาะของโมดเครื่องกลไฟฟ้า

จะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนการหน่วงของโมดเครื่องกลไฟฟ้า $(-0.1872 \pm j6.7264)$ มีค่าเท่ากับ 0.028 เป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ จึงจะทำการปรับปรุงค่าอัตราส่วนการหน่วง โดยการติดตั้ง PSS ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.3 การหาค่าพารามิเตอร์ของ PSS ที่มีการชดเชยแบบนำหน้า

จากสมการ (3.1.3) ฟังก์ชันโอนย้ายของ PSS เมื่อกำหนดค่าของ $T_w = 10$ วินาที และ $T_2 = 0.05$ วินาที ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้กัน [2,3,4,7] จะได้ว่า

$$H(s) = K \frac{10s}{1 + 10s} \left[\frac{1 + sT_1}{1 + 0.05s} \right]^2 \quad (4.3.1)$$

โดยจะหาค่าของ K และ T_1 เพื่อให้ได้ค่าอัตราส่วนการหน่วงของโมดเครื่องกลไฟฟ้าตามที่ต้องการ ใช้วิธีดังต่อไปนี้

4.3.1 ใช้วิธีการทำให้เหมาะสมที่สุดด้วยแพทเทิร์น-เสิร์ช โดยใช้โปรแกรม OPTPSS2 (ดูภาคผนวก ง.) กำหนดค่า $K_{\max} = 30$, $T_{1\max} = 2$ และน้ำหนักสมการ (weight) = 100 ต้องการอัตราส่วนการหน่วง เท่ากับ 0.3

ที่ค่า $\zeta = 0.3$ ใช้จุดเริ่มต้น $K = 10$ และ $T_1 = 0.6$ ได้ผลดังนี้

$$NFEVAL = 79, F = -2.1292, K = 5.3616 \text{ และ } T_1 = 0.7434$$

หาค่าเฉพาะของเมตริกซ์ระบบ A ตัวใหม่ เมื่อแทนค่าพารามิเตอร์ทุกตัวในเมตริกซ์ระบบ A ที่ประกอบด้วย PSS จากหัวข้อ 2.1.2 ได้ตามตารางที่ 4.1 และค่าในวงเล็บเป็นค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ได้จากสมการ (4.2)

4.3.2 ใช้ทฤษฎีโมดอล คอนโทรล สำหรับการใช้ทฤษฎีโมดอล คอนโทรล ในการหาค่า K และ T_1 โดยให้ความถี่ธรรมชาติของโมดเครื่องกลไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย และสามารถ ใช้เปรียบเทียบกับวิธีการทำให้เหมาะสมที่สุดด้วยแพทเทิร์น-เสิร์ช ได้จึงให้ ω_d คงที่ เท่ากับ 6.7264 เรเดียน/วินาที และค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ต้องการคือ 0.3 สามารถหาค่า σ ได้ดังนี้

$$\sigma = \frac{\omega_d}{\tan(\cos^{-1}\zeta)} \quad (4.3.2)$$

ดังนั้นที่ $\zeta = 0.3$ จะได้ $\sigma = 2.1153$ โดยใช้โปรแกรม LDP2(ดูภาคผนวก ง.) ป้อนค่า $\lambda = -2.1153 + j6.7264$ จะได้ค่า $K = 4.7494$ และ $T_1 = 0.7904$

หาค่าเจาะจงของเมตริกซ์ระบบ A ตัวใหม่ ที่ประกอบด้วย PSS ได้ตามตารางที่ 4.1 และ ค่าในวงเล็บเป็นค่าอัตราส่วนการหน่วงที่ได้จากสมการ (4.2)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเจาะจงของระบบเมื่อไม่มีและมี PSS

