



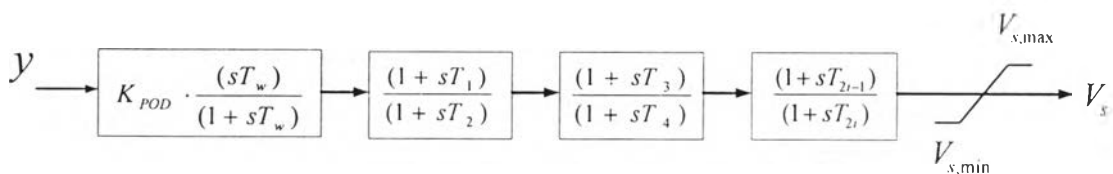
## บทที่ 6

### การปรับปรุงสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างภาคกลางกับภาคใต้ โดยใช้ SVC รักษาระดับแรงดัน และลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า

ในบทที่ 6 ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมที่ภาวะชั่วครู่จากกรณีศึกษาในบทที่ 5 ของระบบส่งกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างภาคกลางกับภาคใต้ เมื่อมีการนำ SVC มาใช้งานเพื่อทำหน้าที่รักษา ระดับแรงดัน และลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า (Power Oscillation Damping : POD) ซึ่งในบทนี้ได้ นำเสนอทั้งแบบจำลองเชิงพลวัต วิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ ของตัวควบคุมการลดการแกว่งของ กำลังไฟฟ้า รวมถึงเปรียบเทียบให้เห็นพฤติกรรมของระบบที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการปรับเปลี่ยนของ ค่าพารามิเตอร์บางค่า และการเลือกสัญญาณอินพุตป้อนให้กับตัวควบคุม

#### 6.1 แบบจำลองเชิงพลวัตของตัวควบคุม POD

การออกแบบตัวควบคุมการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในปัจจุบันได้มีวิธีการออกแบบด้วย ทฤษฎีควบคุมที่หลากหลายออกไปดังตัวอย่างที่นำเสนอจากงานวิจัยในอดีตของบทที่ 2 ซึ่งใน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาถึงการออกแบบตัวควบคุมที่เป็นรูปแบบมาตรฐาน (Conventional control) โดยการใช้ทฤษฎีการควบคุมแบบเก่า (Classical control) ที่มีแบบจำลองเชิงพลวัตทาง คณิตศาสตร์เป็นดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ตัวควบคุมการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ SVC [12]

จากรูปที่ 6.1 เป็นตัวควบคุม POD ที่มีลักษณะเป็นตัวควบคุมแบบชดเชยเฟสหน้า-ล้าหลัง (Phase-Lead-Phase-Lag Compensation) โดยค่าพารามิเตอร์ภายในจะประกอบไปด้วยอัตราขยาย ( $K_{POD}$ ) และค่าเวลาคงที่ ( $T_1, T_2, \dots, T_n$  เมื่อ  $n = 1, 2, 3, \dots$ ) ซึ่งมีอินพุต (y) ที่ป้อนให้กับตัว ควบคุม POD ได้แก่ ขนาดของกระแสที่ไหลระหว่างสายส่ง กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลระหว่างสายส่ง

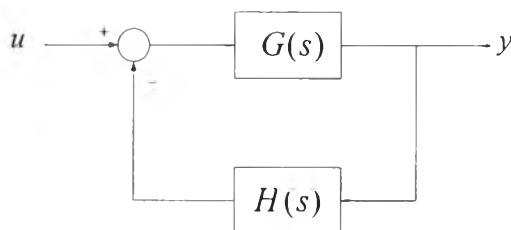
กระแสส่วนจริงที่ไหลระหว่างสายส่ง(Active current flow) ขนาดของแรงดันที่บัสของ SVC การเปลี่ยนแปลงของความถี่ในระบบ และหลักการ กับข้อดีข้อเสียในการเลือกอินพุทแบบต่าง ๆ สามารถอ้างอิงได้จาก[15] นอกจากนี้เอาต์พุทของตัวควบคุม หรือ  $V_s$  ที่เป็นขนาดแรงดันก็ถูกนำไปใช้เป็นสัญญาณอินพุทย่อยในการควบคุม SVC ให้ชดเชยกำลังรีแอกทีฟ

## 6.2 การออกแบบตัวควบคุม POD

การออกแบบตัวควบคุม POD ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเทคนิคของการเคลื่อนย้ายตำแหน่งค่ารากขั้ว(Pole Placement Technique) ในสมการคุณสมบัติ(Characteristic Equation)ของฟังก์ชันถ่ายโอนระบบ และเทคนิคที่ว่านี้ได้นำกฎของลูสโลคัส(Root locus rules) มาใช้เพื่อเลื่อนตำแหน่งของคู่รากที่สำคัญ(Pair of dominant poles) ไปยังตำแหน่งใหม่ใน S-plane แต่การใช้ลูสโลคัสเทคนิคจะเป็นวิธีที่มีข้อจำกัดมาก ซึ่งบางที่อาจไม่สามารถทำได้เนื่องจากสามารถทำการปรับได้แต่อัตราขยายป้อนกลับเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งอาจจะทำให้ค่าอัตราการหน่วงของระบบมีค่าที่ต่ำกว่าเดิมก็เป็นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงวิธีการดังกล่าวโดยใช้ตัวควบคุมแบบชดเชยเฟสเข้ามาร่วมด้วย แทนที่จะปรับแต่ค่าอัตราขยายของตัวควบคุม POD เพียงอย่างเดียว

### 6.2.1 การออกแบบตัวควบคุม POD ด้วยวิธีการย้ายตำแหน่งค่ารากขั้ว

เมื่อมีฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่เป็นแบบลูปเปิด(Open loop) หรือในรูปที่ 6.2 คือ  $G(s)$  และตัวควบคุมแบบชดเชย หรือตัวควบคุม POD ก็คือ  $H(s)$  จะได้ว่าการเชื่อมโยงระหว่างระบบกับตัวควบคุมเป็นไปดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบกับการป้อนกลับ[12]

จากรูปที่ 6.2 จะได้ว่าสมการของฟังก์ชันถ่ายโอนของทั้งระบบแบบลูปปิด (Closed-loop) ที่เชื่อมต่อด้วยตัวควบคุมแบบชดเชย จะเป็นไปดังสมการที่ 6.1

$$G(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (6.1)$$

จะได้ว่าค่ารากศูนย์ของสมการ  $1 + G(s)H(s)$  คือ ค่ารากขั้วของระบบแบบป้อนกลับ

เมื่อสมมติให้ค่าเจาะจงของระบบ(System eigenvalue) คือ  $\lambda_o$  มีการเลื่อนตำแหน่งจากเดิมไปที่ตำแหน่งใหม่เป็น  $\lambda_{des}$  ใน S-plane ดังนั้น  $\lambda_{des}$  ที่เลือกมาใหม่นี้จะต้องตอบสนองต่อสมการคุณสมบัติของระบบแบบป้อนกลับในสมการที่ 6.1 ด้วย จึงได้ว่า

$$H(\lambda_{des}) = \frac{-1}{G(\lambda_{des})} \quad (6.2)$$

และจากสมการที่ 6.2 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของขนาด และเฟส คือ

$$|H(\lambda_{des})| = \frac{1}{|G(\lambda_{des})|} \quad (6.3)$$

$$\arg(H(\lambda_{des})) = 180^\circ - \arg(G(\lambda_{des})) \quad (6.4)$$

จากสมการที่ (6.3) และสมการที่ (6.4) จะเห็นได้ว่าขนาด และมุมเฟสของตัวควบคุมแบบชดเชยนั้นสามารถคำนวณได้จากขนาด และมุมเฟสของระบบ ณ จุดที่ระบบมีค่ารากขั้วเป็น  $\lambda_{des}$  นั่นจึงหมายความว่า การออกแบบตัวควบคุม POD จะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยตรงไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของโครงสร้าง หรือจุดทำงานของระบบ

โดยทั่วไปแล้วตัวควบคุมแบบชดเชยที่ได้แสดงแบบจำลองไว้ในรูปที่ 6.1 จะมีสมการของฟังก์ชันถ่ายโอนดังสมการที่ (6.5) คือ

$$H(s) = K_{POD} \frac{sT_w}{1 + sT_w} \cdot \frac{1 + sT_1}{1 + sT_2} \cdot \frac{1 + sT_3}{1 + sT_4} \cdots \frac{1 + sT_{2i-1}}{1 + sT_{2i}} \quad (6.5)$$

เมื่อ  $i$  คือจำนวนของชุดตัวควบคุมชดเชยในแต่ละบล็อกของรูปที่ 6.1

จากสมการที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าในเทอมแรกเป็นอัตราขยายของ  $H(s)$  ส่วนในเทอมที่สองที่ประกอบไปด้วยค่าคงที่  $T_w$  เรียกว่า Washout ซึ่งมีไว้เพื่อลดผลกระทบเนื่องจากส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรง(DC - component) และความถี่ต่ำที่ไม่อยู่ในช่วงการทำงาน of ระบบ

โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดให้มีค่าคงที่ของเวลาประมาณ 10 ถึง 20 วินาที ส่วนในเทอมที่สอง สาม จนถึงเทอมที่  $i$  ค่าคงที่ต่างๆ จะหาได้จากขั้นตอนต่อไป

จากรูปที่ 6.1 ขนาดของมุมชดเชย หรือ  $\theta_m$  ในแต่ละบล็อกจะถูกจำกัดไว้ที่ค่ามุมที่มีค่าเท่ากับ 60 องศาด้วยเหตุผลในทางปฏิบัติที่กล่าวไว้ใน [26] และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของมุม  $\theta_m$  กับค่าเวลาคงที่จะได้ว่า

$$\sin \theta_m = \frac{1 - a_i}{1 + a_i} \quad (6.6)$$

$$\text{เมื่อ } a_i = \frac{T_{2i}}{T_{2i-1}}$$

และความถี่ตอบสนองที่ค่ามุมสูงสุดในแต่ละบล็อกของตัวควบคุมแบบชดเชยที่ค่ามุมสูงสุด คือ

$$\omega_m = \frac{1}{\sqrt{a_i} T_{2i-1}} \quad (6.7)$$

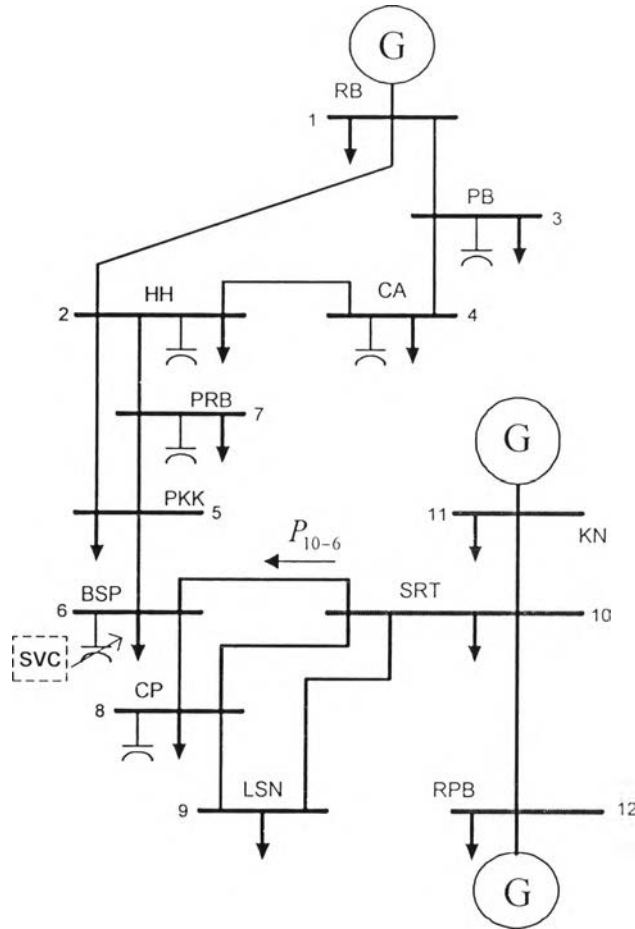
โดยปกติแล้วค่าความถี่นี้จะเลือกให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความถี่ธรรมชาติของ  $\lambda_{des}$  จาก [26] และค่าของอัตราขยายของตัวควบคุม หรือ  $K_{POD}$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6.5) โดยในหัวข้อต่อไปจะได้แสดงการคำนวณต่อไป

## 6.2.2 การออกแบบตัวควบคุม POD สำหรับระบบส่งกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างภาคกลางกับภาคใต้

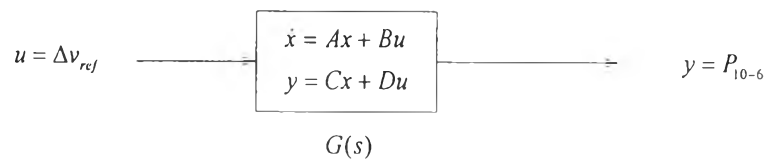
สำหรับระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมโยงระหว่างภาคกลางกับภาคใต้ในรูปที่ 6.3 ที่มีเงื่อนไขเป็นไปตามกรณีศึกษาที่ 1.1 จากในบทที่ 4 มีการกำหนดขั้นตอนการออกแบบตัวควบคุม POD ดังนี้คือ

1) เลือกสัญญาณอินพุตที่จะป้อนให้กับตัวควบคุมแบบชดเชย  $H(s)$  ในที่นี้จะใช้เป็นค่าของกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพาน (BSP) กับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี (SRT) และมีทิศทางในการวัดกระแสจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพานหรือ  $P_{10-6}$  ในรูปที่ 6.3 และสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากตัวควบคุมถูกกำหนดให้มีค่าไม่เกิน  $V_s = \pm 0.05$  p.u ของแรงดันอ้างอิงที่ SVC ซึ่งมีค่าเท่ากับ 238.4 kV หรือจะได้ว่า  $V_s$  จะมีค่าเท่ากับ  $\pm 11.919$  kV

2) ทำการหาแบบจำลองเชิงเส้นของระบบที่จุดทำงาน ณ กรณีฐาน (Linearization Model) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลดจำนวนตัวแปรสถานะ โดยที่ฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบจะมีอินพุตเป็น  $\Delta v_{ref}$  และเอาต์พุตเป็น  $P_{10-6}$  เป็นไปดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.3 ทิศทางของอินพุตที่นำมาป้อนให้กับตัวควบคุม POD



รูปที่ 6.4 แบบจำลองเชิงเส้นของระบบ ณ จุดทำงานกรณีฐาน

จากรูปที่ 6.4 เมื่อ  $x$  คือ  $[E'_{d2}, E'_{q2}$ , state in Governor<sub>2</sub> and PSS<sub>2</sub>(6 state),  $\Delta\delta_2, \Delta\omega_2, E_{fd2}, V_{R2}, \dots, V_{S2}, E'_{d3}, E'_{q3}$ , state in Governor<sub>1</sub>(2 state),  $\Delta\delta_3, \Delta\omega_3, E_{fd3}, V_{R3}, V_{S3}$ , state in phase control of SVC(2 state),  $B_{vsc}$ , state in voltage measurement]  $u$  คือ  $\Delta v_{ref}$  และ  $y$  คือ  $P_{10-6}$

เมื่อกำหนดให้ตัวห้อย 2 แทนตัวแปรสถานะของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนอม และตัวห้อย 3 แทนตัวแปรสถานะของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารัชประภา

จากรูปที่ 6.4 สามารถนำแบบจำลองเชิงเส้นมาเขียนรูปฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ คือ

$$G(s) = \frac{57.38s^{25} + 6.055e005s^{24} + 3.233e008s^{23} + 6.443e010s^{22} + 6.124e012s^{21} + 3.375e014s^{20} + 1.207e016s^{19} + 3.008e017s^{18} + 5.466e018s^{17} + 7.439e019s^{16} + 7.606e020s^{15} + 5.623e021s^{14} + 2.591e022s^{13} + 1.942e022s^{12} - 7.251e023s^{11} - 6.007e024s^{10} - 2.541e025s^9 - 6.478e025s^8 - 1.035e026s^7 - 1.078e026s^6 - 7.397e025s^5 - 3.145e025s^4 - 7.697e024s^3 - 1e024s^2 - 6.155e022s - 1.357e021}{s^{26} + 1.246e004s^{25} + 7.451e006s^{24} + 1.758e009s^{23} + 2.129e011s^{22} + 1.531e013s^{21} + 7.195e014s^{20} + 2.363e016s^{19} + 5.708e017s^{18} + 1.055e019s^{17} + 1.536e020s^{16} + 1.791e021s^{15} + 1.684e022s^{14} + 1.274e023s^{13} + 7.751e023s^{12} + 3.794e024s^{11} + 1.495e025s^{10} + 4.686e025s^9 + 1.14e026s^8 + 2.085e026s^7 + 2.785e026s^6 + 2.636e026s^5 + 1.704e026s^4 + 7.088e025s^3 + 1.691e025s^2 + 1.96e024s} \quad (6.8)$$

เมื่อได้ฟังก์ชันถ่ายโอนดังสมการที่(6.8) แล้ว ทำการหาค่าเงาเงงของระบบ อัตราการหน่วงในแต่ละโหมคของค่าเงาเงง และตัวแปรสถานะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับโหมคต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าเงาเงงในแต่ละโหมคจะมีความสำคัญต่อตัวแปรสถานะใดบ้างก็ได้สามารถหาได้จากวิธีการที่เรียกว่า วิธีการหาส่วนร่วมตัวประกอบ(Participation Method)ซึ่งรายละเอียดของวิธีการคำนวณจะอยู่ใน[12] และค่าเงาเงงของระบบที่ว่าเป็นค่าที่มาจาก การหาแบบจำลองของระบบแบบเชิงเส้นจากระบบแบบไม่เชิงเส้น ณ จุดทำงานที่ภาวะอยู่หลังจากเกิดการลัดวงจรเป็นเวลา 30 วินาที(Post-fault condition)

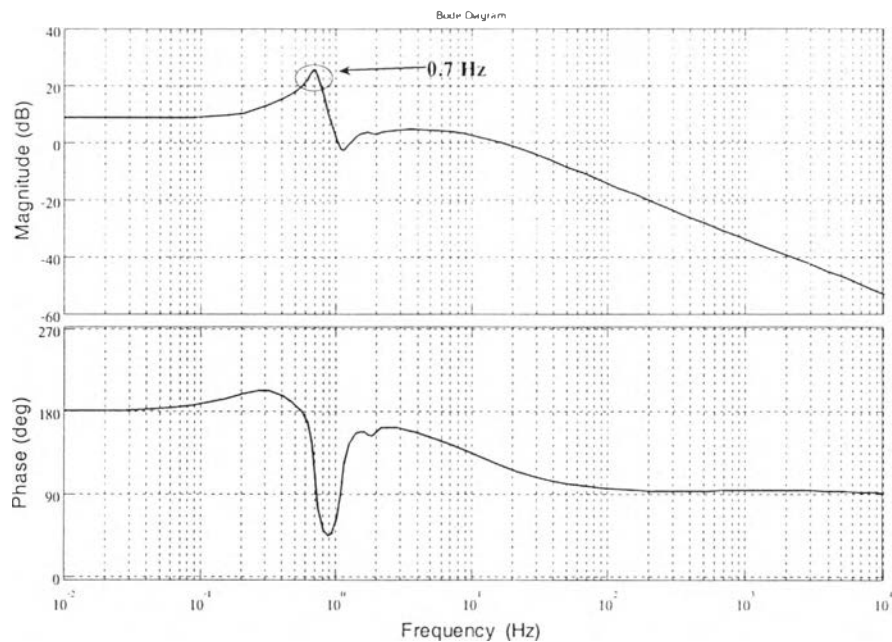
ตารางที่ 6.1 ค่าเฉพาะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างภาคกลางกับภาคใต้

โหมดที่	ค่าเฉพาะของระบบไฟฟ้า	อัตราส่วน หน่วย ( $\zeta$ )	โหมด ความถี่ (Hz)	ตัวแปรสถานะสำคัญที่เกี่ยวข้อง
1	-0.083	1	-	$ \Delta\delta_3 $ , state in (Governor) <sub>1</sub>
2	-0.194	1	-	$ \Delta\delta_2 $ , (state in PSS) <sub>2</sub>
3	-0.335	1	-	$ \Delta\delta_2 $ , state in (Governor) <sub>2</sub>
4, 5	$-0.649 \pm j0.619$	0.724	0.142	$ E'_{q3} $ , $ V_{s3} $
6	-1.644	1	-	$ E'_{q3} $ , $ V_{s3} $
7, 8	$-1.511 \pm j0.773$	0.890	0.27	$ E'_{q3} $ , $ V_{s3} $
9,10	$-3.042 \pm j1.006$	0.949	0.51	$ E'_{d2} $ , $ E'_{q3} $
11, 12	$-0.358 \pm j4.426$	0.081	0.70	$ \Delta\delta_2 $ , $ \Delta\omega_2 $ , $ \Delta\delta_3 $ , $ \Delta\omega_3 $
13	-10.392	1	-	state in (PSS) <sub>2</sub>
14, 15	$-9.817 \pm j5.932$	0.856	1.825	$ E'_{fd3} $ , $ V_{R3} $
16, 17	$-1.297 \pm j1.478$	0.112	1.838	$ \Delta\delta_3 $ , $ \Delta\omega_3 $
18, 19	$-14.701 \pm j1.493$	0.995	2.352	$ E'_{fd2} $ , $ V_{R2} $
20	-18.517	1	0.282	$ \Delta\omega_3 $ , state in (Governor) <sub>1</sub>
21	-24.276	1	-	$ E'_{fd2} $ , $ V_{R2} $
22	-35.361	1	0.149	$ E'_{fd2} $ , $ V_{R2} $
23	-63.718	1	-	$ \Delta B_{svc} $ , state in phase control of SVC
24, 25	$-199.642 \pm 0.1047$	0.999	31.77	state in phase control of SVC
26	-11847.36	1	-	$ \Delta B_{svc} $ , state in voltage measurement

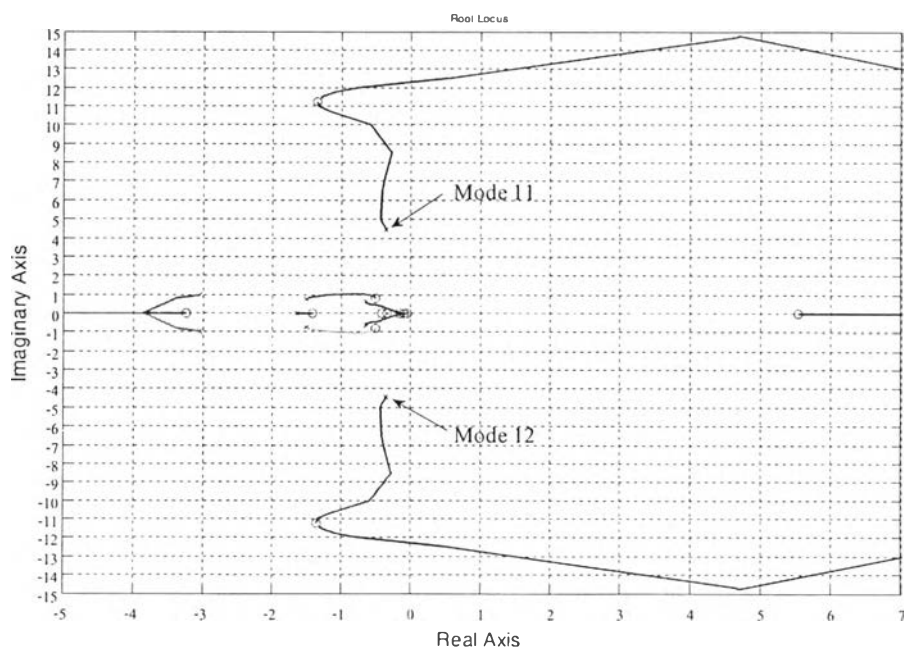
จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าในโหมดที่ 11, 12 เป็นโหมดที่มีอัตราส่วนหน่วยน้อยมากเมื่อเทียบกับโหมดอื่น และยังเป็นโหมดที่เกี่ยวข้องกับการแกว่งของโรเตอร์(Electro mechanical mode) ในกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนอมกับกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รัชประภา โดยมีการแกว่งของความถี่ที่มีค่าเท่ากับ 0.7 Hz ซึ่งจัดได้ว่าเป็นโหมดที่เรียกว่า โหมดการแกว่งระหว่างกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Inter area mode) เพราะว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.7 Hz จากที่ระบุไว้ใน[12]