ไม่มี PSS	แพทเทิร์น-เสิร์ช	โมดอล คอนโทรล
-11.3450±j9.3950(0.77)	-24.2980±j9.3287(0.933)	-24.3230±j9.3432(0.933)
-0.1872±j6.7264(0.028)*	-5.1043±j9.6246(0.469)	-5.1022±j9.7134(0.465)
-0.3243±j0.7600(0.392)	-2.1371±j6.7941(0.3)*	-2.1151±j6.7266(0.3)*
	-0.1005(1.0)	-0.1004(1.0)
	-0.3164±j0.7446(0.391)	-0.3160±j0.7463(0.390)

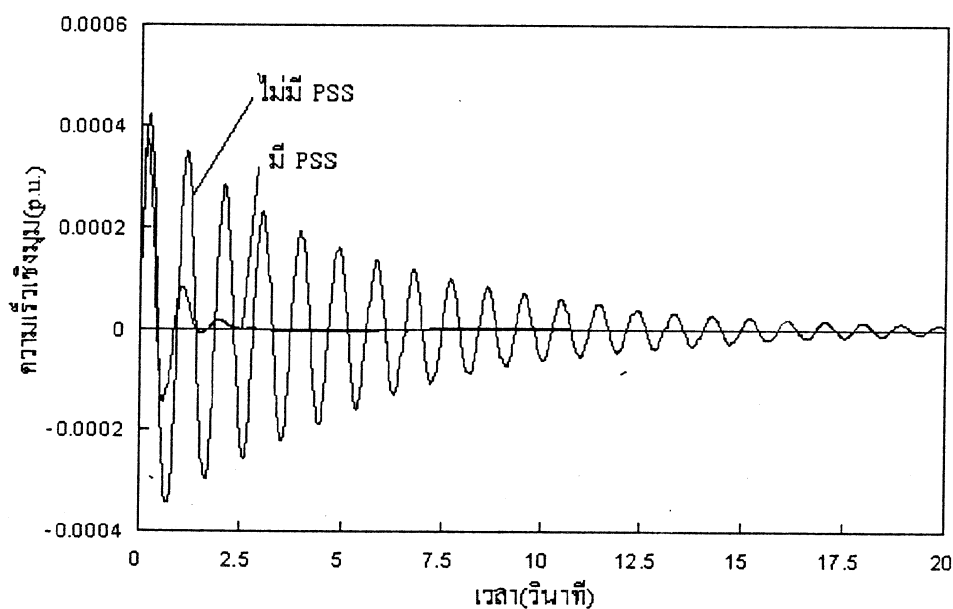
หมายเหตุ * = ค่าเจาะจงของโมดเครื่องกลไฟฟ้า
(เนื่องจากมีค่าอัตราส่วนการหน่วงต่ำที่สุด[2,3,4])

จากผลการหาค่าพารามิเตอร์ K และ T_1 ของ PSS โดยใช้วิธีการทำให้เหมาะสมที่สุดด้วย แพทเทิร์น-เสิร์ช และทฤษฎีโมดอล คอนโทรล ค่าของ K, T_1 และค่าเจาะจงทั้งหมดของเมตริกซ์ ระบบ A ตัวใหม่มีค่าใกล้เคียงกัน ผลที่แตกต่างกันเล็กน้อยเกิดจากในวิธีการทำให้เหมาะสมที่สุด ด้วยแพทเทิร์น-เสิร์ช กำหนดให้ ω_d ของโมดเครื่องกลไฟฟ้าแตกต่างจากค่าเดิมได้ประมาณ 0.1 เรเดียน/วินาที ส่วนทฤษฎีโมดอล คอนโทรล กำหนดให้ ω_d มีค่าคงที่ แสดงว่าค่าของพารามิเตอร์ K และ T_1 ที่หาได้จากทั้ง 2 วิธี เป็นค่าที่เหมาะสมแล้ว ในการใช้งานการหาค่าพารามิเตอร์ของ PSS โดยทฤษฎีโมดอล คอนโทรล จะสะดวกและรวดเร็วกว่า เนื่องจากการแก้สมการ

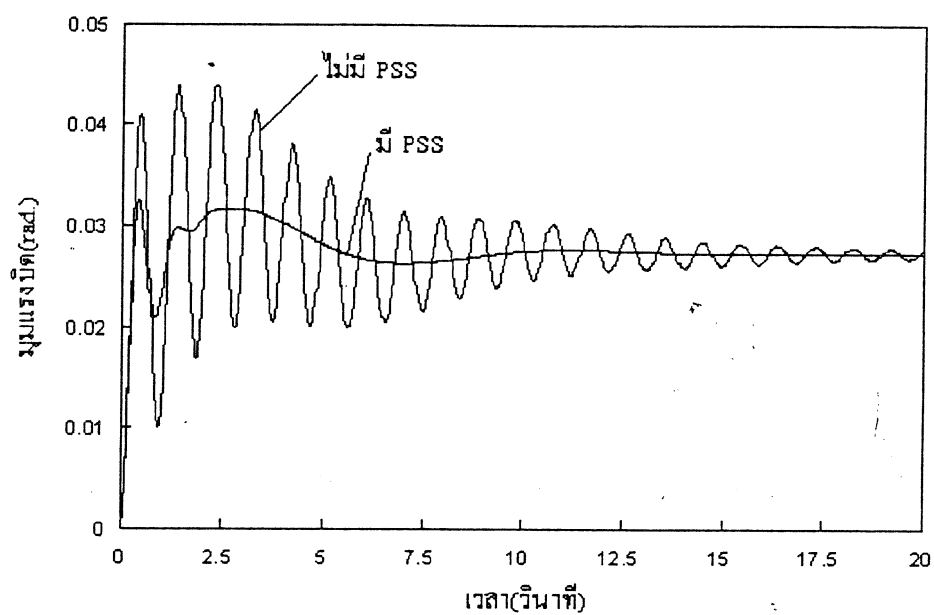
คณิตศาสตร์โดยตรงไม่เกี่ยวข้องกับการทำซ้ำส่วนวิธีการทำให้เหมาะสมที่สุดด้วยแพทเทิร์น-เสิร์ชจะเกี่ยวข้องกับการทำซ้ำ การทำงานจะช้ากว่าและจะได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่มันขึ้นอยู่กับฟังก์ชันและจุดเริ่มต้นของการค้นหาจะต้องเหมาะสมที่สุดด้วย

4.4 แสดงผลการจำลองผลตอบสนองในแกนเวลา

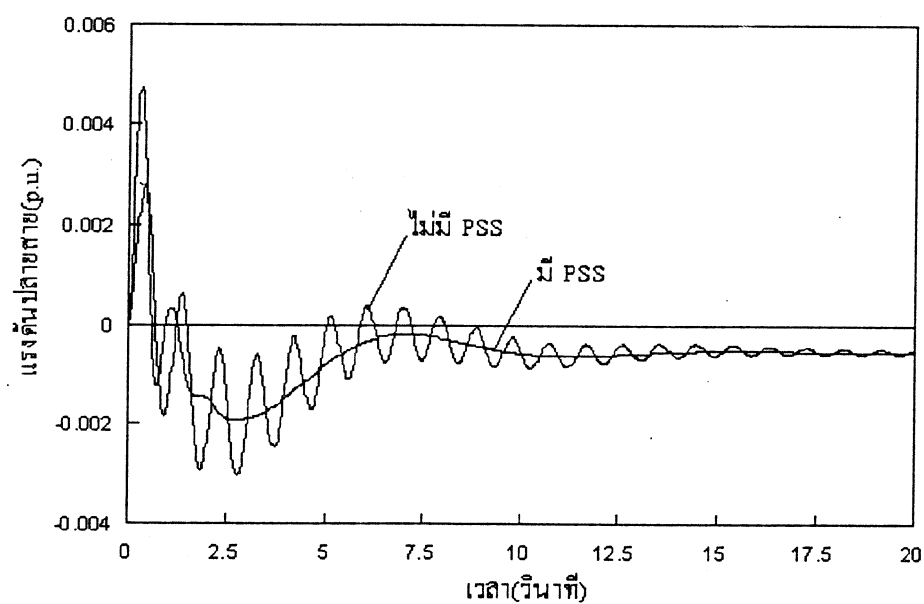
ทำการจำลองผลตอบสนองในแกนเวลา(time-domain simulation) โดยใช้โปรแกรม SIM (ดูภาคผนวก ง.) ซึ่งใช้วิธีหาค่าลัมเมตริกซ์(matrix exponentials)[10] เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบขั้น (step change) ของแรงบิดทางกล ΔT_m ขนาด 0.05 p.u. ระบบตอบสนองพลศาสตร์(dynamic responses) ของความเร็วเชิงมุม $\Delta\omega$, มุมแรงบิด $\Delta\delta$ และแรงดันปลายสาย ΔV_t ดังนี้