จากรูปที่ 6.5 แสดงถึงการพล็อตกราฟระหว่างขนาด และมุมเฟสของระบบกับความถี่ตอบสนอง โดยจากกราฟขนาดของระบบจะสังเกตเห็นว่าที่ความถี่ 0.7 Hz ลักษณะของกราฟจะมีค่ายอดแหลมสูงขึ้นมาจากปกติ ซึ่งลักษณะแบบนี้สามารถบอกได้ว่าที่ค่าเฉพาะที่มีความถี่ธรรมชาติ

เท่ากับ 0.7 Hz จะมีอัตราการหน่วงที่มีค่าต่ำ และยังคงถึงว่าระบบมีค่ารากศูนย์อยู่ที่ด้านขวาของ S-Plane อยู่หนึ่งค่า หรือที่เรียกว่า เฟสต่ำสุด(Minimum phase) โดยสามารถดูได้จากรูปที่ 6.6

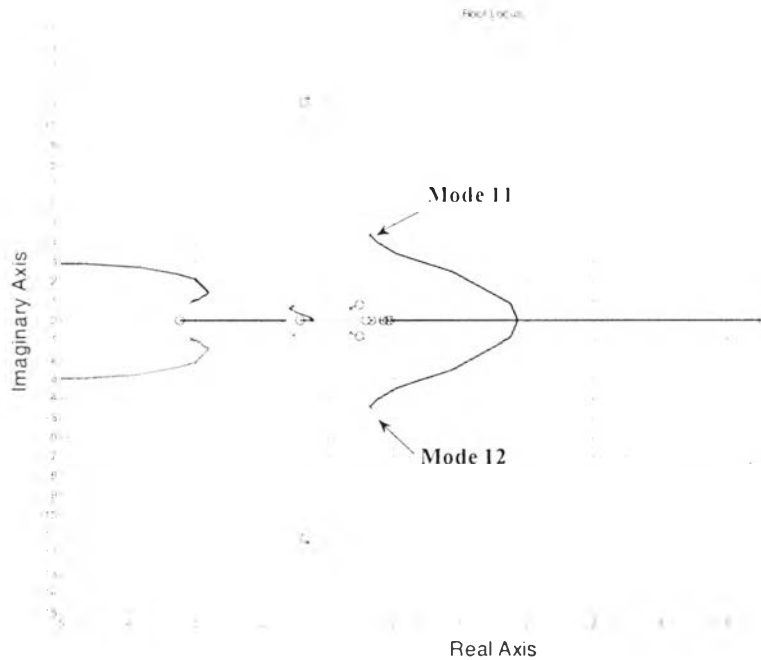


รูปที่ 6.5 กราฟผลตอบสนองทางความถี่ของระบบส่งกำลังไฟฟ้า  
เชื่อมโยระหว่างภาคกลางกับภาคใต้



รูปที่ 6.6 กราฟพลูตโลคัสของระบบจากการป้อนกลับแบบบวก





รูปที่ 6.7 กราฟลูส โลกัศของระบบจากการป้อนกลับแบบลบ

จากรูปที่ 6.6 และรูปที่ 6.7 แสดงถึงกราฟลูส โลกัศของระบบแบบลูปิดที่มีการป้อนกลับด้วยอัตราขยายแบบบวก และลบตามลำดับ ฉะนั้นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าตัวควบคุมแบบ POD นั้นจะมีอัตราขยายที่ป้อนกลับเป็นลบ หรือบวก จะต้องคำนึงเส้นทางเดินของค่ารากขั้วในโหมดที่ต้องการเพิ่มอัตราการหน่วงของการแกว่งของกำลังไฟฟ้า ในที่นี้ก็คือ โหมดที่ 11 และ 12 จะเห็นได้จากจากรูปที่ 6.6 เมื่อเลือกอัตราขยายของตัวควบคุมให้มีเครื่องหมายเป็นบวก ทุก ๆ ค่าอัตราขยายที่เพิ่มขึ้นค่ารากขั้วจะถูกย้ายตำแหน่งไปทางด้านซ้ายของ S-Plane ให้ห่างจากแกนจินตภาพไปเรื่อย ๆ ตามเส้นทางเดินในกราฟของลูส โลกัศ ซึ่งหมายความว่าระบบจะยังคงมีเสถียรภาพไม่ว่าจะมีการเพิ่มขนาดอัตราขยายของตัวควบคุม POD เป็นเท่าไรก็ตาม แต่ในรูปที่ 6.7 เมื่อเลือกอัตราขยายของตัวควบคุมให้มีเครื่องหมายเป็นลบ ทุก ๆ ค่าอัตราขยายที่เพิ่มขึ้นค่ารากขั้วจะถูกย้ายตำแหน่งไปทางด้านขวาของ S-Plane ให้ห่างจากแกนจินตภาพไปเรื่อย ๆ ตามเส้นทางเดินในกราฟของลูส โลกัศ ซึ่งหมายความว่าระบบจะสูญเสียเสถียรภาพไม่ว่าจะมีการเพิ่มขนาดอัตราขยายของตัวควบคุม POD เป็นเท่าไรก็ตาม ดังนั้นการออกแบบตัวควบคุมในวิชานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกการป้อนกลับแบบบวก

การป้อนกลับแบบบวกจะทำให้ค่ารากศูนย์ของสมการคุณสมบัตินี้ของระบบแบบปิดในสมการที่(6.1) เปลี่ยนไป คือ

$$1 - G(s)H(s) = 0 \quad (6.9)$$

และทำให้ได้ว่าสมการที่(6.4) ที่ใช้หาค่ามุมเฟสของตัวควบคุม จะเปลี่ยนไป คือ

$$\arg(H(\lambda_{dex})) = -\arg(G(\lambda_{dex})) \quad (6.10)$$

3) คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม POD หรือตัวควบคุมแบบชดเชยโดยการหาตำแหน่งของค่าเจาะจงใหม่ที่พิจารณาแนวโน้มจากรูปกราฟเส้นทางเดินของลูสโลก์ตามรูปที่ 6.4 และทำการย้ายตำแหน่งค่าเจาะจงเดิม คือ  $\lambda_o = -0.358 \pm j4.426$  ไปเป็นที่ตำแหน่งที่  $\lambda_{dex} = -0.592 \pm j4.54$  ซึ่งมีอัตราการหน่วงเท่ากับ  $\zeta = 0.129$  โดยจากสมการที่ (6.3) จะได้ว่าขนาดของตัวควบคุมแบบชดเชยที่  $\lambda_{dex}$  มีค่าเท่ากับ

$$|H(\lambda_o)| = \frac{1}{|G(\lambda_o)|} = 0.0433 \quad (6.11)$$

และมุมเฟสของตัวควบคุมแบบชดเชยมีค่าเท่ากับ

$$\arg(H(\lambda_{dex})) = -\arg(G(\lambda_{dex})) = 47.911^\circ \quad (6.12)$$

จากที่กำหนดให้ตัวควบคุมชดเชยในหนึ่งชุดจะต้องมีมุมชดเชยมีค่าไม่เกิน 60 องศา และจากค่ามุมชดเชยที่คำนวณมาได้จากสมการที่(6.10) ที่มีค่าเท่ากับ 47.911 องศา จึงกำหนดให้แบ่งชุดตัวควบคุมออกเป็นสองบล็อกหรือ สองชุด โดยในแต่ละบล็อกก็จะมีค่ามุมชดเชยที่มีค่าเท่ากับ 23.955 องศา และนำไปแทนค่าลงในสมการที่(6.6) จะได้ว่า

$$\sin(23.955) = \frac{1 - \frac{T_2}{T_1}}{1 + \frac{T_2}{T_1}} \quad (6.13)$$

ที่มุม  $\theta_m = 23.955$  องศา กำหนดให้มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 4.2 rad/sec และจากสมการที่(6.7) จะได้ว่า

$$\omega_m = 4.2 = \frac{1}{\sqrt{T_1 \cdot T_2}} \quad (6.14)$$

เมื่อแก้สมการที่(6.13) กับ (6.14) แล้วจะได้

$$T_1^* = 0.3663 \text{ วินาที}, \quad T_2^* = 0.1548 \text{ วินาที}$$

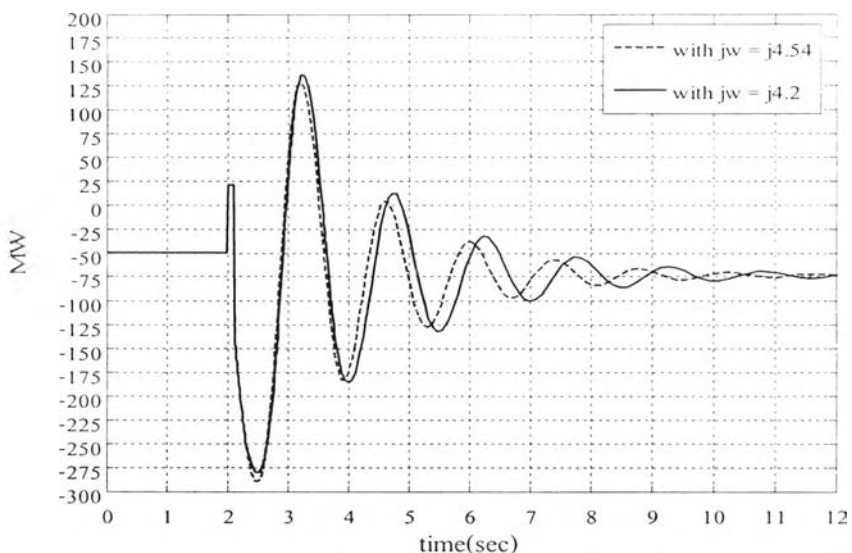
สามารถหาค่าอัตราขยาย( $K_{POD}$ ) ได้จากสมการที่(6.5) คือ

$$\begin{aligned} |K_{POD}| &= \frac{|H(s)|}{\left( \frac{sT_w}{1+sT_w} \cdot \left( \frac{1+sT_1}{1+sT_2} \right)^2 \right)} \Bigg|_{s=-0.592+j4.54} \\ &= 0.016869 \end{aligned} \quad (6.13)$$

เมื่อกำหนดให้ใช้ค่าเวลาคงที่  $T_w$  มีค่าเท่ากับ 10 วินาที

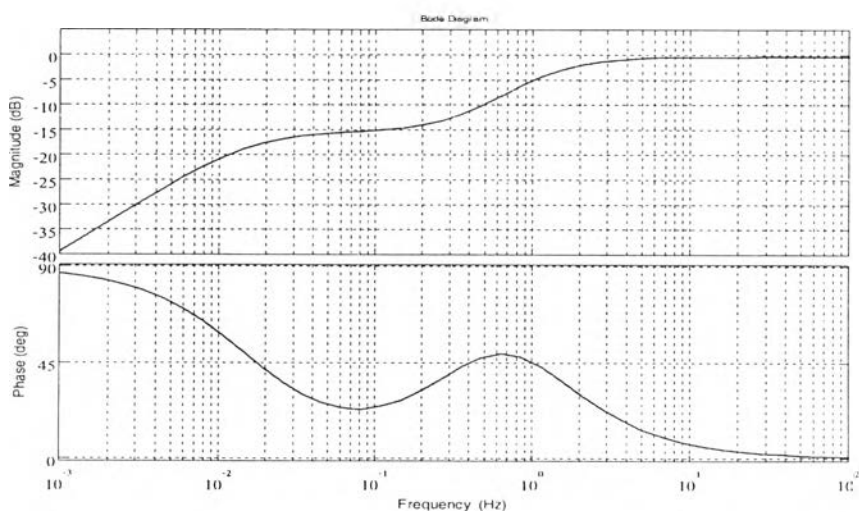
วิธีการเลือกตำแหน่งของค่ารากขั้ว หรือค่าเจาะจงใหม่ตาม[12] กล่าวไว้ว่าในส่วนของจำนวนจินตภาพ( $\omega_{dev}$ ) ต้องทำการเลือกให้มีค่าที่สูงกว่าจำนวนจินตภาพของค่าเจาะจงเดิม( $\omega_o$ ) และในส่วนของจำนวนจริงของค่าเจาะจงใหม่( $\sigma_{dev}$ ) ก็จะต้องเลือกให้มีค่าที่มากกว่าค่าเดิม แต่ไม่ควรเลือกให้มีค่ามากเกินไป นอกจากนี้ในแต่ละชุดของตัวควบคุมที่เป็นเฟสนำหน้า และล่าหลัง ควรจะเลือกความถี่ตอบสนองของมุมเฟสชดเชยสูงสุด( $\omega_m$ )ให้มีค่าที่ต่ำกว่าค่าจำนวนจินตภาพของค่าเจาะจงใหม่ด้วย ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไปนี้ควรเลือกให้มีค่าที่ห่างจากค่าเดิมเพียงเล็กน้อย

ดังนั้นจากการทดสอบตัวควบคุมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เมื่อเลือกจำนวนจินตภาพของค่าเจาะจงใหม่ให้มีค่าที่ต่ำกว่าค่าเดิม หรือ  $\omega_{dev} < \omega_o$  ซึ่งแตกต่างจากที่กำหนดไว้ใน[12]แล้ว จะได้ว่าประสิทธิภาพของตัวควบคุมในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าลดลงเป็น ไปดังรูปที่ 6.8 และจากรูปนี้เมื่อทำการวัดอัตราการหน่วงของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีกับบัสไฟฟ้าบางสะพาน ก็พบว่าอัตราการหน่วงจากการเลือกจำนวนจินตภาพของค่าเจาะจงใหม่ให้มีค่าตามเงื่อนไขใน[12] คือ  $\omega_{dev} > \omega_o$  จะมีค่ามากกว่าการเลือกค่าจำนวนจินตภาพของค่าเจาะจงใหม่ที่มีค่าน้อยกว่าค่าเดิมคือ  $\omega_{dev} < \omega_o$  หรือ  $\xi_o = 0.11 > \xi_{dev} = 0.095$  ส่วนการเลือกค่า  $\omega_m$  ที่แตกต่างไปจากวิธีการใน[12] ก็พบว่าประสิทธิภาพในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าก็มีค่าน้อยกว่าการเลือกตามวิธีการที่กำหนดไว้เช่นกัน



รูปที่ 6.8 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี

การคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุมแบบชดเชย ด้วยวิธีการย้ายตำแหน่งขั้วรากขั้วของระบบ จะเห็นได้ว่าการออกแบบนั้นเป็นวิธีที่ต้องอาศัยคุณสมบัติของระบบโดยตรง และจากความไม่เป็นเชิงเส้นของระบบนี้เอง ในบางครั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์รบกวนขนาดใหญ่ในรูปแบบต่าง ๆ อาจจะทำให้ตัวควบคุมไม่สามารถทำงานลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้เนื่องจากมีการเปลี่ยนของจุดทำงานที่แตกต่างไปจากจุดทำงานเดิมมาก ๆ เพราะว่าตัวควบคุม POD แบบนี้จะมีความถี่ของการควบคุมที่แคบดังรูปที่ 6.9



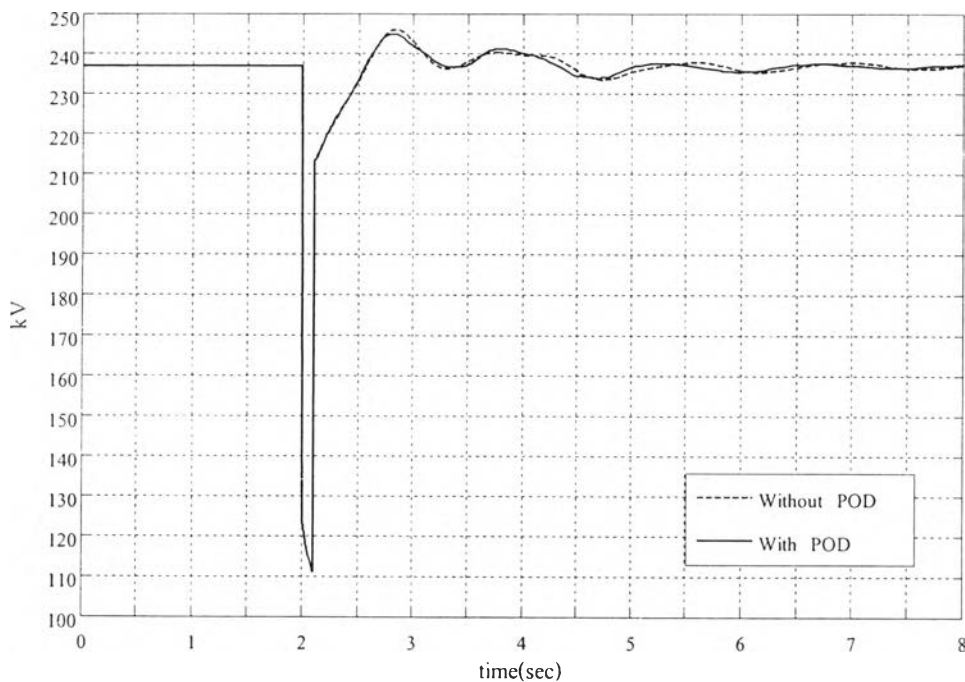
รูปที่ 6.9 กราฟผลตอบสนองทางความถี่ของตัวควบคุม POD

### 6.3 ผลการจำลองเหตุการณ์การลัดวงจรแบบสามเฟสลงกราวด์บนสายส่ง 1 เส้น

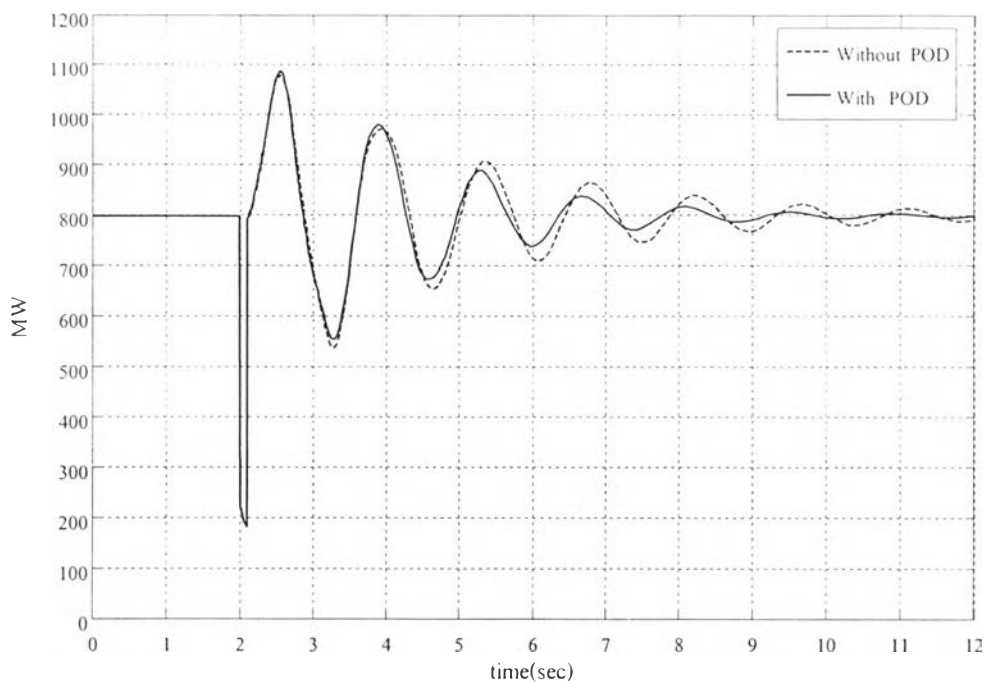
ในหัวข้อนี้จะใช้กรณีศึกษาที่ 1.1 ที่เป็นการลัดวงจรบนสายส่งระบบ 115 kV ที่เชื่อมโยงระหว่างบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีกับบัสไฟฟ้าหลังสวน เพราะว่าในกรณีนี้มีการแกว่งตัวของค่ากำลังไฟฟ้ามียิ่งกว่าในกรณีอื่น ๆ และผลตอบสนองทางเวลาได้แสดงตามหัวข้อต่าง ๆ ดัง 3 หัวข้อต่อไปนี้ คือ

#### 6.3.1 การใช้อินพุทป้อนให้ตัวควบคุม POD เป็นแบบกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง

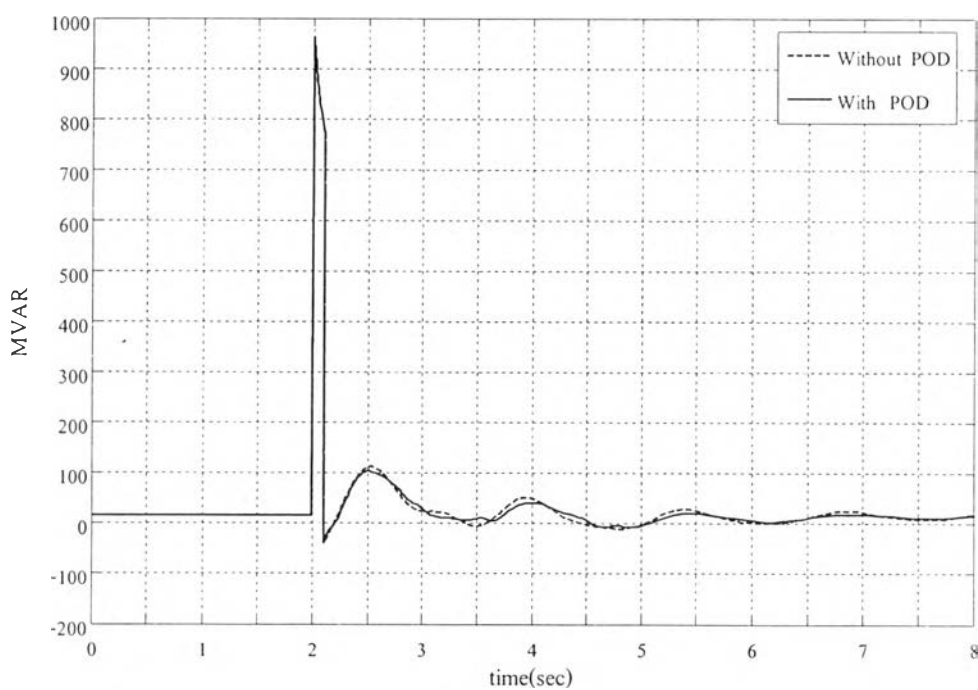
เมื่อเลือกอินพุทที่เป็นกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลระหว่างสายส่งที่เชื่อมโยงบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีมาป้อนให้กับตัวควบคุม ซึ่งกำหนดทิศทางของกำลังไฟฟ้าที่วัดมาใช้งานให้มีทิศทางจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพานจะได้ว่าผลตอบสนองของระบบที่น่าสนใจจะเป็นไปดังรูปที่ 6.10 – 6.25



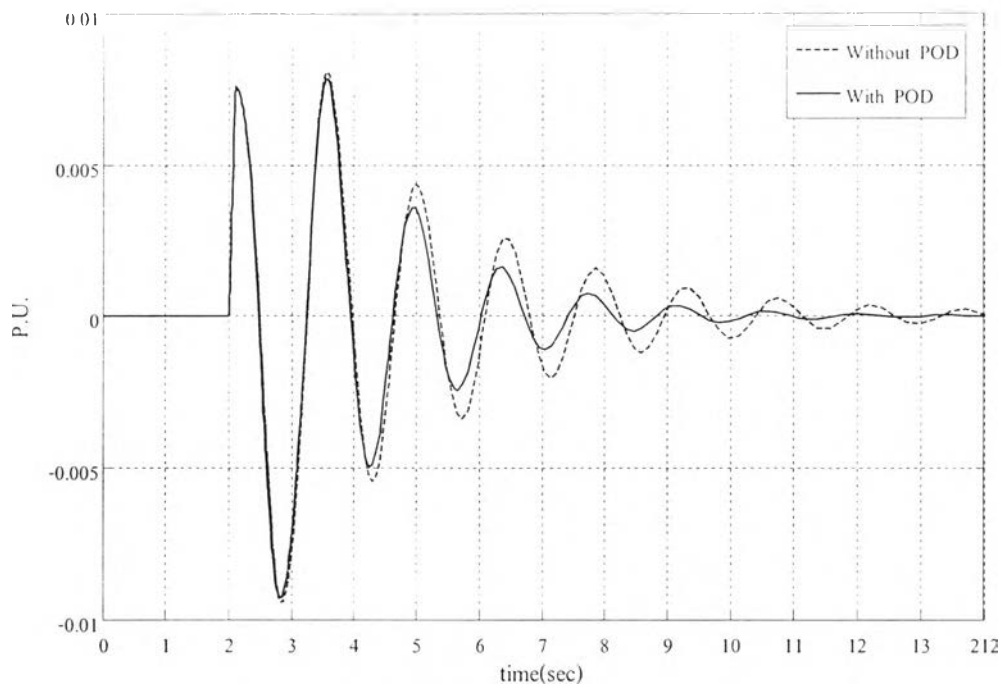
รูปที่ 6.10 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



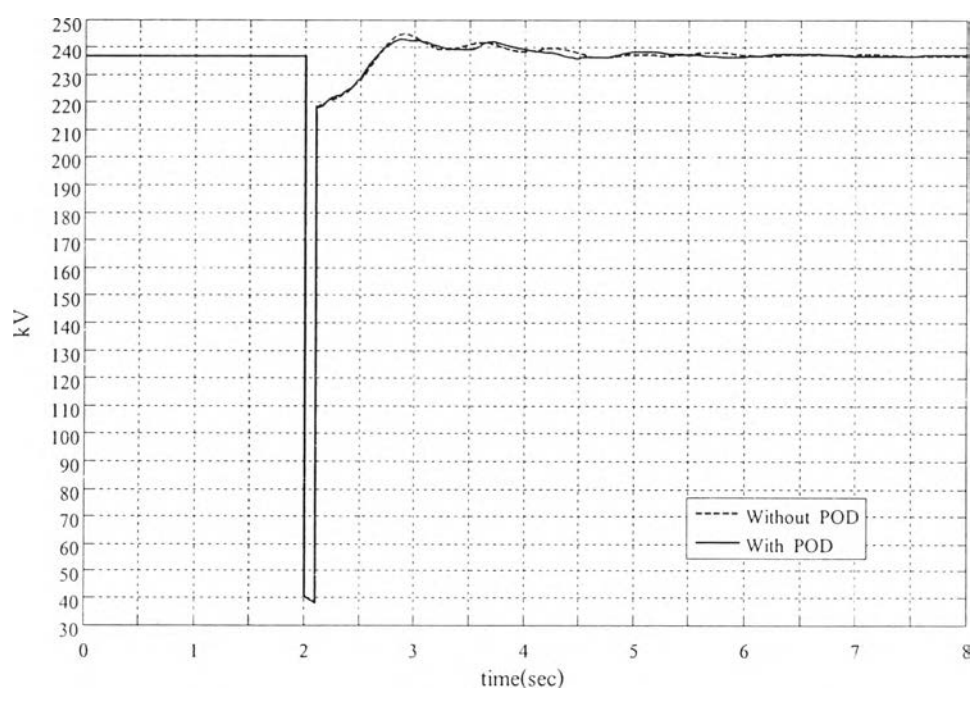
รูปที่ 6.11 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



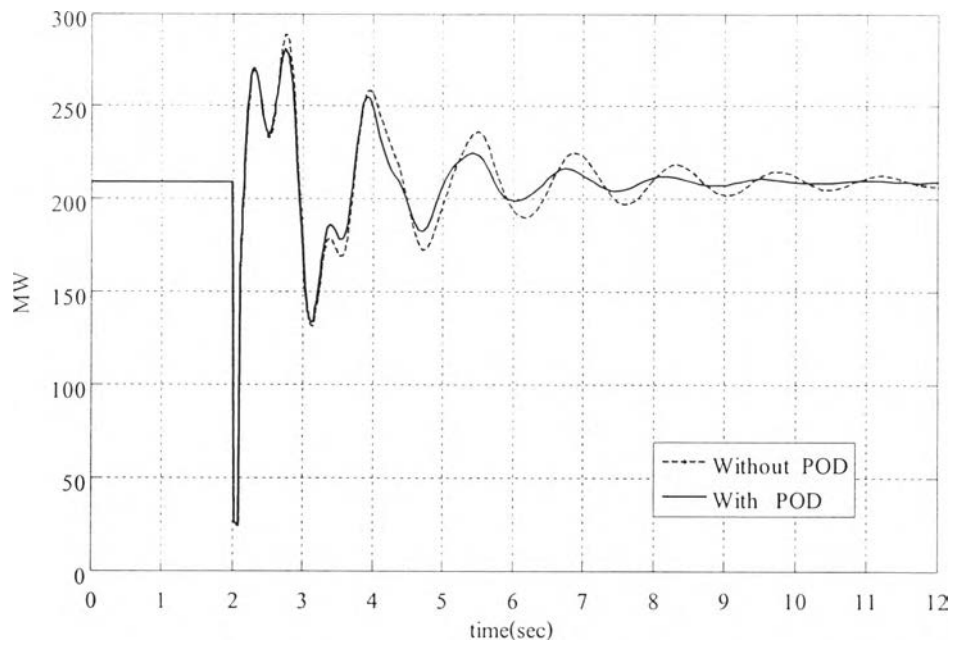
รูปที่ 6.12 ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



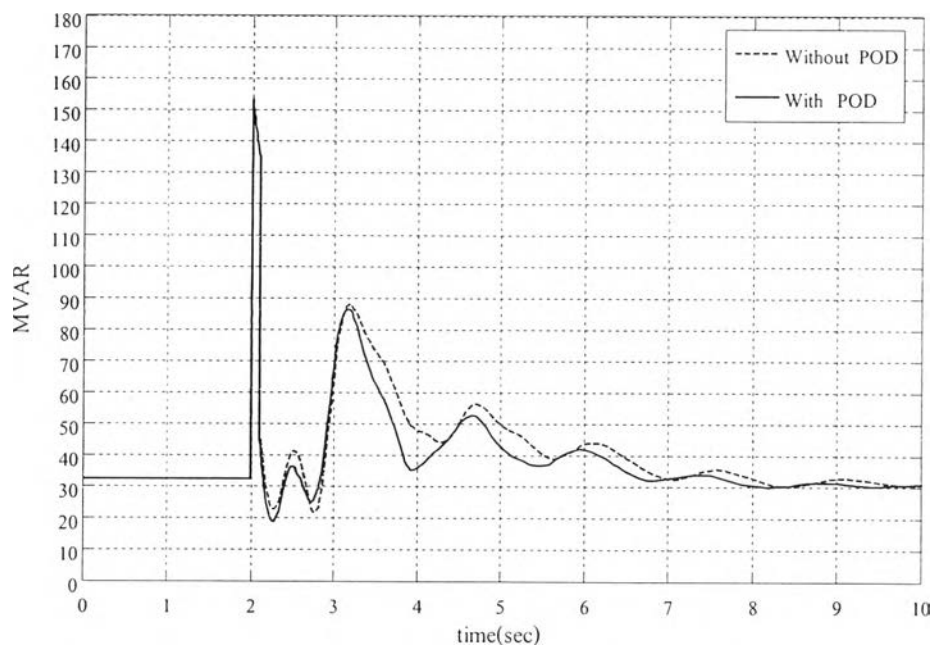
รูปที่ 6.13 ค่าการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงโคจรของกรุปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขอม



รูปที่ 6.14 แรงดันที่ขั้วของกรุปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัษฎะภา

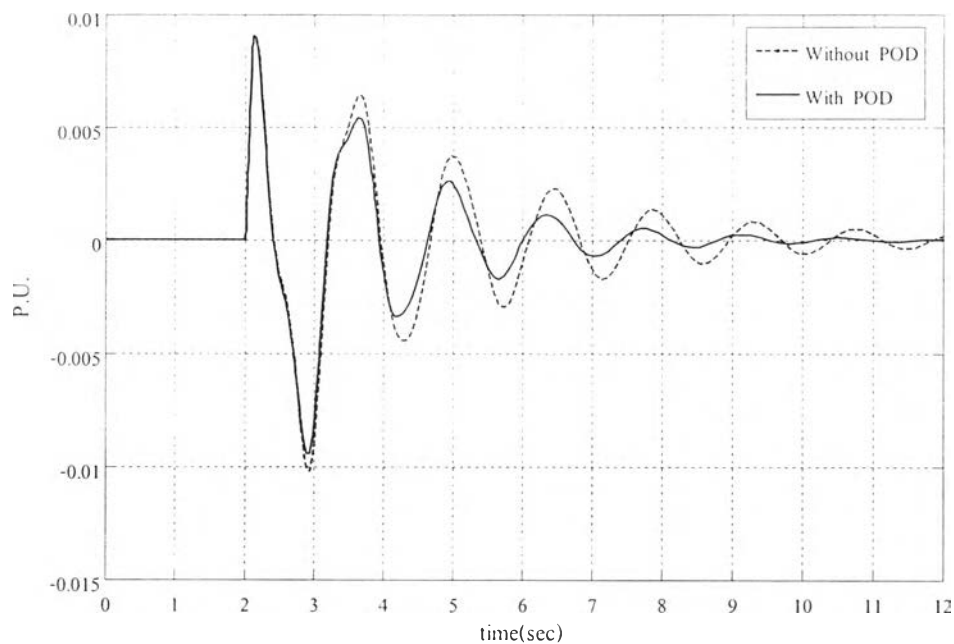


รูปที่ 6.15 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รัชประภา

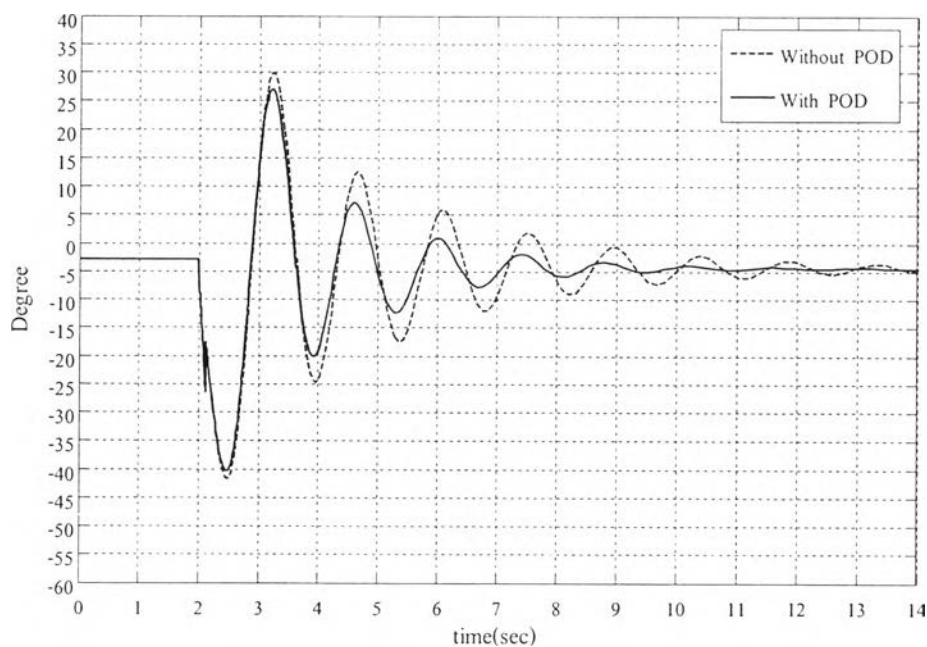


รูปที่ 6.16 ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

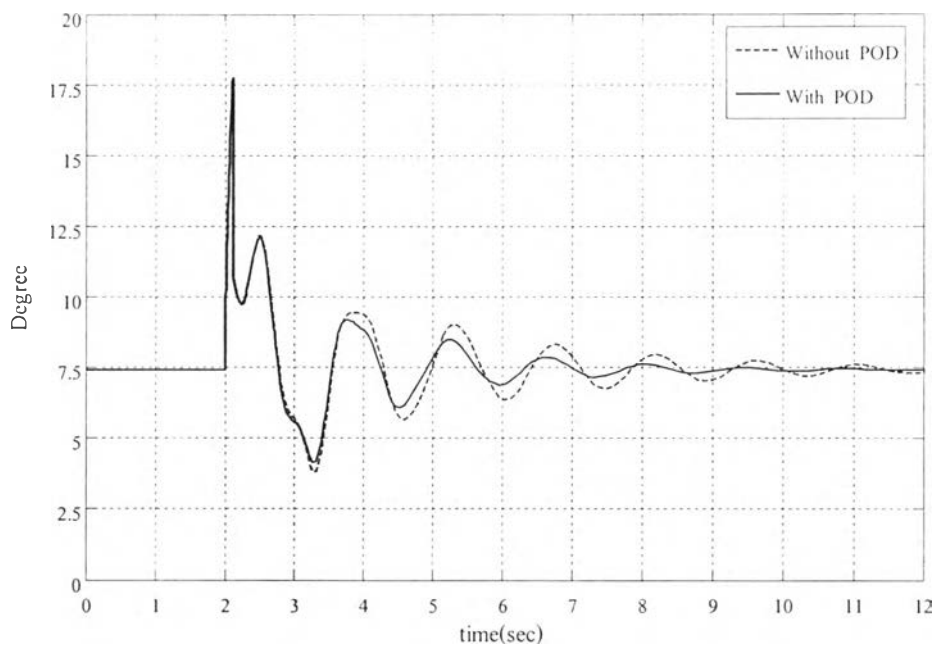




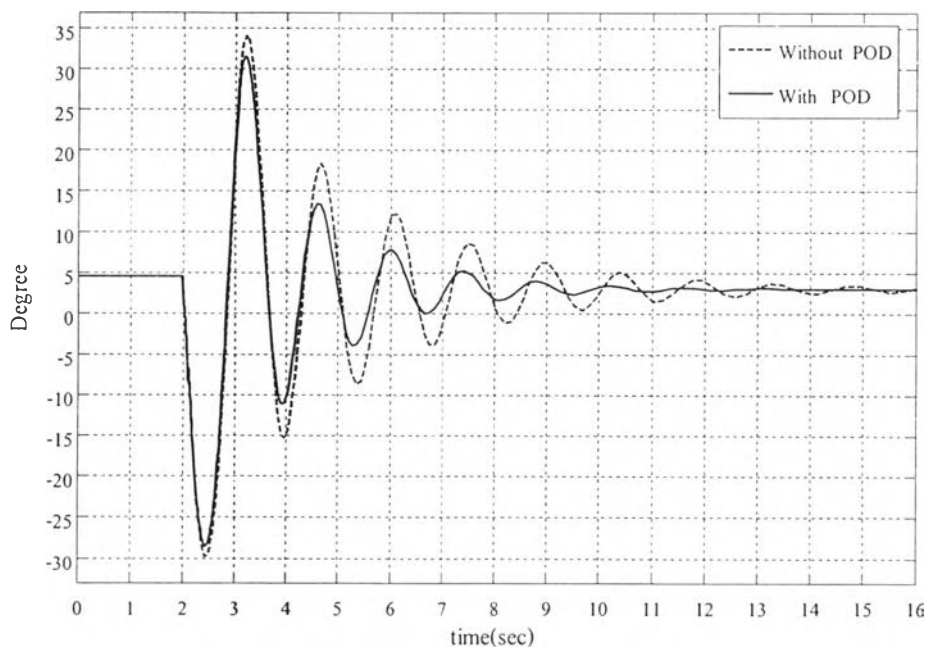
รูปที่ 6.17 ค่าการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงโคจรของกรุปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รัชประภา



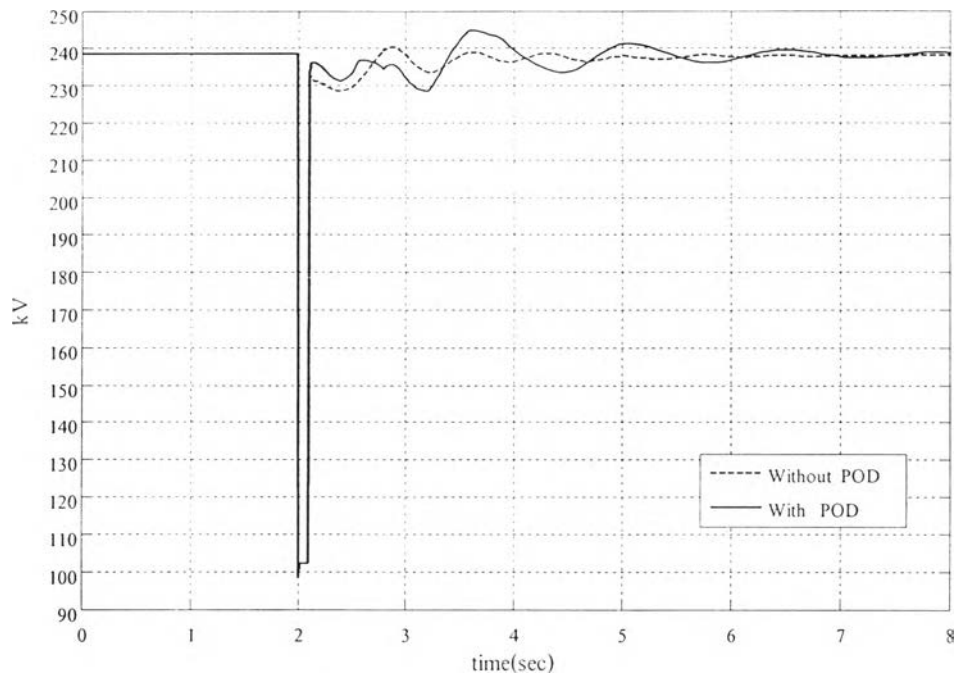
รูปที่ 6.18 ค่าความแตกต่างของมุมโรเตอร์ทางไฟฟ้าที่บัสราชนบุรีกับบัสชนอม



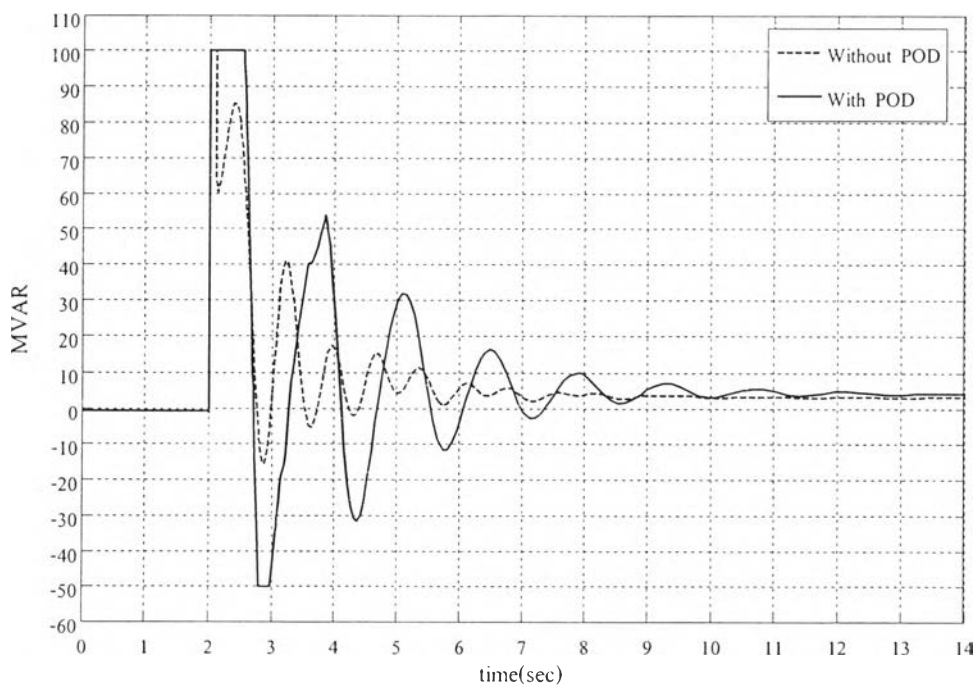
รูปที่ 6.19 ค่าความแตกต่างของมุม โรเตอร์ทางไฟฟ้าที่บัสขนอมกับรัชประภา



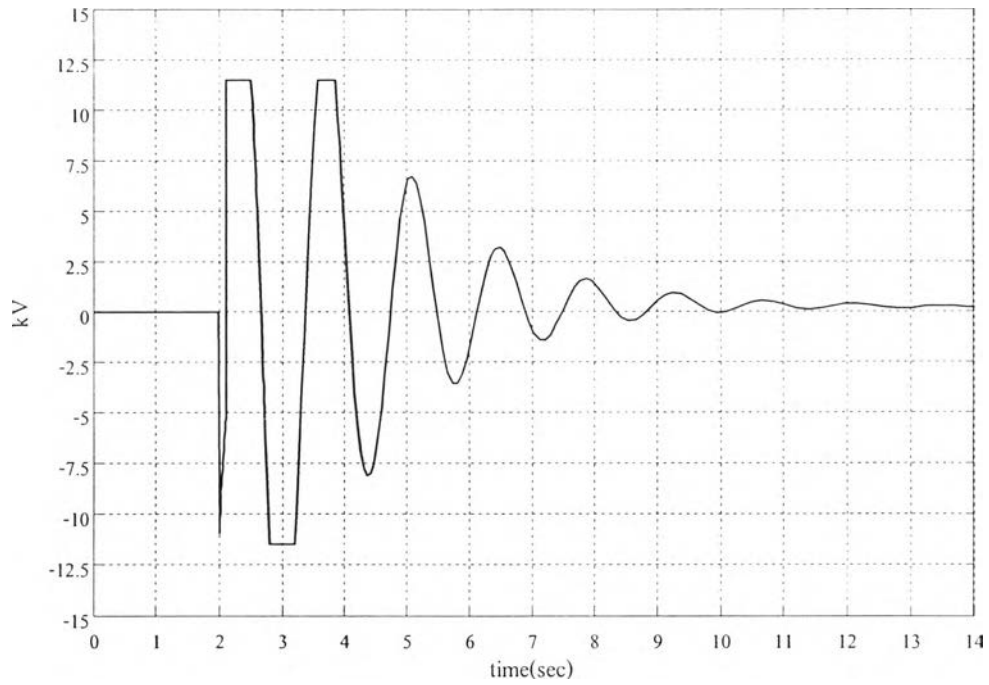
รูปที่ 6.20 ค่าความแตกต่างของมุม โรเตอร์ทางไฟฟ้าที่บัสราชบุรีกับรัชประภา