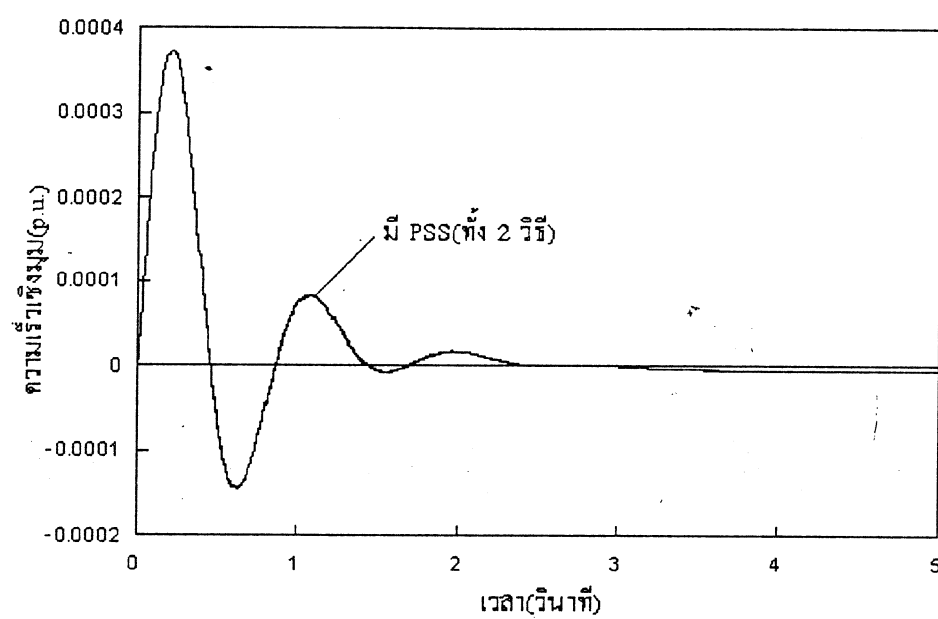
ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์ของ
ความเร็วเชิงมุม $\Delta\omega$ เมื่อไม่มีและมี PSS