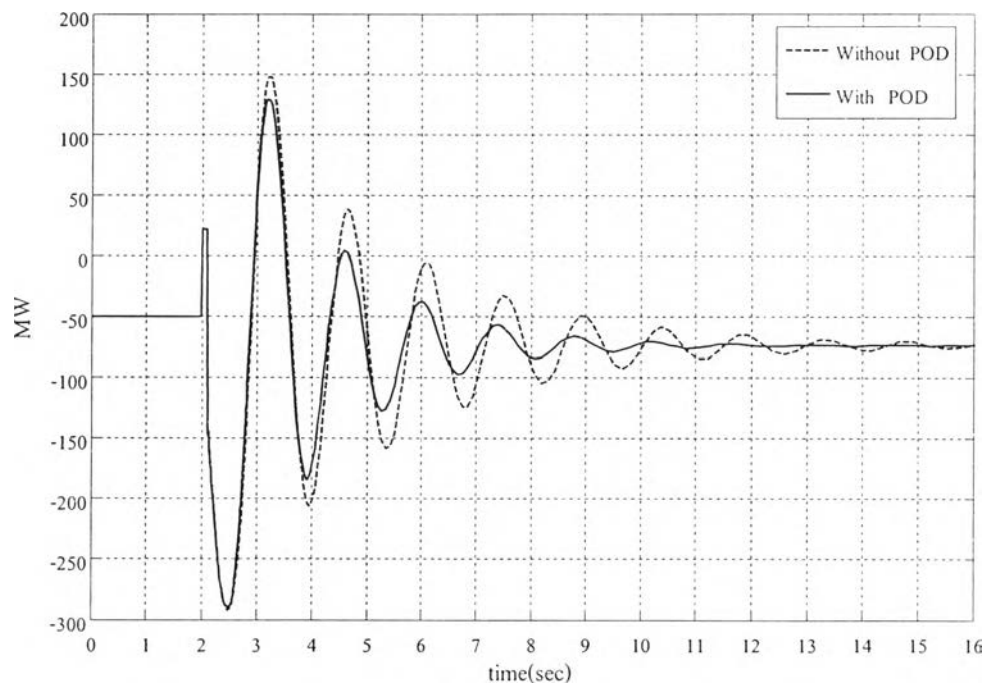
รูปที่ 6.21 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



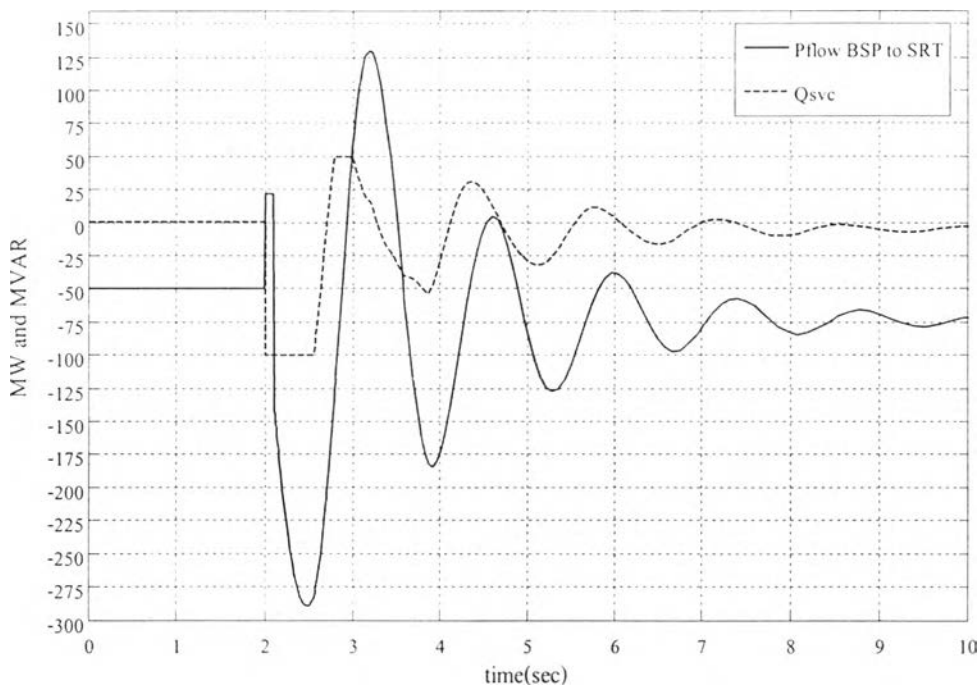
รูปที่ 6.22 ค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของ SVC ที่จ่ายให้กับระบบ



รูปที่ 6.23 ขนาดแรงดันเคาท์พุทของตัวควบคุม POD



รูปที่ 6.24 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพาน ไปสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6.25 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งกับค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟที่ SVC จ่ายให้ระบบ

ตารางที่ 6.2 ค่าเวลาลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัว และค่าเปอร์เซ็นต์การแกว่งสูงสุดของเอาต์พุตที่ตรวจวัด

สัญญาณเอาต์พุตที่ตรวจวัด	Settling time( $T_s$ )		%Overshoot	
	Without POD	With POD	Without POD	With POD
กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายจากบัสไฟฟ้า ขนอม ( $P_{KN}$ )	9.6 sec	6.8 sec	34.62 %	35.38 %
กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายจากบัสไฟฟ้า รัชประภา ( $P_{KN}$ )	8.3 sec	6.9 sec	40.19 %	38.76 %
กำลังไฟฟ้าจริงทิศทางการไหลจาก บัสไฟฟ้าบางสะพานไปยังบัสไฟฟ้า หัวหิน( $P_{63}$ )	15.9 sec	10.5 sec	341.86 %	379.9 %
กำลังไฟฟ้าจริงทิศทางการไหลจาก บัสไฟฟ้าบางสะพานไปยังบัสไฟฟ้า สุราษฎร์ธานี( $P_{711}$ )	15.3 sec	10.3 sec	291.548 %	292.86 %
ขนาดแรงดันที่บัสบางสะพาน( $V_7$ )	4 sec	8.1 sec	3.53 %	4.45 %

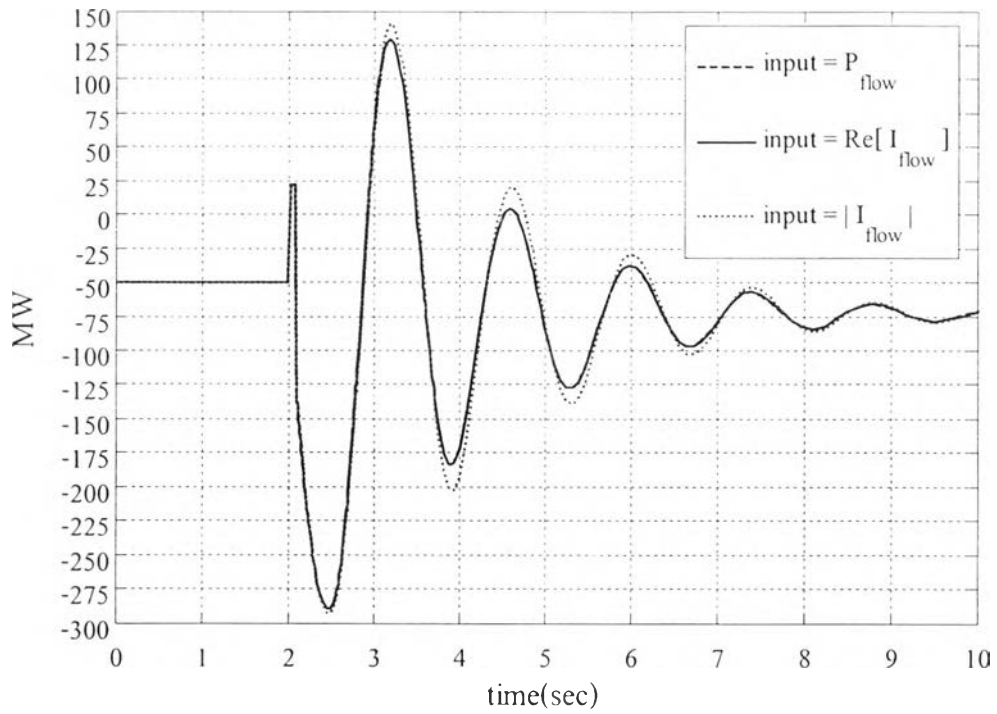
จากรูปที่ 6.10 และรูปที่ 6.14 จะสังเกตได้ว่าการแกว่งของขนาดแรงดันของบัสที่เชื่อมต่อกับกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนอมกับรัชประภา มีการแกว่งตัวเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีการใช้ตัวควบคุมการลดการแกว่งกำลังไฟฟ้า นอกจากนี้จากรูปที่ 6.21 ขนาดของแรงดันที่บัสไฟฟ้าบางสะพานยังมีการแกว่งตัวที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากในบทที่ 2 ได้กล่าวไว้ว่าเมื่อมีการนำ SVC ไปใช้ในการเพิ่มสมรรถนะของระบบในเรื่องของการปรับปรุงมุมเสถียรภาพ (Angle stability) ให้ดีขึ้นจะมีผลทำให้ไปลดสมรรถนะในเรื่องของเสถียรภาพทางแรงดัน (Voltage stability) ของระบบ กล่าวคือ ช่วงที่ใช้งานในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจะเป็นช่วงที่ SVC ได้มีการจ่ายกำลังรีแอกทีฟให้กับระบบซึ่งจะทำให้ค่าขนาดของแรงดันที่ SVC บัสมีการแกว่งตัวมากขึ้นตามมาด้วย ดังจะเห็นได้จากการเปรียบเทียบค่าในตารางที่ 6.2 จากค่าเวลาในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว หรือ  $T_s$  และค่าเวลาคงที่นี้ในกรณีของขนาดแรงดันจะวัดจากค่า  $\pm 0.02\%$  ของค่าขนาดแรงดันที่สภาวะอยู่ตัว

จากรูปที่ 6.11 และรูปที่ 6.15 การแกว่งตัวของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากบัสที่เชื่อมต่อกับกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนอมกับรัชประภา มีการแกว่งตัวลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัวของกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งเส้นที่เป็นเอาท์พุทที่เป็นในระบบแล้วจากตารางที่ 6.2 จะเห็นได้ว่า กรณีที่ SVC มีตัวควบคุมแบบ POD ติดตั้งอยู่จะให้ผลดีกว่ากรณีที่ SVC มีแต่ตัวควบคุมแรงดันเพียงอย่างเดียวสำหรับการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า โดยค่าเวลา  $T_s$  ในกรณีของกำลังไฟฟ้าจริงจะวัดได้จากค่า  $\pm 0.05\%$  ของค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่สภาวะอยู่ตัว

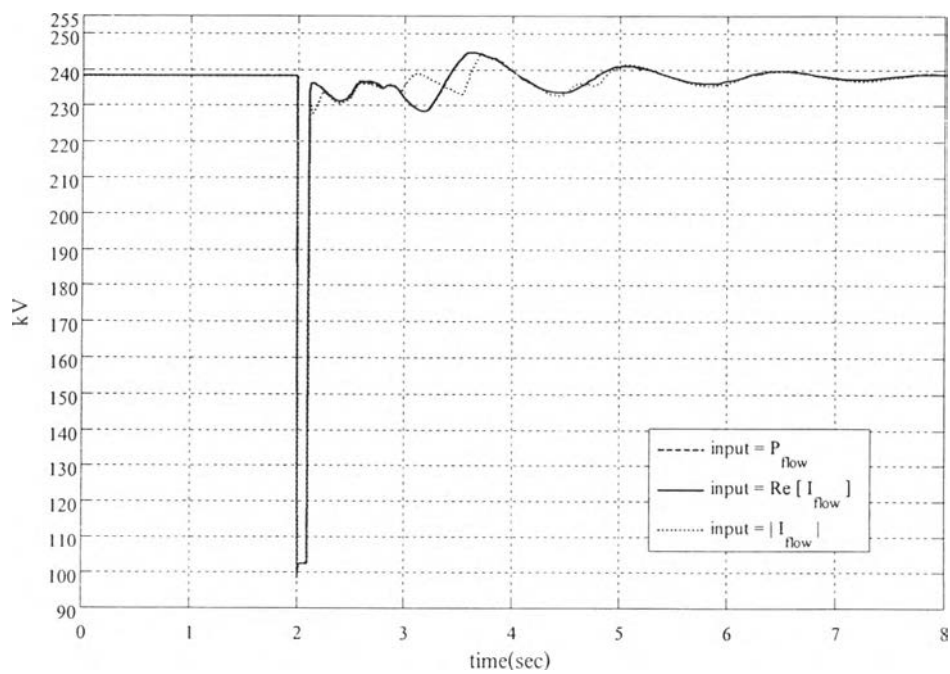
จากรูปที่ 6.25 เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นระหว่างกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลระหว่างบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีกับบางสะพาน และกำลังรีแอกทีฟที่ SVC จ่ายให้กับระบบ ซึ่งจากรูปแล้วจะเห็นได้ว่าค่ากำลังรีแอกทีฟที่ SVC จ่ายให้กับระบบจะเป็นช่วงที่กำลังไฟฟ้าจริงมีความชันของกราฟเป็นบวก ส่วนในช่วงที่กำลังไฟฟ้าจริงมีความชันมีค่าเป็นลบ SVC จะทำหน้าที่ดูดซับกำลังไฟฟารีแอกทีฟออกจากระบบ ซึ่งทั้งหมดนี้ตรงตามทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.2.2.2 ในรูปที่ 2.6

### 6.3.2 การเปรียบเทียบประเภทอินพุทที่ป้อนให้ตัวควบคุม POD

จากที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.1 ว่าอินพุทของตัวควบคุมแบบ POD สามารถที่จะใช้ได้หลายประเภทจึงได้ยกตัวอย่างอินพุทมา 3 ประเภท ซึ่งได้แก่ กำลังไฟฟ้าจริง กระแสส่วนจริงของกระแสเชิงซ้อน และขนาดของกระแส ที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี โดยที่อินพุทในสองอันดับแรกจะมีทิศทางที่วัดจากบัสสุราษฎร์ธานีไปยังบัสบางสะพาน และเอาท์พุทของระบบที่ได้แสดงดังรูปที่ 6.26



รูปที่ 6.26 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี



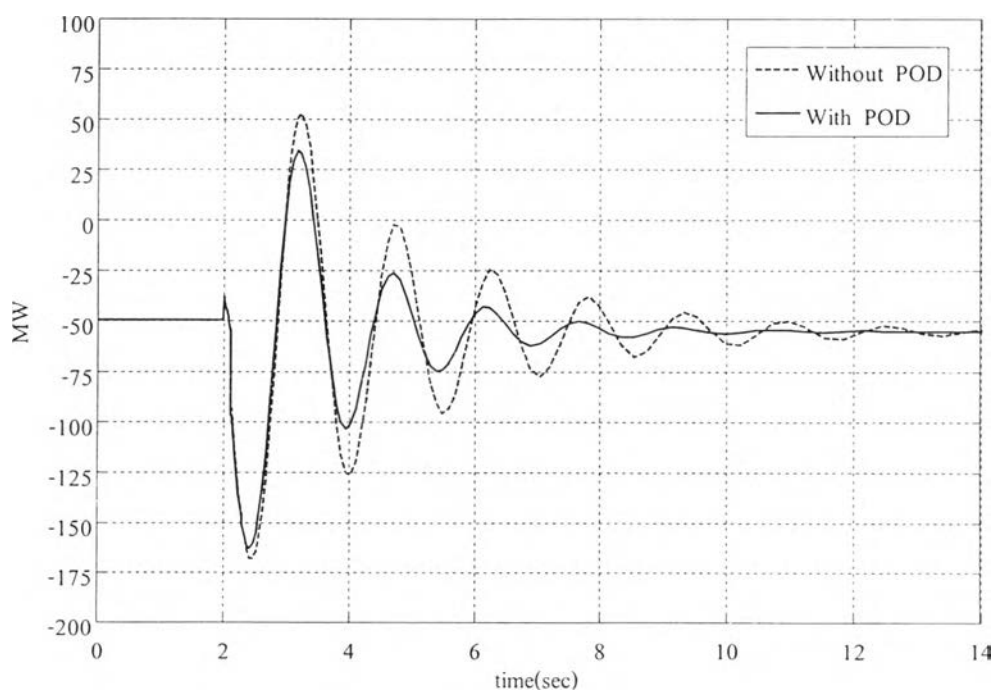
รูปที่ 6.27 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

จากรูปที่ 6.26 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานีจะมีอัตราการหน่วงการแกว่งของกำลังไฟฟ้ามากที่สุด เมื่อมีการใช้อินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุม POD เป็นกระแสส่วนจริง และกำลังไฟฟ้าจริง ส่วนการใช้อินพุทที่เป็นขนาดของกระแสจะมีอัตราการหน่วงการแกว่งของกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้งานอินพุทแบบ 2 ประเภทแรก และจากรูปที่ 6.27 เช่นเดียวกันการเลือกใช้ประเภทของอินพุทป้อนที่เป็นขนาดของกระแสมีผลทำให้ลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้น้อยกว่าอินพุทประเภทอื่น จะให้ผลที่ดีกว่าในเรื่องของการแกว่งตัวของขนาดแรงดัน คือ มีการแกว่งตัวของขนาดแรงดันที่น้อยกว่ากรณี que เลือกอินพุทป้อนเป็นแบบอื่น

### 6.3.3 การนำตัวควบคุม POD ไปใช้งานในกรณีศึกษาอื่น ๆ

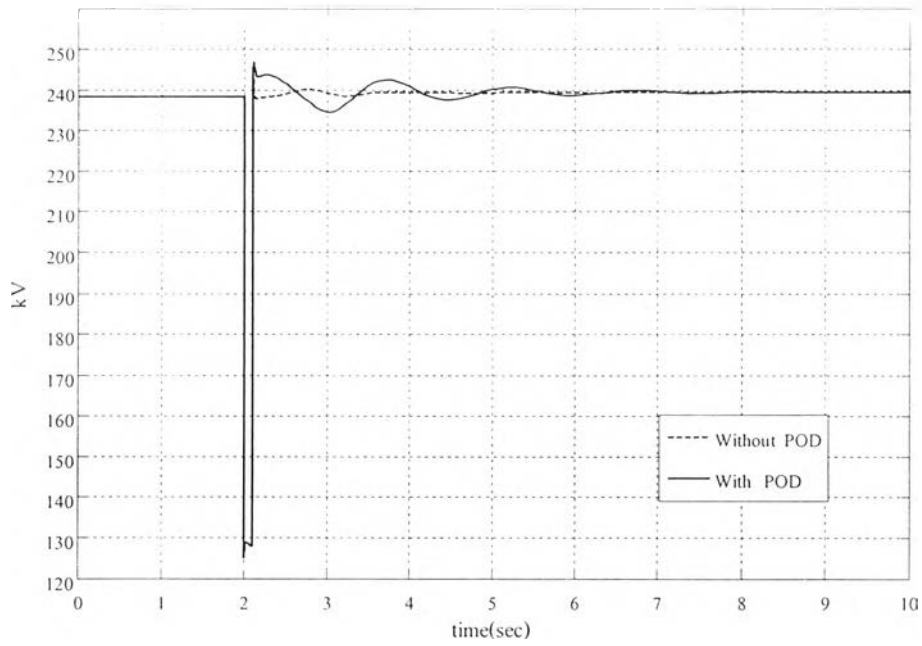
ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าเมื่อนำตัวควบคุมแบบ POD ไปใช้งานในกรณีการเกิดการรบกวนขนาดใหญ่ในแบบอื่น ๆ ในบทที่ 5 ที่ได้แก่ กรณีศึกษาที่ 1.2, 1.3 และ 2.1 เพื่อพิจารณาถึงผลตอบสนองของกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งที่พิจารณา และสังเกตว่า SVC ยังคงที่จะช่วยลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ หรือไม่ หรือมากน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีการติดตั้งตัวควบคุมกับไม่ติดตั้ง ตามดังรูปที่ 6.28-6.33

#### - กรณีศึกษาที่ 1.2



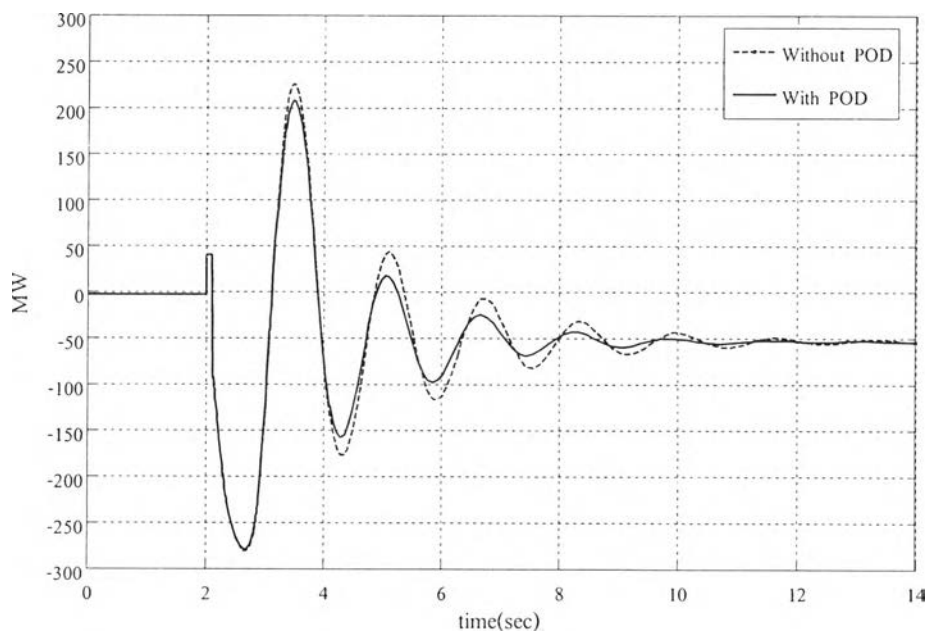
รูปที่ 6.28 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี



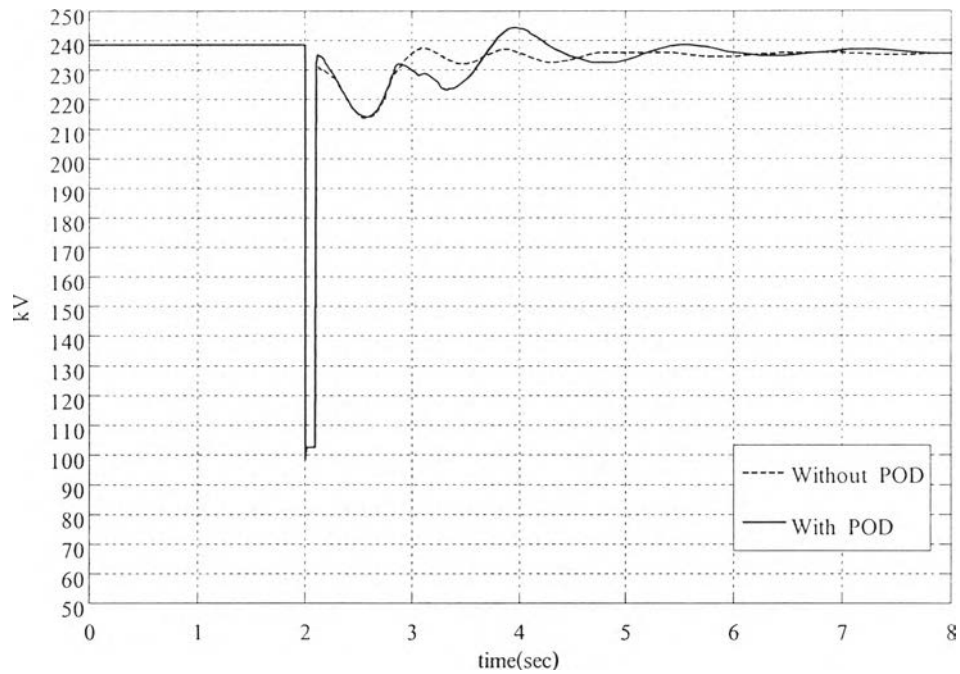


รูปที่ 6.29 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

- กรณีศึกษาที่ 1.3

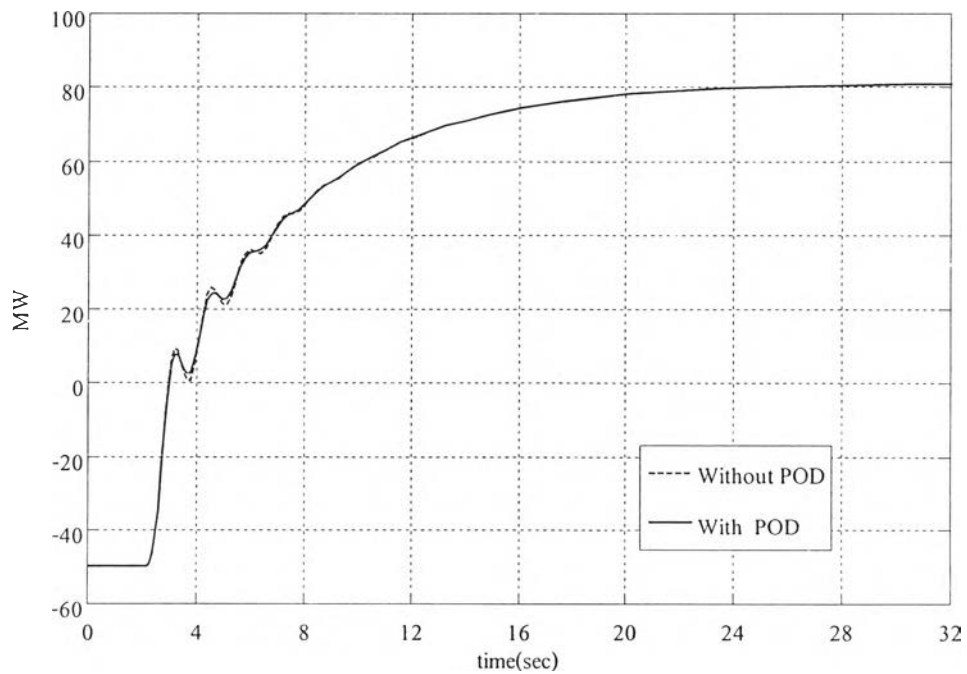


รูปที่ 6.30 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสู่อำนาจจันนี่

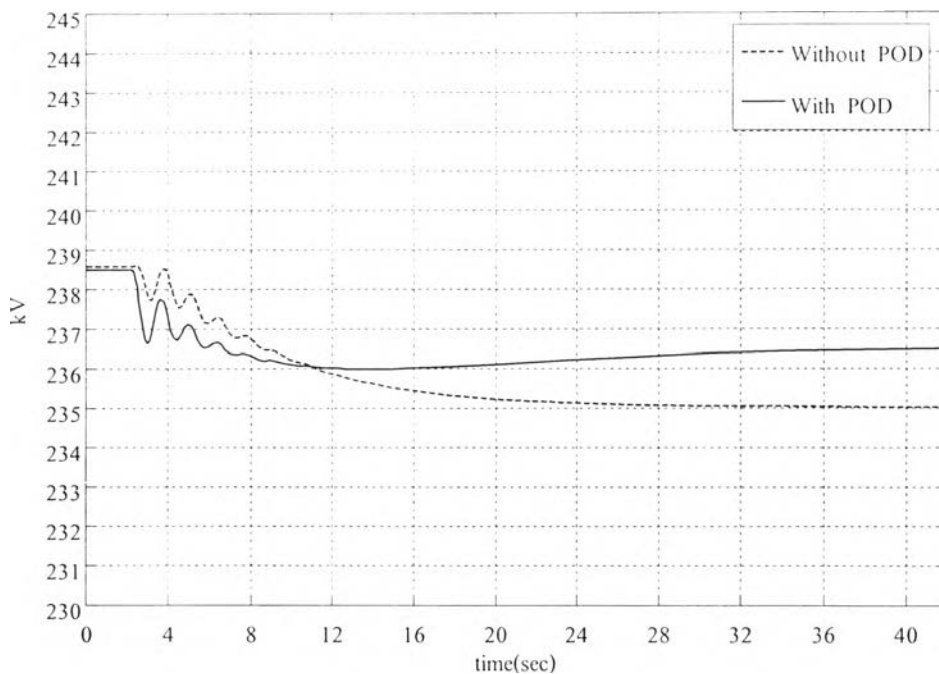


รูปที่ 6.31 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

#### - กรณีศึกษาที่ 2.1



รูปที่ 6.32 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6.33 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

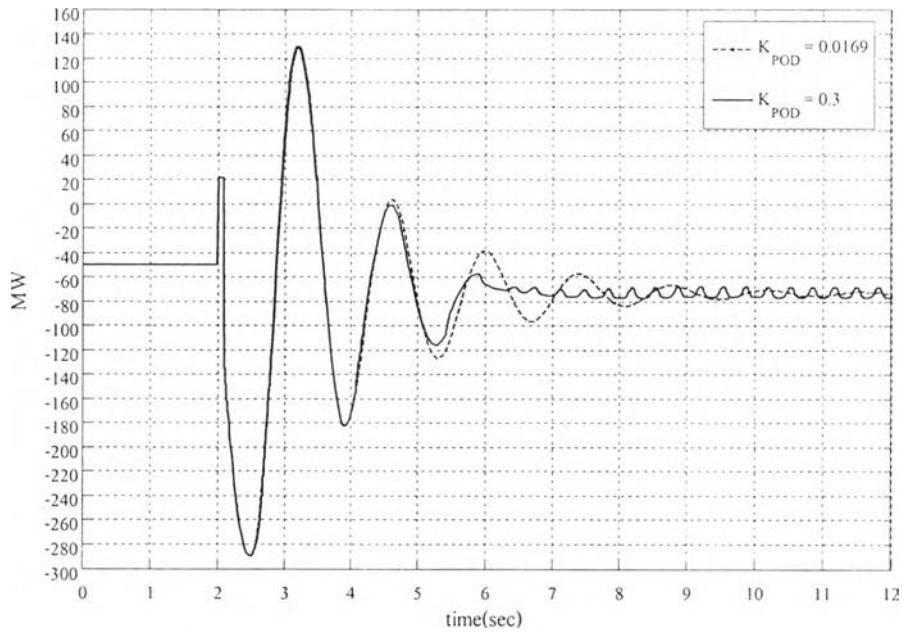
จากรูปที่ 6.28 รูปที่ 6.30 และรูปที่ 6.32 การแกว่งตัวของกำลังไฟฟ้ามักมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อนำตัวควบคุมที่ออกแบบที่อ้างอิงจุดทำงานของระบบหลังจากเกิดการลัดวงจรไปแล้ว ในกรณีศึกษาที่ 1.1 ไปใช้ในกรณีศึกษาอื่น ๆ ดังนั้นตัวควบคุมนี้จึงสามารถทำงานลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้ในหลาย ๆ จุดทำงานของระบบหลังเกิดการลัดวงจรจากกรณีศึกษาที่นำเสนอทั้งหมด

#### 6.4 ผลกระทบต่อการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอัตราขยายของตัวควบคุม POD ที่ออกแบบด้วยวิธีการย้ายตำแหน่งค่ารากขั้ว

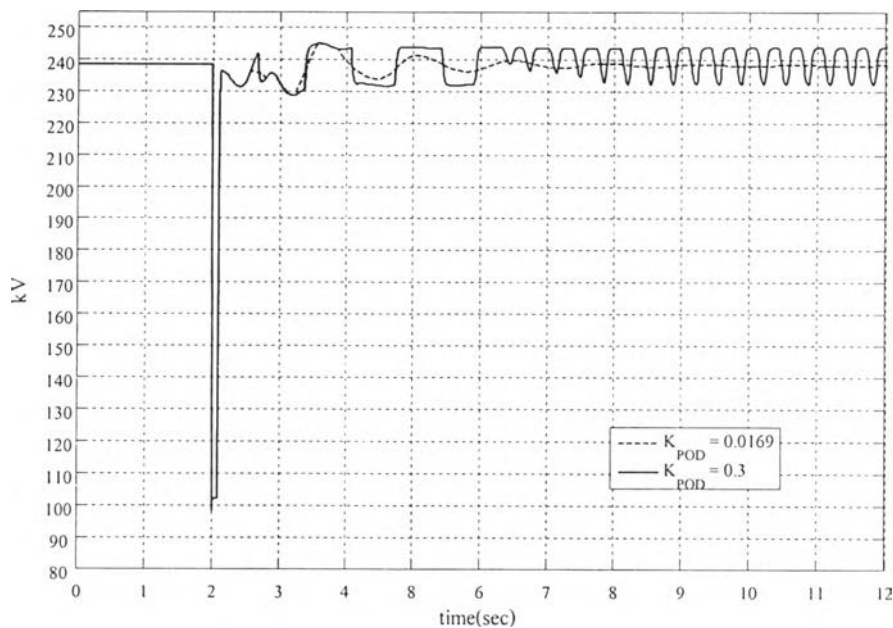
เมื่อทำการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุมแบบ POD แล้ว เรื่องที่จะต้องพิจารณาเป็นลำดับต่อไป คือ การปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุม POD เพื่อศึกษาผลกระทบว่าการปรับเปลี่ยนของค่าอัตราขยาย โดยค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเวลาคงที่ต่าง ๆ ที่คำนวณมาได้จะไม่ทำการปรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จากการออกแบบตัวควบคุม POD ของ SVC ในหัวข้อที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าเป็นการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุม POD จะคำนวณอ้างอิงกับจุดทำงานของระบบ ณ กรณีฐานหลังจากที่เกิดการลัดวงจรแล้ว ดังนั้นปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุม POD หรือ  $K_{POD}$  เพื่อดูว่าเมื่อ

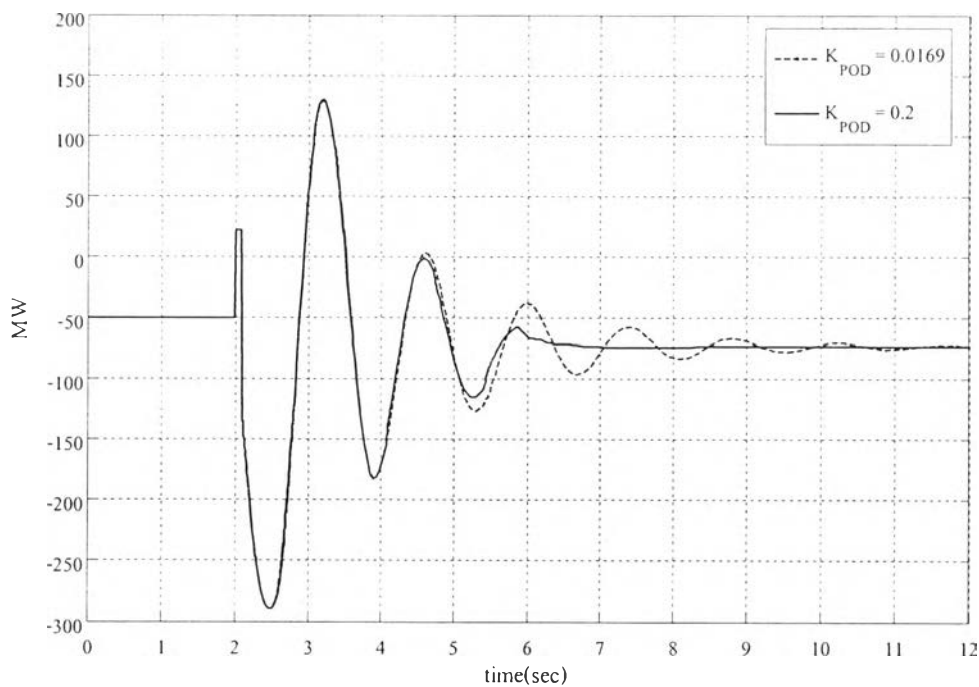
ปรับค่าอัตราขยายเพิ่มขึ้น หรือลดลงแล้ว SVC ยังสามารถที่จะลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือ ลดลงเล็กน้อยเพียงใด สามารถสังเกตได้จากการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงที่ และแรงดันที่บัสของ SVC ดังรูปที่ 6.34-6.39



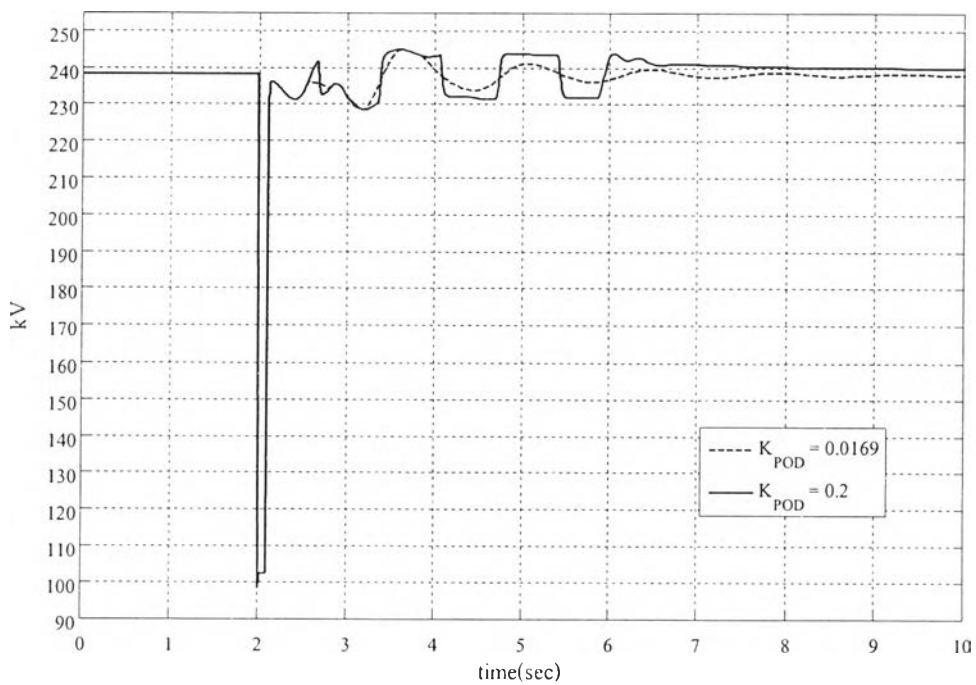
รูปที่ 6.34 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี



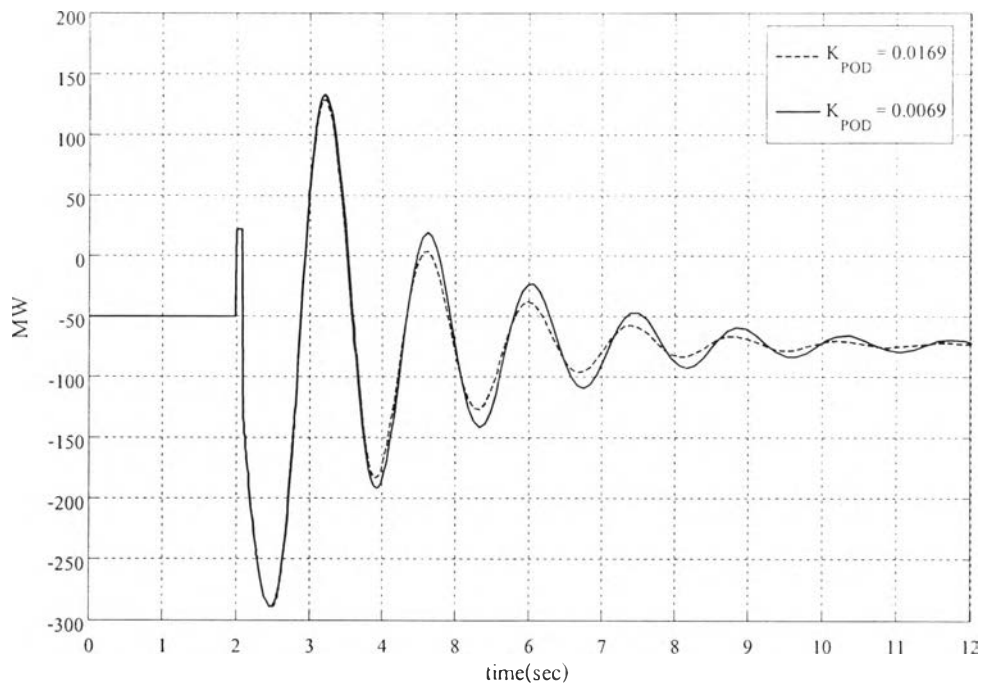
รูปที่ 6.35 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



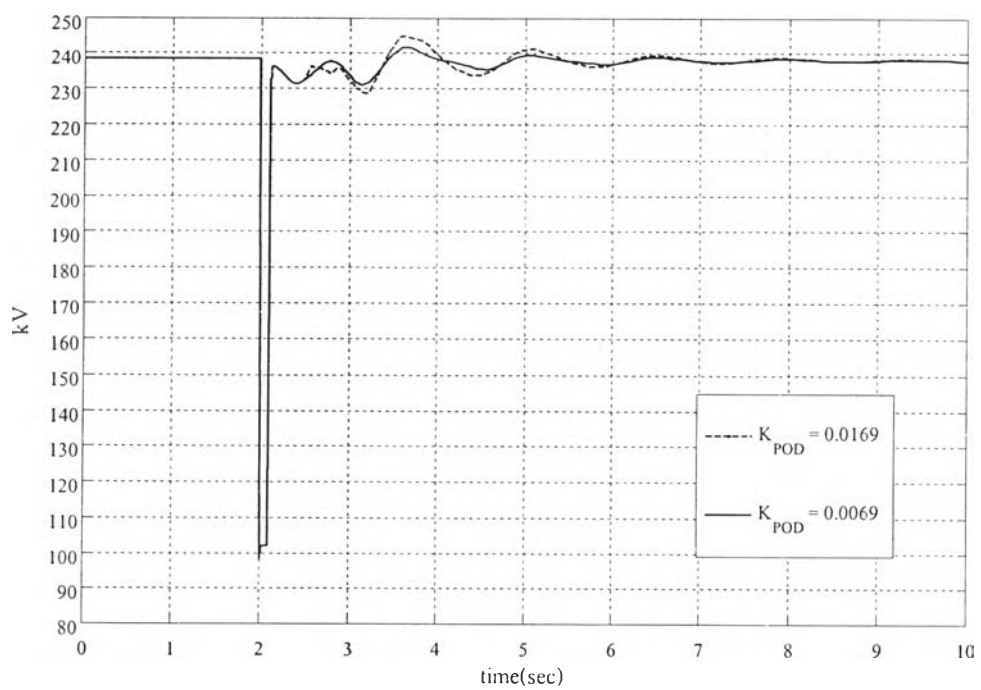
รูปที่ 6.36 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสู่ราษฎรธานี



รูปที่ 6.37 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



รูปที่ 6.38 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6.39 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

จากรูปที่ 6.34 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าอัตราขยาย หรือ  $K_{pod}$  มีค่าเพิ่มขึ้นจากอัตราขยายปกติไปมีค่าเท่ากับ 0.3 จะส่งผลให้ความสามารถในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในช่วงแรกๆ ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในส่วนของช่วงท้ายของสัญญาณการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงที่แสดงไว้จะสังเกตเห็นได้ว่าการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่มีค่าความถี่ต่ำค่าหนึ่ง ซึ่งมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดสัญญาณโดยรวม และต่ำกว่าค่า  $\pm 2\%$  ของกำลังไฟฟ้าจริงที่ภาวะอยู่ตัว จึงถือว่าสัญญาณดังกล่าวมีค่าเวลาของการเข้าสู่ภาวะอยู่ตัวใกล้เคียงกับค่าเดิม แต่ถ้าปรับค่าอัตราขยายไปมากกว่าค่าดังกล่าวนี้แล้วจะทำให้สัญญาณแกว่งตัวมาก และอาจขยายตัวทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพได้ และจากในรูปที่ 6.34 ขนาดของแรงดันที่บัสไฟฟ้าบางสะพานจะมีการแกว่งตัวอยู่ตลอดเวลาในช่วงท้ายของสัญญาณซึ่งจะไม่เป็นผลดีกับโหลดที่ต่ออยู่ที่บัส

จากรูปที่ 6.36 เมื่อปรับค่าอัตราขยายเพิ่มขึ้นไปเป็นค่าที่เท่ากับ 0.2 จะพบว่าการแกว่งของกำลังไฟฟ้านั้นจะลดลงมากกว่าปกติโดยจะสังเกตได้จากช่วงเวลาในการเข้าสู่ภาวะอยู่ตัวของกำลังไฟฟ้าจริงจะสั้นกว่าในกรณีที่ใช้อัตราขยายปกติที่ได้จากการคำนวณ ส่วนในรูปที่ 3.37 เป็นไปตามทฤษฎี คือ เมื่อใช้ SVC ในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้ามากก็จะทำให้แรงดันที่บัสของ SVC แกว่งมากขึ้นด้วย

จากรูปที่ 6.38 เมื่อปรับอัตราขยายให้มีค่าลดลงจากค่าอัตราขยายปกติไปเป็นค่า 0.0069 พบว่าการแกว่งตัวของกำลังไฟฟ้าจริงในสายส่งที่เป็นเอาท์พุทที่สนใจ จะลดลงเล็กน้อยจากระบบที่ไม่มีตัวควบคุมแบบ POD และเมื่อปรับค่าอัตราขยายลดลงเรื่อย ๆ จนเข้าใกล้ค่าศูนย์จะส่งผลให้ความสามารถในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจาก SVC ลดลงไปเรื่อย ๆ ตามอัตราขยายเช่นกัน

จากผลของการปรับอัตราขยายของตัวควบคุมให้มีค่ามากหรือน้อยนั้นพบว่ากับตัวควบคุมที่ออกแบบไว้ด้วยวิธีการย้ายค่ารากขั้วของระบบ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ค่าของอัตราขยายนั้นจะต้องอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.3 จึงทำให้ SVC สามารถทำงานในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจริงได้ตามปกติ