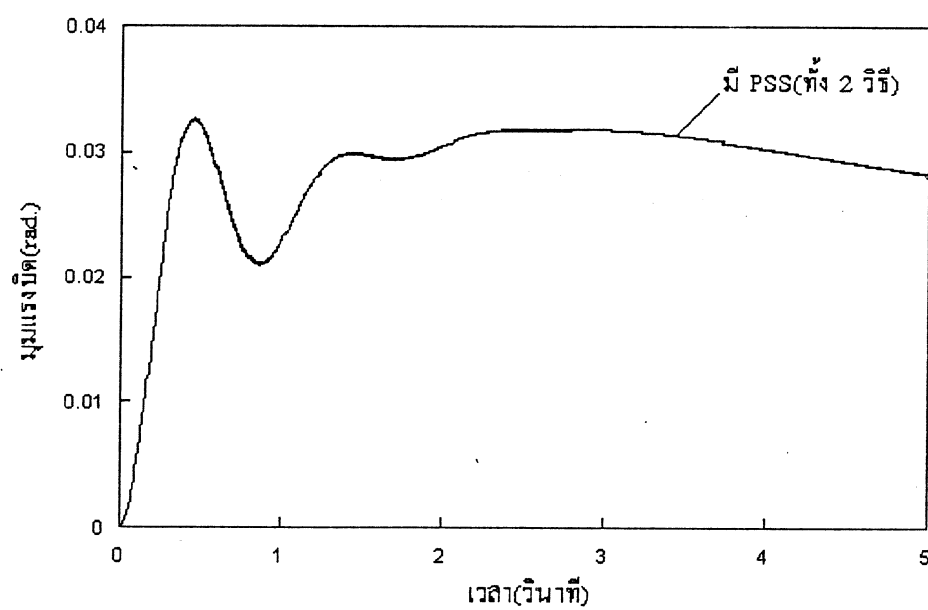
ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์ของ
มุมแรงบิด $\Delta\delta$ เมื่อไม่มีและมี PSS



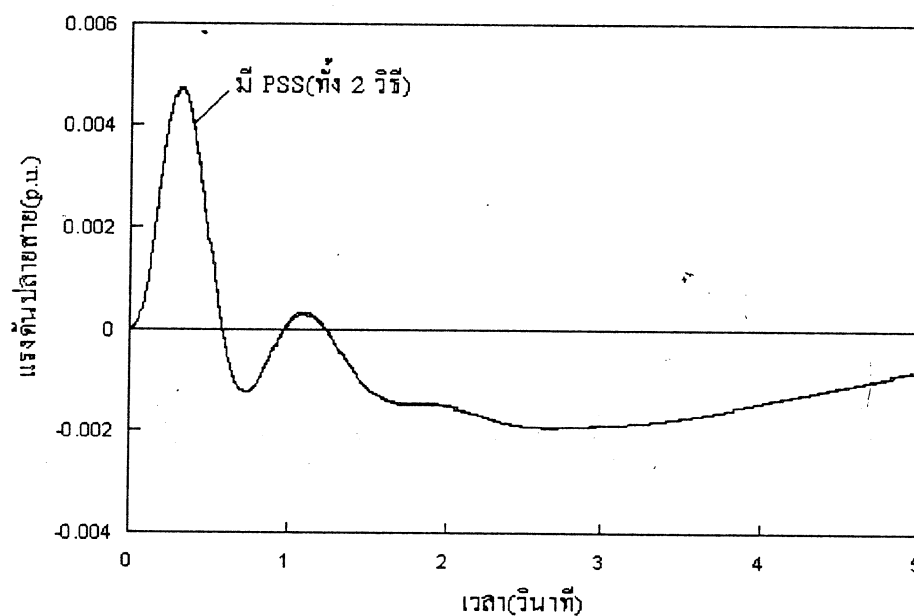
ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์ของ
แรงดันปลายสาย ΔV_l เมื่อไม่มีและมี PSS



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์ของ
ความเร็วเชิงมุม $\Delta\omega$ เมื่อมี PSS จากทั้ง 2 วิธี



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์
ของมุมแรงบิด $\Delta\delta$ เมื่อมี PSS จากทั้ง 2 วิธี



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบผลตอบสนองพลศาสตร์ของ
แรงดันปลายสาย ΔV_L เมื่อมี PSS จากทั้ง 2 วิธี

จากภาพที่ 4.3, 4.4 และ 4.5 เมื่อมี PSS ระบบจะมีการแกว่งลดลงและเข้าสู่สถานะคงที่ได้เร็วกว่า สำหรับภาพที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 แต่ละภาพ เส้นกราฟจะทับกันพอดี แสดงว่าทั้ง 2 วิธี ให้ผลตอบสนองที่เหมือนกัน