## 6.5 ผลของการเลือกสัญญาณควบคุมป้อนเข้าให้กับตัวควบคุมแบบ POD

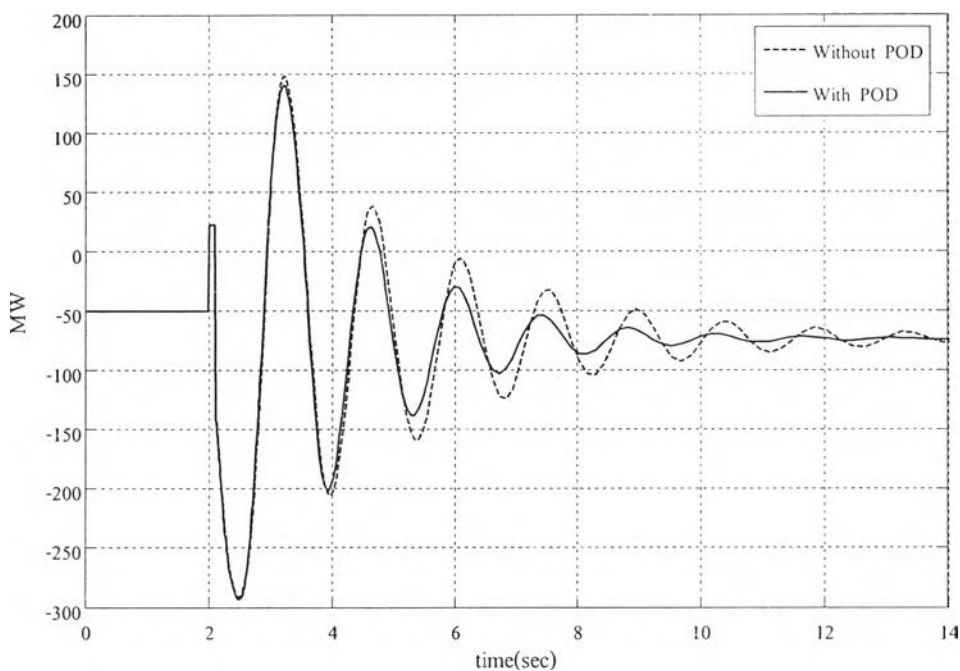
จากที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 6.1 ว่ามีการเลือกใช้อินพุท หรือสัญญาณควบคุมป้อนเข้าได้หลายประเภทในการป้อนให้กับตัวควบคุมแบบ POD และได้แสดงให้เห็นถึงผลตอบสนองที่ภาวะชั่วคราวของระบบที่มีอินพุท 3 ประเภทมาป้อนให้กับตัวควบคุมที่ได้แก่ ขนาดของกระแส กระแสส่วนจริง กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง ไว้ในหัวข้อที่ 6.3 โดยมีทิศทางในการวัดอินพุททั้งสามประเภทเป็นลักษณะทิศทางไหลทางเดียว คือ จากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพาน ตามตัวอุปกรณ์ SVC ที่ติดตั้งใช้งานจริงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งรายละเอียดของลักษณะ

ของตัวควบคุม POD ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีการใช้งานอยู่ ณ ปัจจุบันแสดงไว้ใน [30] แต่ในหัวข้อนี้จะแสดงเปรียบเทียบให้เห็นถึงการเปลี่ยนทิศทางการวัดอินพุตทั้งสามที่จะป้อนให้กับตัวควบคุม ไปเป็นทิศทางการไหลจากบัสไฟฟ้าบางสะพานไปยังสุราษฎร์ธานี ว่ามีผลกระทบต่อการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบอย่างไร

**6.5.1 การเลือกสัญญาณอินพุตของตัวควบคุม POD ที่เป็นขนาดของกระแส**

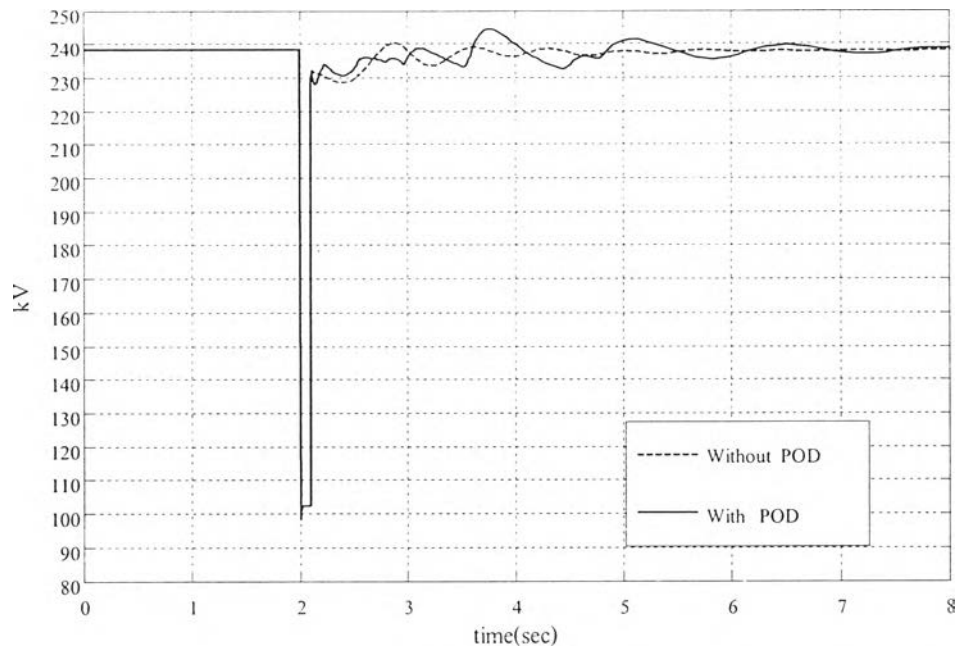
อินพุตที่ป้อนให้กับตัวควบคุมแบบ POD ที่เลือกใช้เป็นขนาดของกระแสที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี หรือ  $|I_{BSP-SRT}|$  และเอาท์พุทที่พิจารณาเป็นผลตอบสนองที่ภาวะชั่วคราวของระบบที่น่าสนใจ โดยจากรูปที่ 6.40-6.45 แสดงถึงกรณีที่มีการวัดอินพุตที่ป้อนให้กับตัวควบคุมที่มีทิศทางการของกระแสไหลจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพาน และจากรูปที่ 6.46-6.51 แสดงผลตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางการวัดอินพุตไปเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก

- การวัดทิศทางการไหลของกระแสจากบัสสุราษฎร์ธานีไปยังบัสบางสะพาน

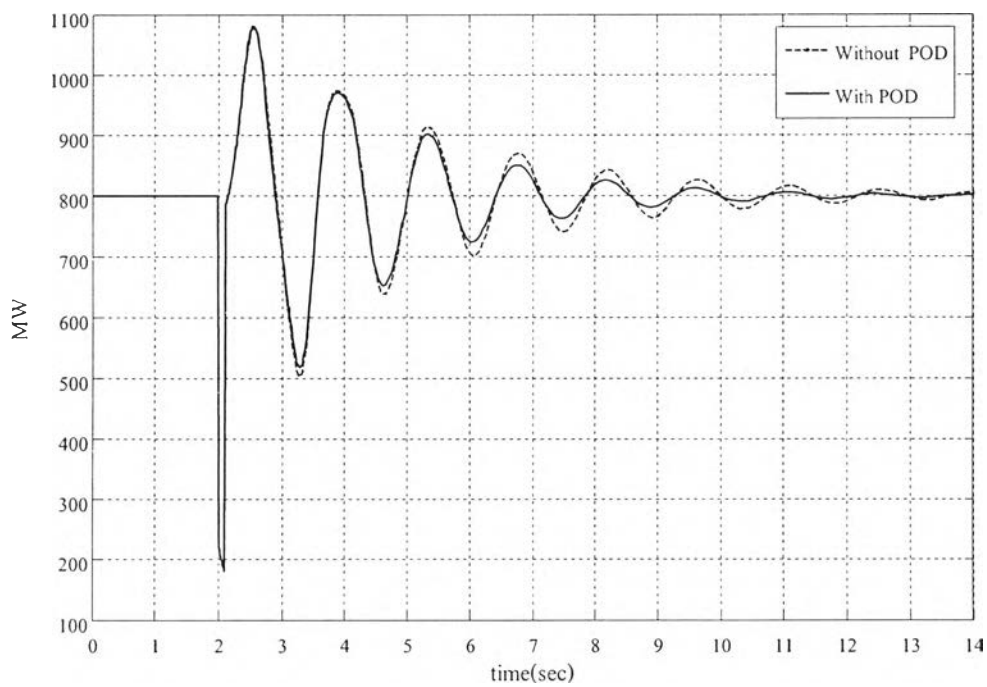


รูปที่ 6.40 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปบัสสุราษฎร์ธานี

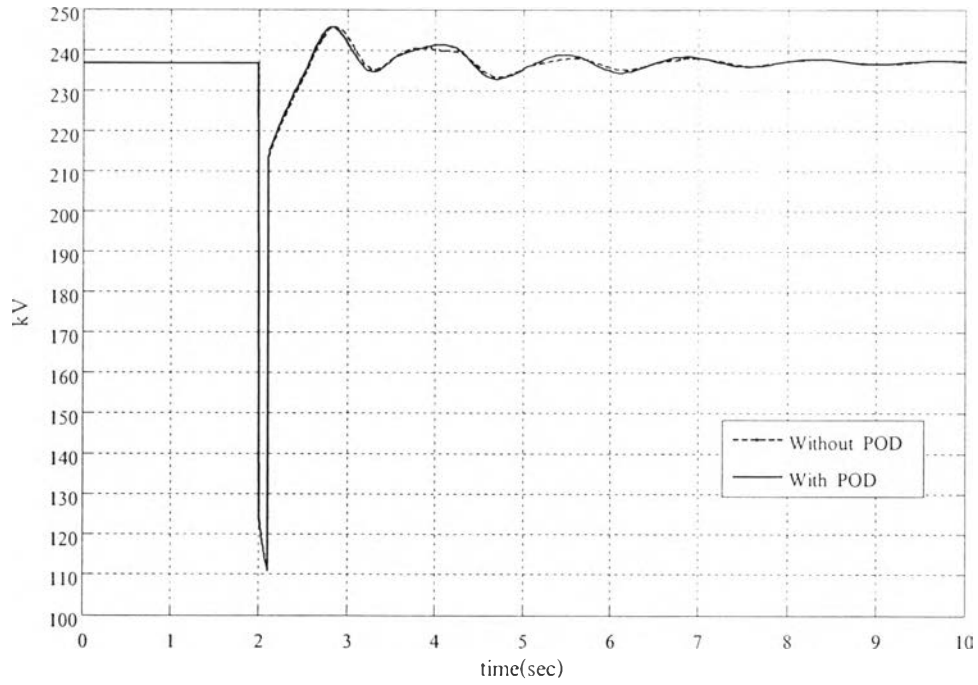




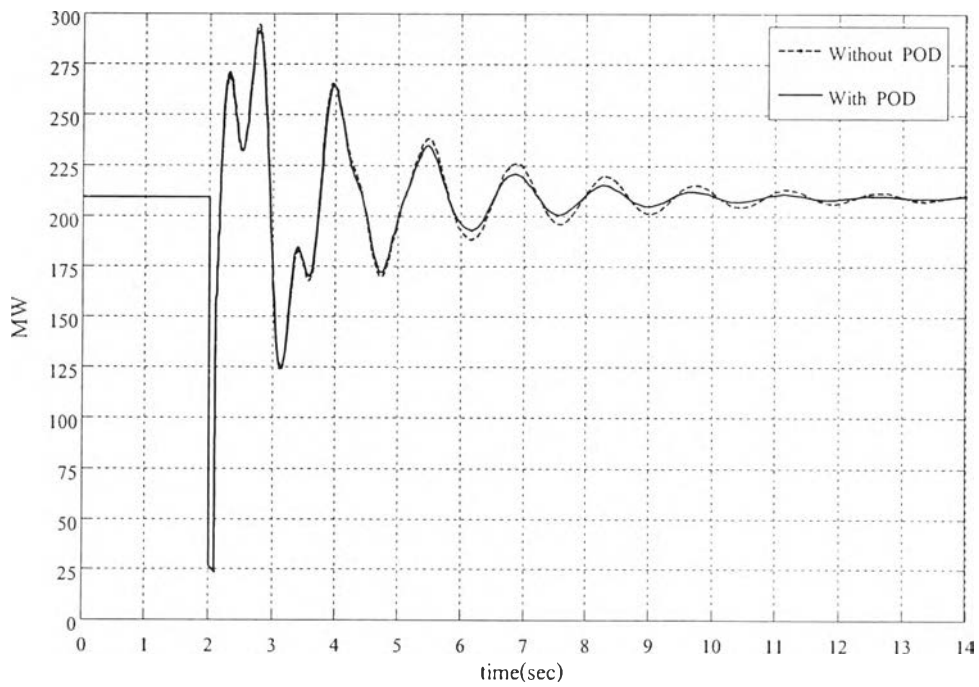
รูปที่ 6.41 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



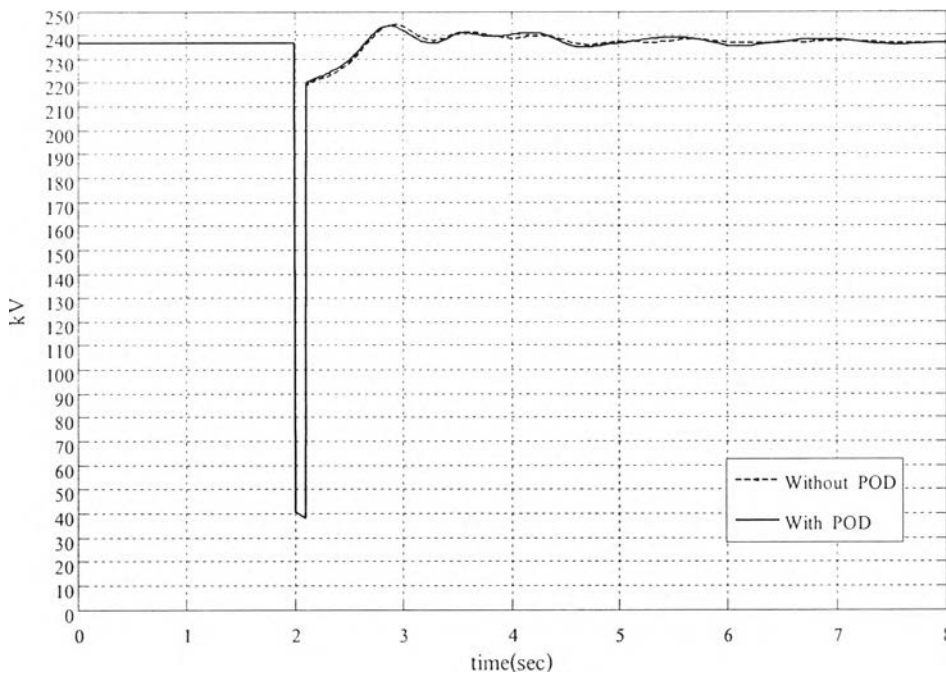
รูปที่ 6.42 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.43 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนม

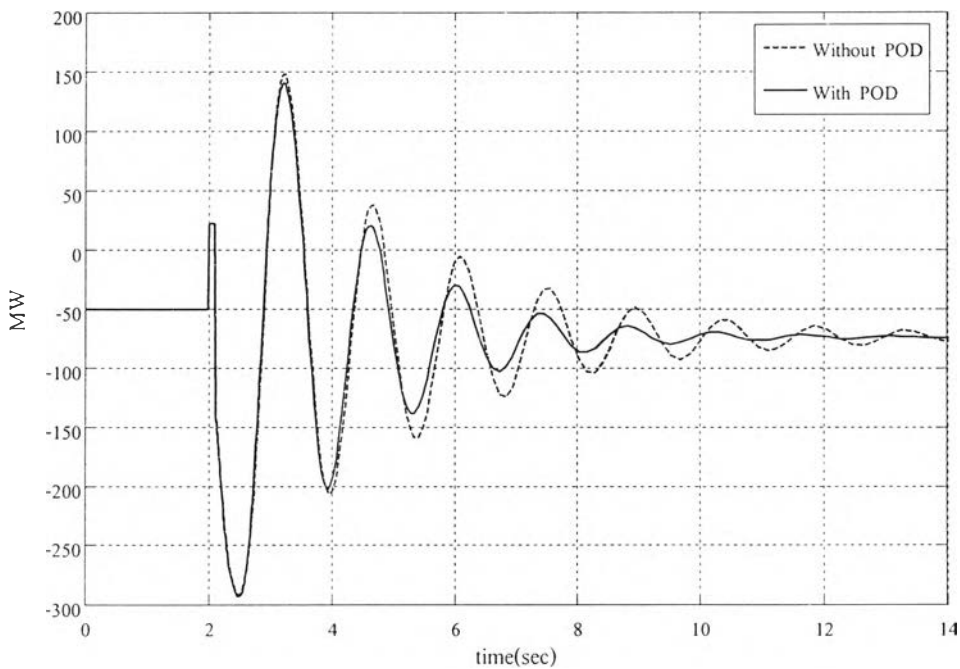


รูปที่ 6.44 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสสร้ชประกา

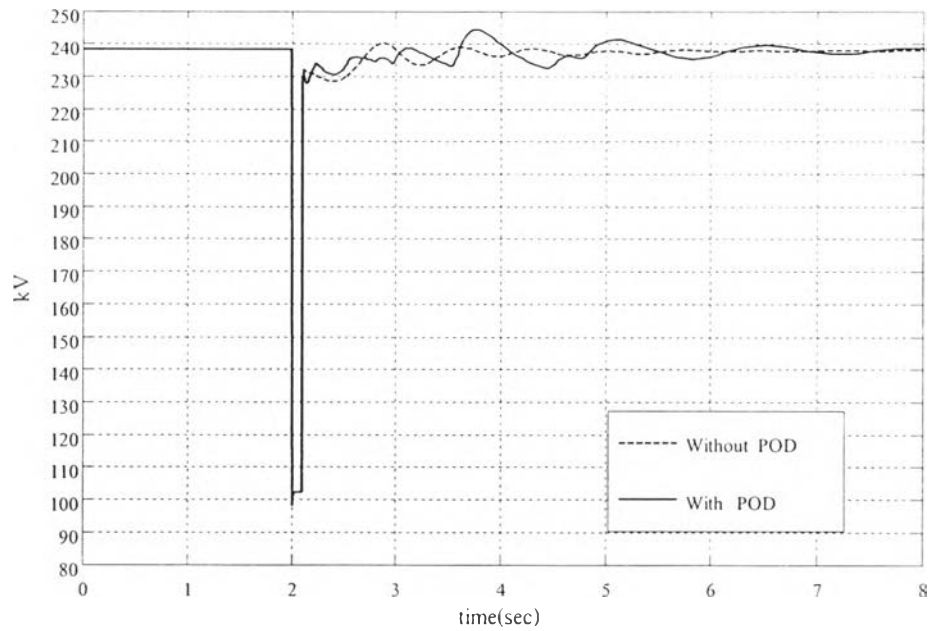


รูปที่ 6.45 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

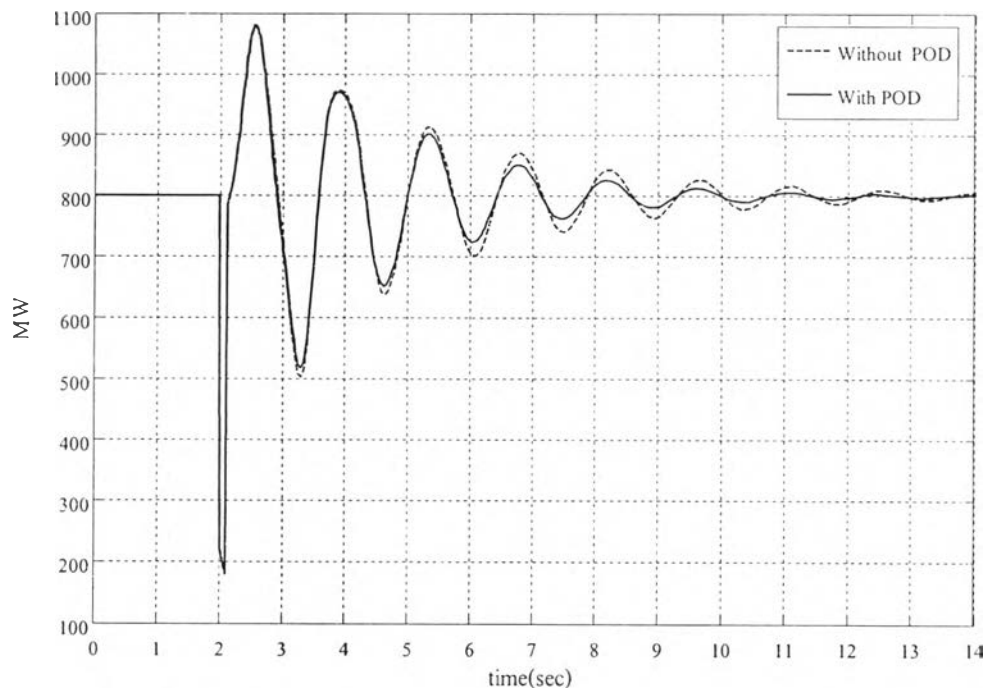
- การวัดทิศทางการไหลของกระแสจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานี



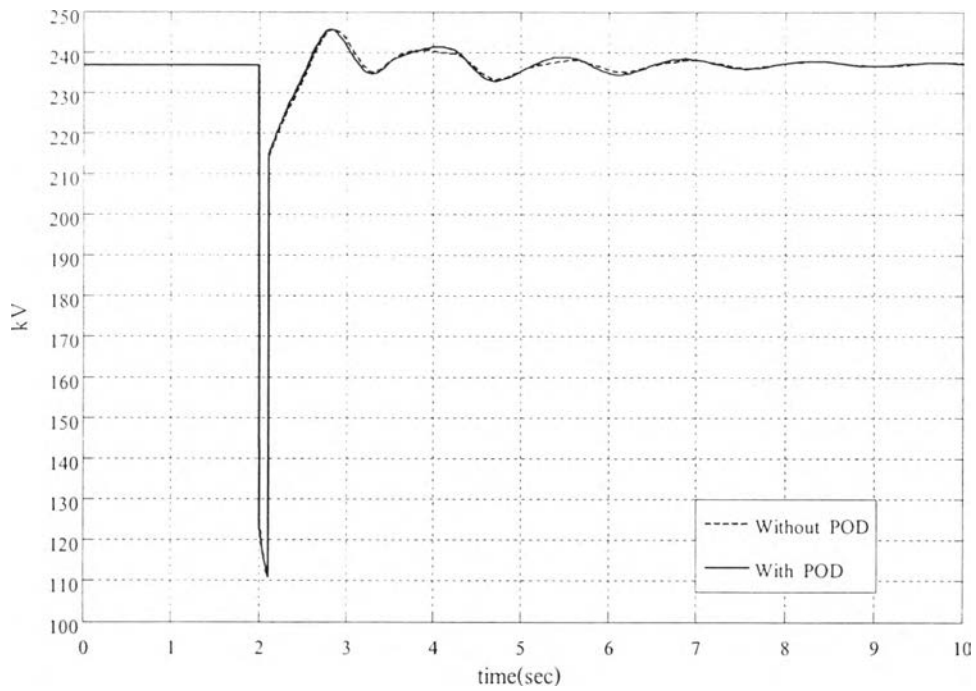
รูปที่ 6.46 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปบัสสุราษฎร์ธานี



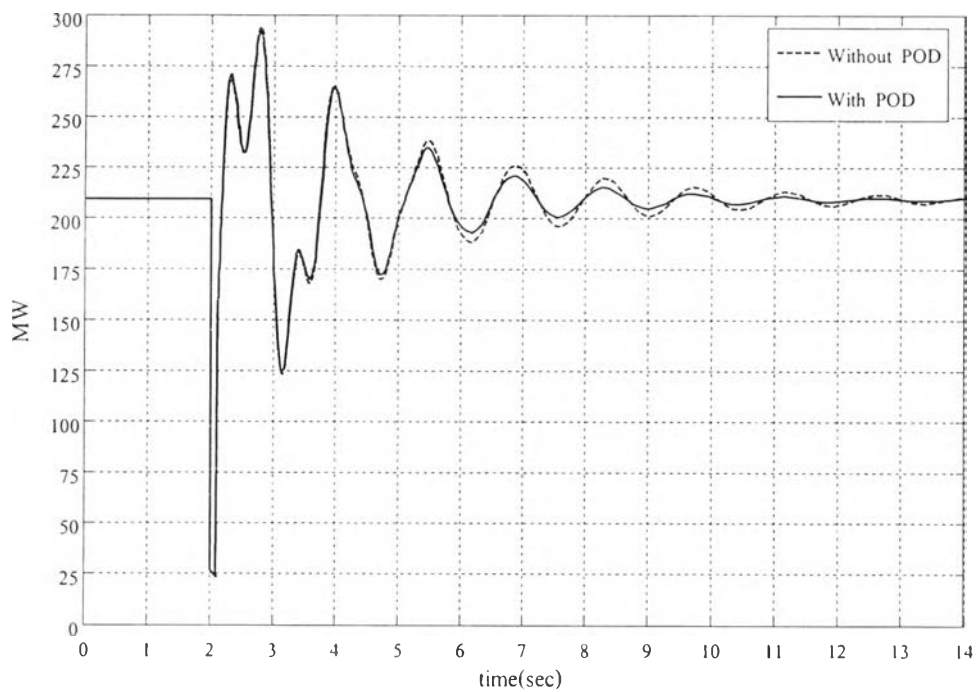
รูปที่ 6.47 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



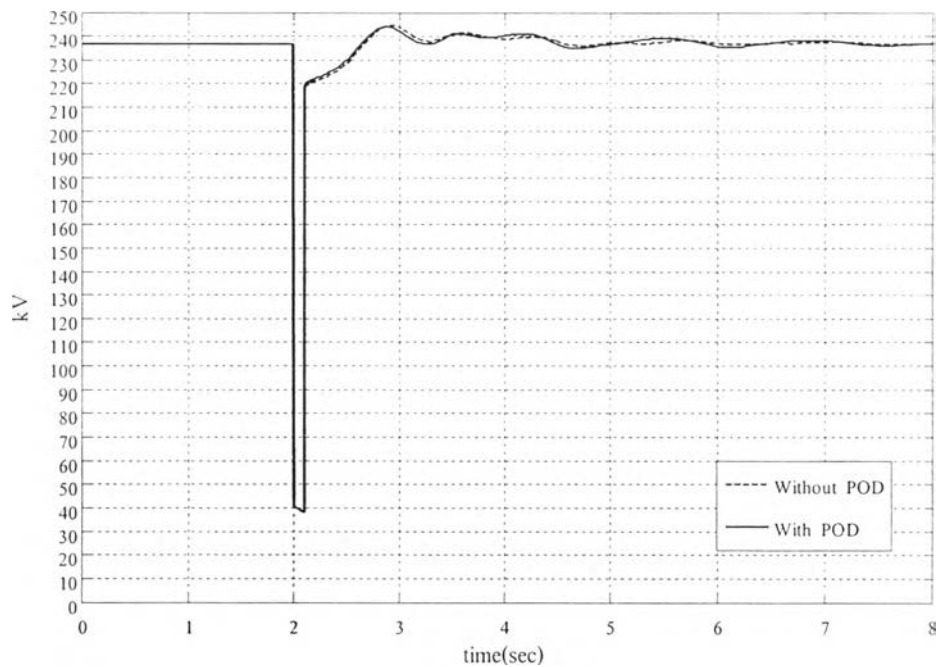
รูปที่ 6.48 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.49 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.50 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา



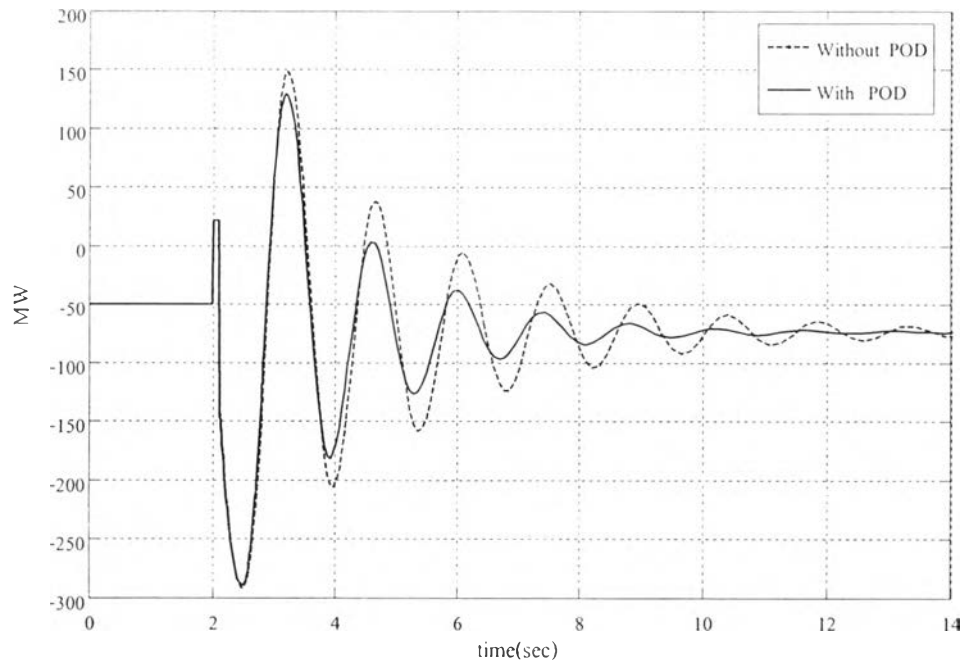
รูปที่ 6.51 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

จากรูปที่ 6.40 และรูปที่ 6.46 ที่แสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงจากบัสไฟฟ้าบางสะพานไปบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีจะเห็นได้ว่าไม่ว่าทิศทางในการวัดขนาดของกระแสอินพุทจะเปลี่ยนไปเป็นทิศทางใด อินพุทแบบขนาดของกระแสยังคงให้ผลในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้า กับทั้งสองทิศทาง

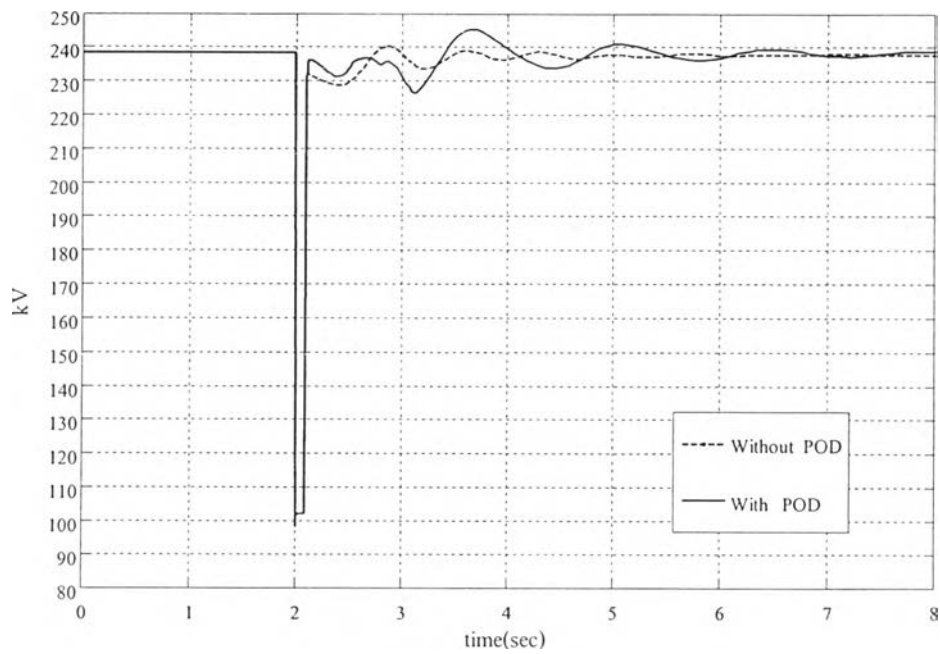
### 6.5.2 การเลือกสัญญาณอินพุทของตัวควบคุม POD ที่เป็นกระแสส่วนจริง

อินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุมแบบ POD ที่เลือกใช้เป็นกระแสในส่วนจริงของกระแสที่เป็นค่าเชิงซ้อนที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี หรือ  $\text{Re}\{I_{\text{BSP-SRT}}\}$  และเอาท์พุทที่พิจารณาเป็นผลตอบสนองที่ภาวะชั่วคราวของระบบที่น่าสนใจ โดยจากรูปที่ 6.52-6.57 แสดงถึงกรณีที่มีการวัดอินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุมที่มีทิศทางของกระแสไหลจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพาน และจากรูปที่ 6.58-6.72 แสดงผลตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางของการวัดอินพุทไปเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก

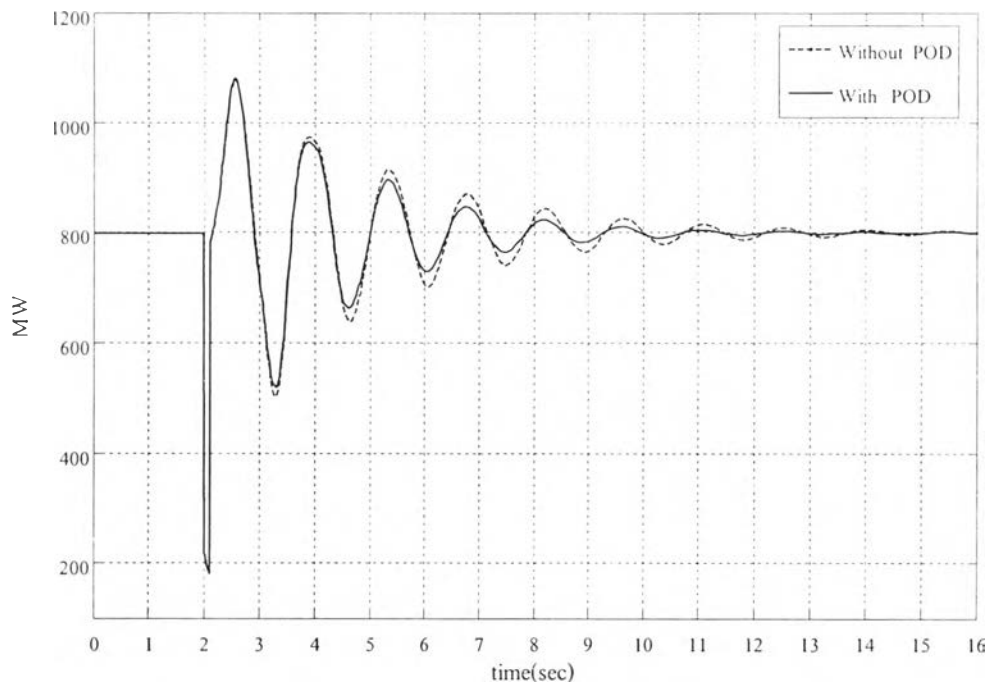
- การวัดทิศทางการไหลของกระแสจากบัสสุราษฎร์ธานีไปยังบัสบางสะพาน



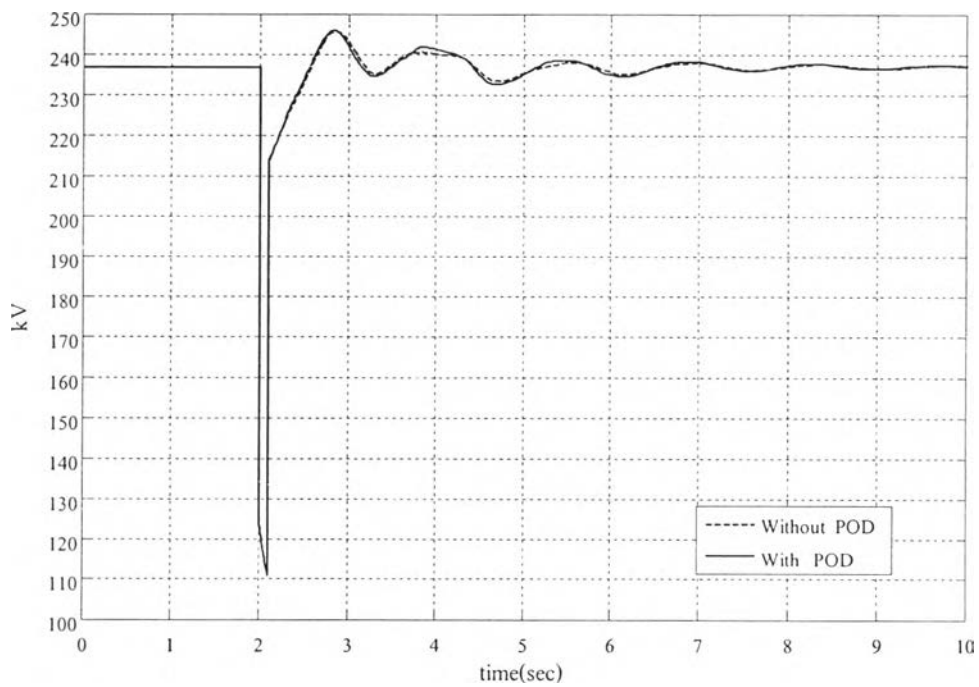
รูปที่ 6.52 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปบัสสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 6.53 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC

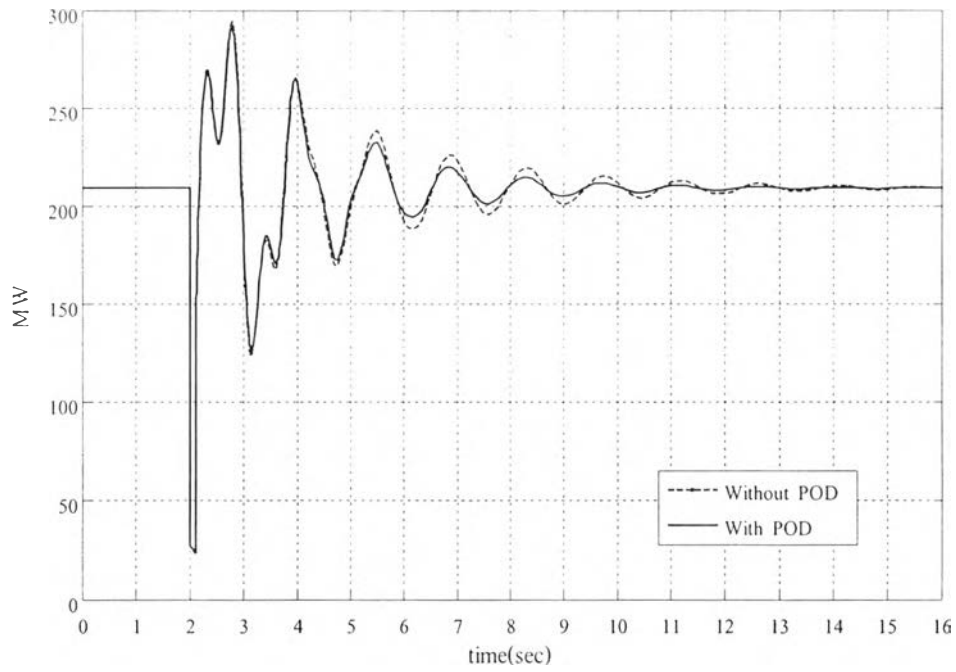


รูปที่ 6.54 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม

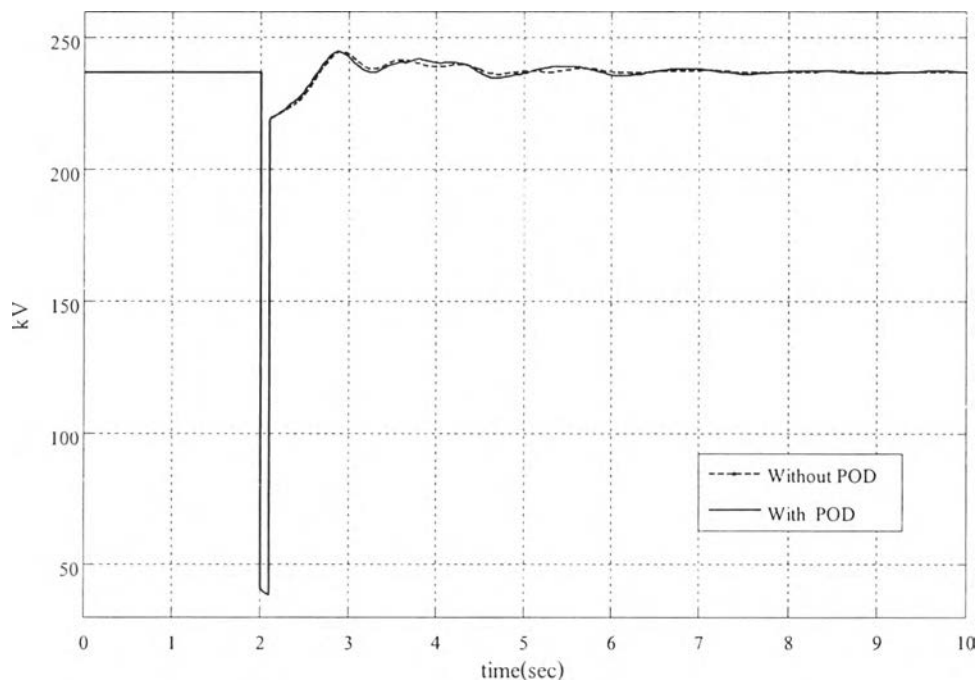


รูปที่ 6.55 แรงแดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



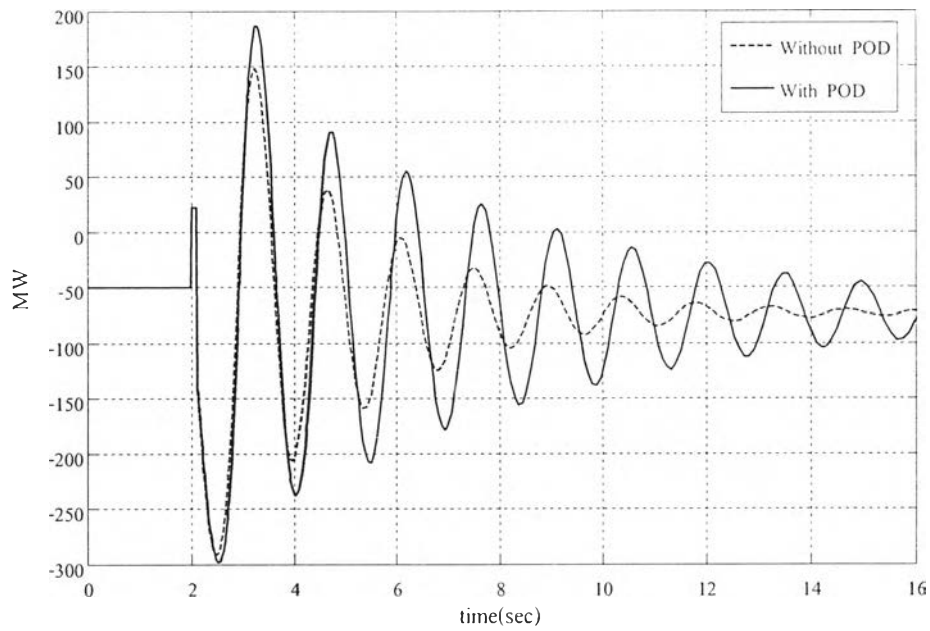


รูปที่ 6.56 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

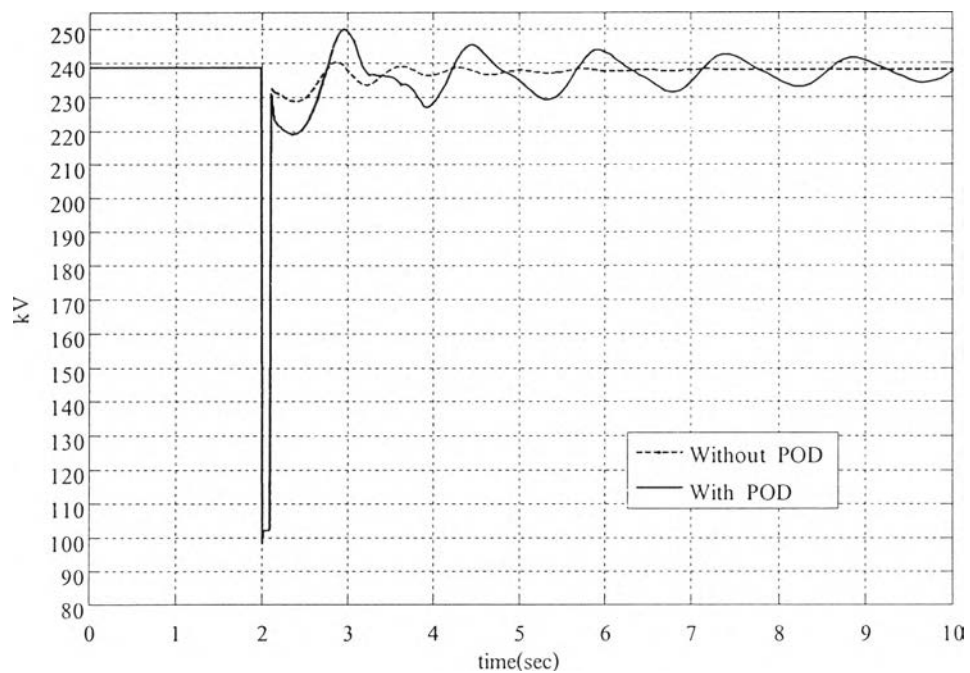


รูปที่ 6.57 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

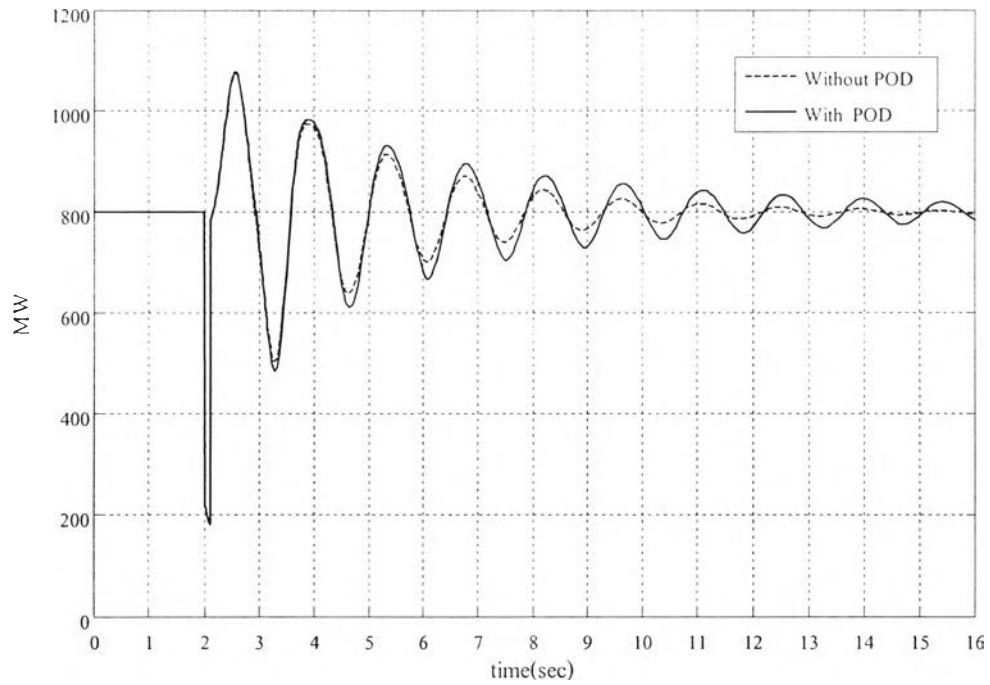
- การวัดทิศทางการไหลของกระแสจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานี



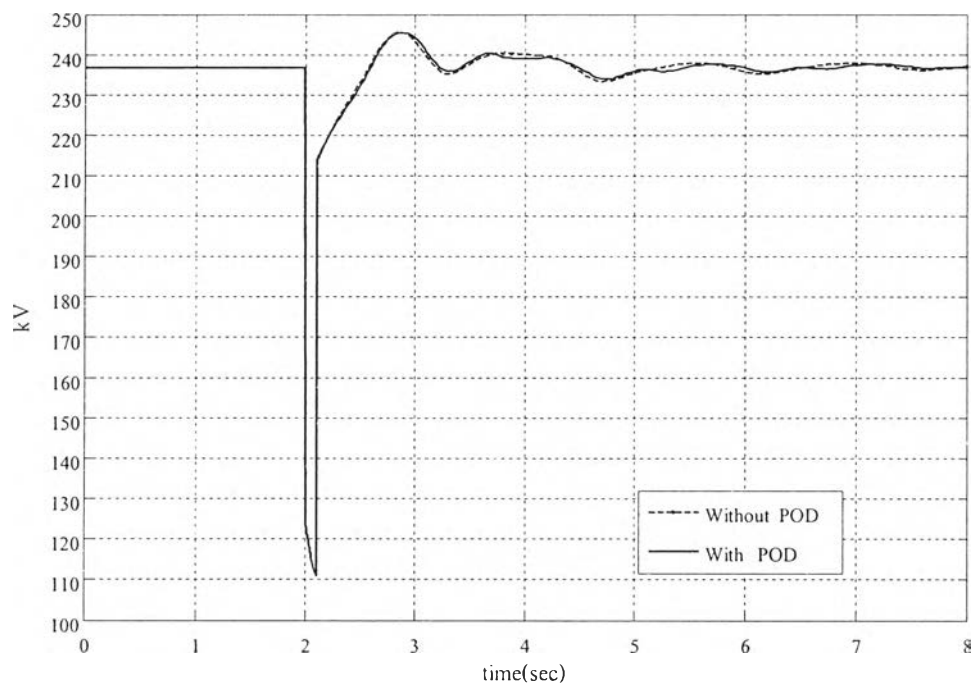
รูปที่ 6.58 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานี



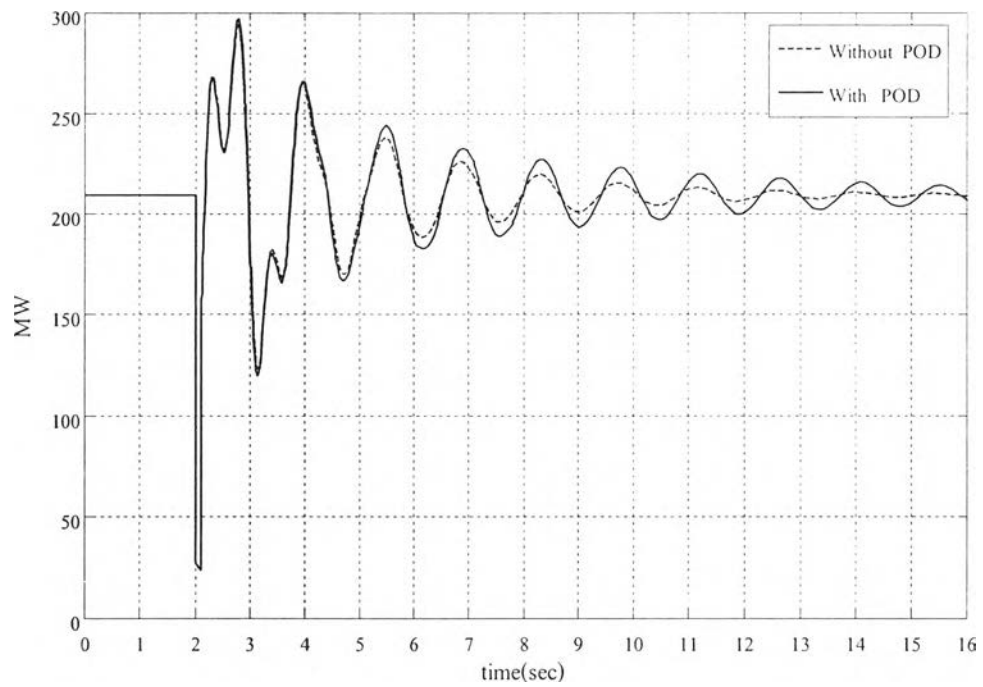
รูปที่ 6.59 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



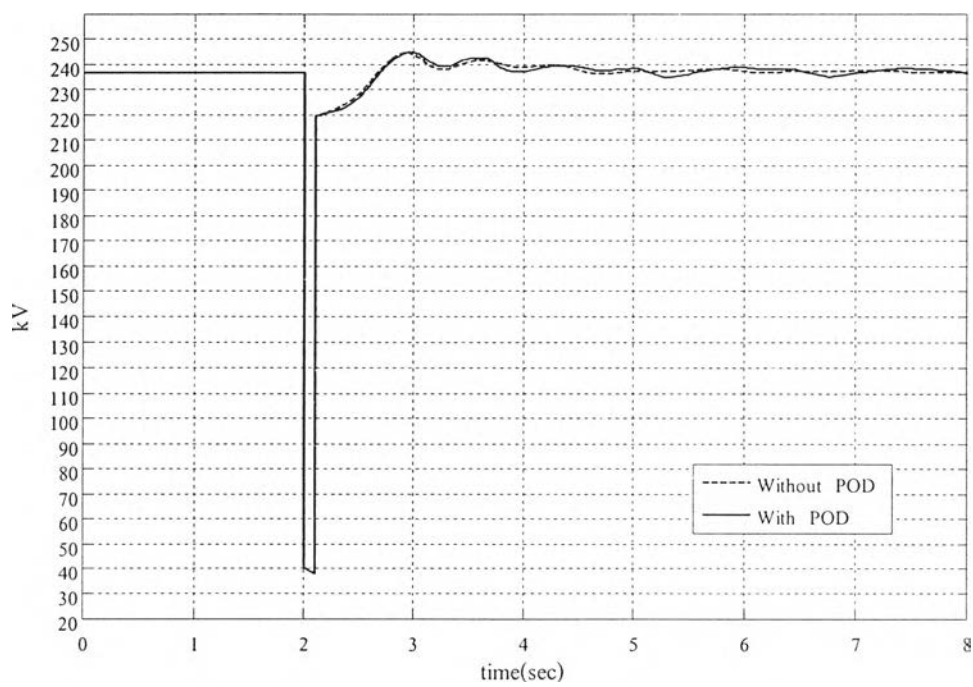
รูปที่ 6.60 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.61 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.62 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัศพระภา



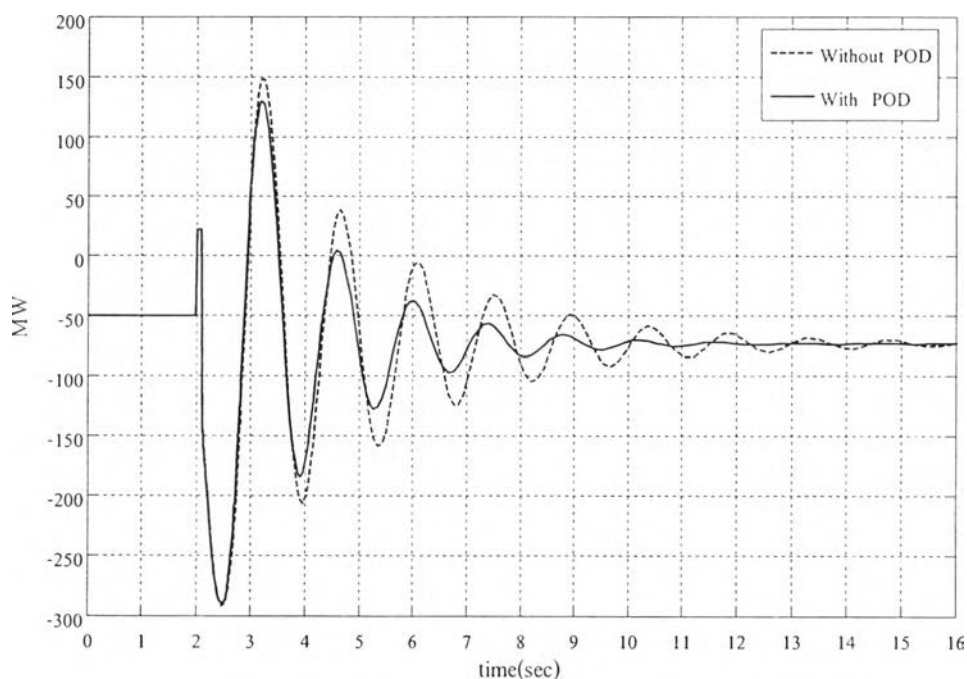
รูปที่ 6.63 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัศพระภา

จากรูปที่ 6.52 และรูปที่ 6.58 จะเห็นได้ว่าในเมื่อกลับทิศทางของการวัดกระแสส่วนจริง จากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพานแล้วพบว่า SVC จะไม่ช่วยในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าแต่จะช่วยเพิ่มการแกว่งของกำลังไฟฟ้าให้มีค่ามากขึ้นกว่าเดิมด้วยดังรูปที่ 6.57

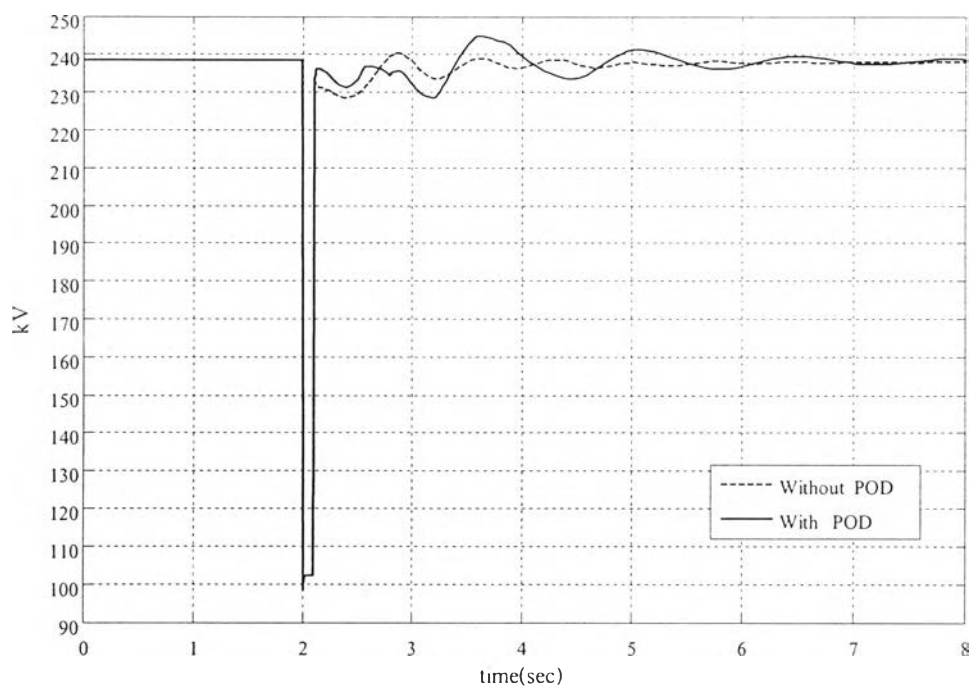
### 6.5.3 การเลือกสัญญาณอินพุทของตัวควบคุม POD ที่เป็นกำลังไฟฟ้าจริง

อินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุมแบบ POD ที่เลือกใช้เป็นกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี หรือ  $P_{BSP-SRT}$  และเอาต์พุทที่พิจารณาเป็นผลตอบสนองที่ภาวะชั่วคราวของระบบที่น่าสนใจ โดยจากรูปที่ 6.64-6.69 แสดงถึงกรณีที่มีการวัดอินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุมที่มีทิศทางของการกระแสไหลจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพาน และจากรูปที่ 6.70-6.75 แสดงผลตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางของการวัดอินพุทไปเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก

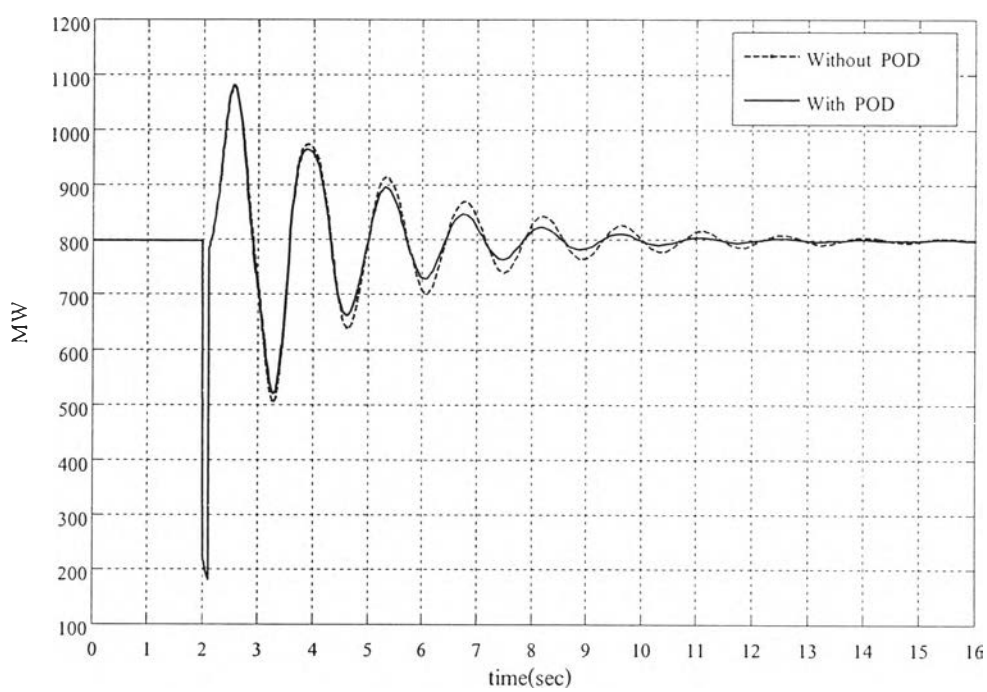
- การวัดทิศทางกระแสไหลของกระแสจากบัสสุราษฎร์ธานี ไปยังบัสบางสะพาน



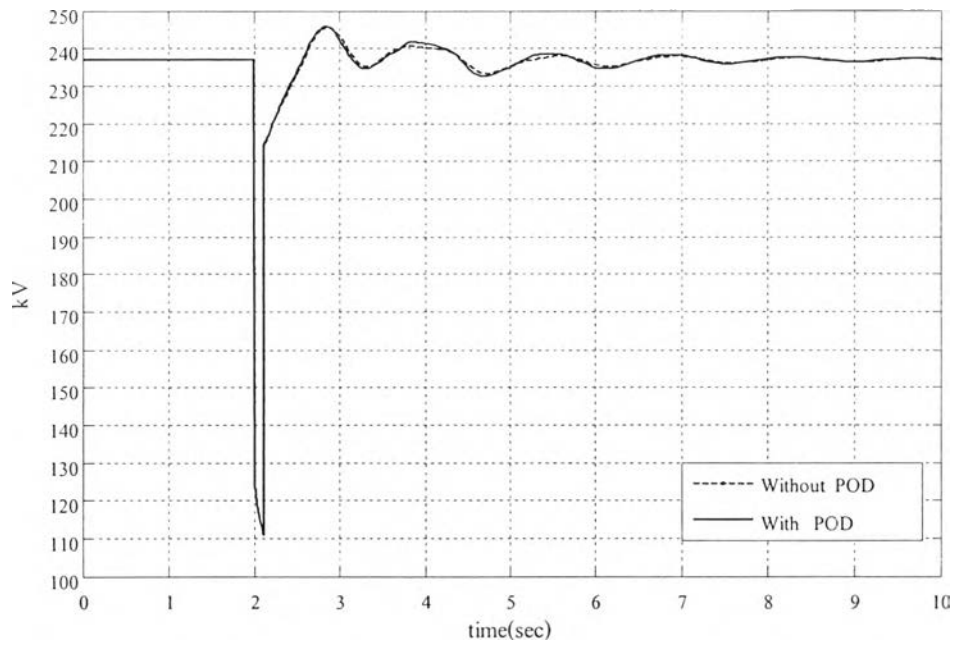
รูปที่ 6.64 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปบัสสุราษฎร์ธานี



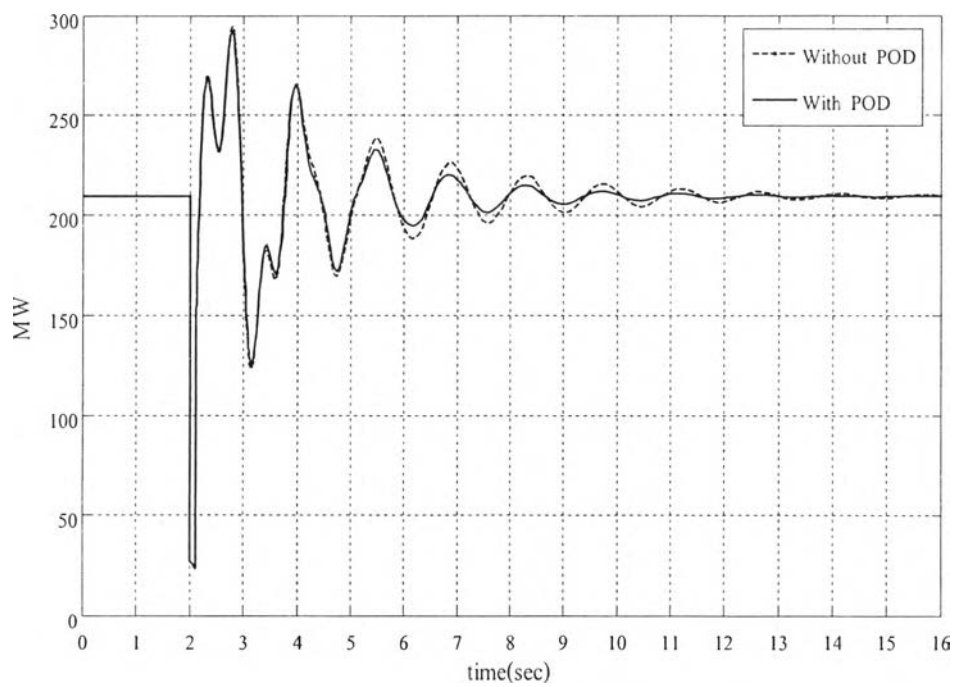
รูปที่ 6.65 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



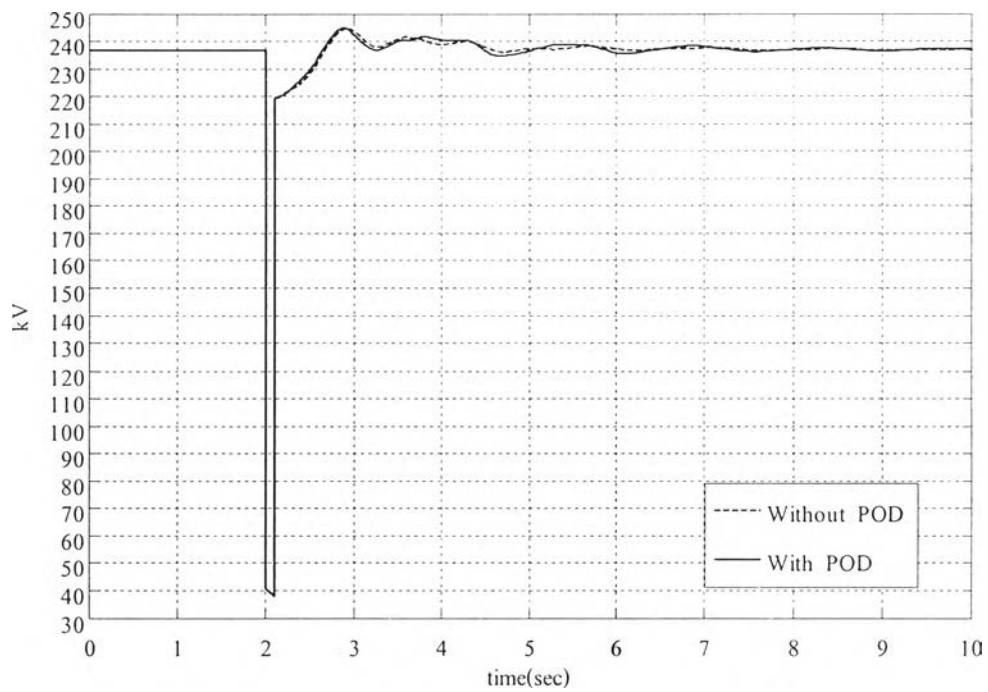
รูปที่ 6.66 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสบนอม



รูปที่ 6.67 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขมอม

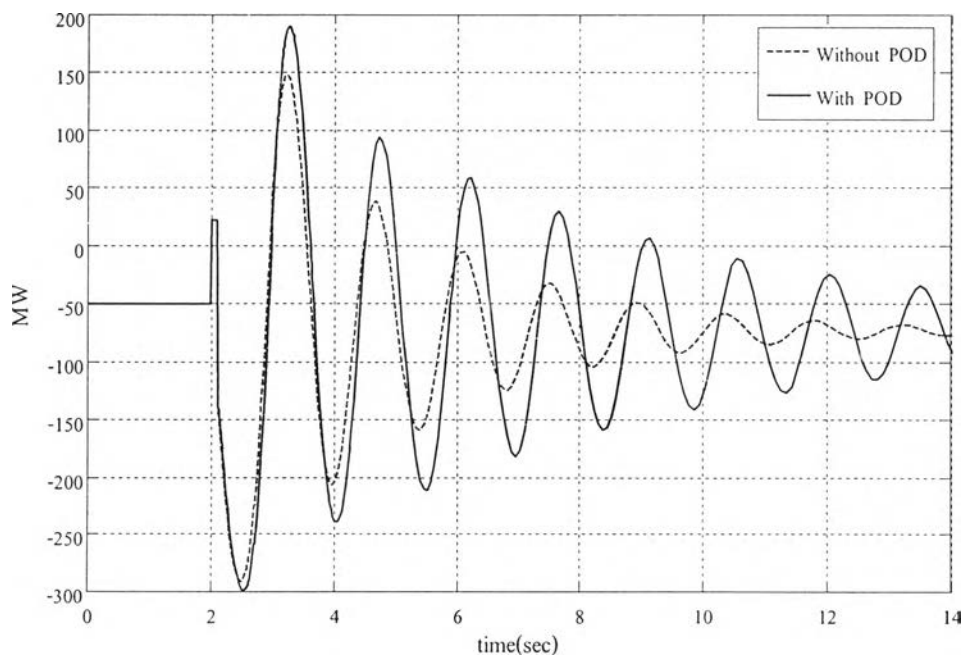


รูปที่ 6.68 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสศรีประภา



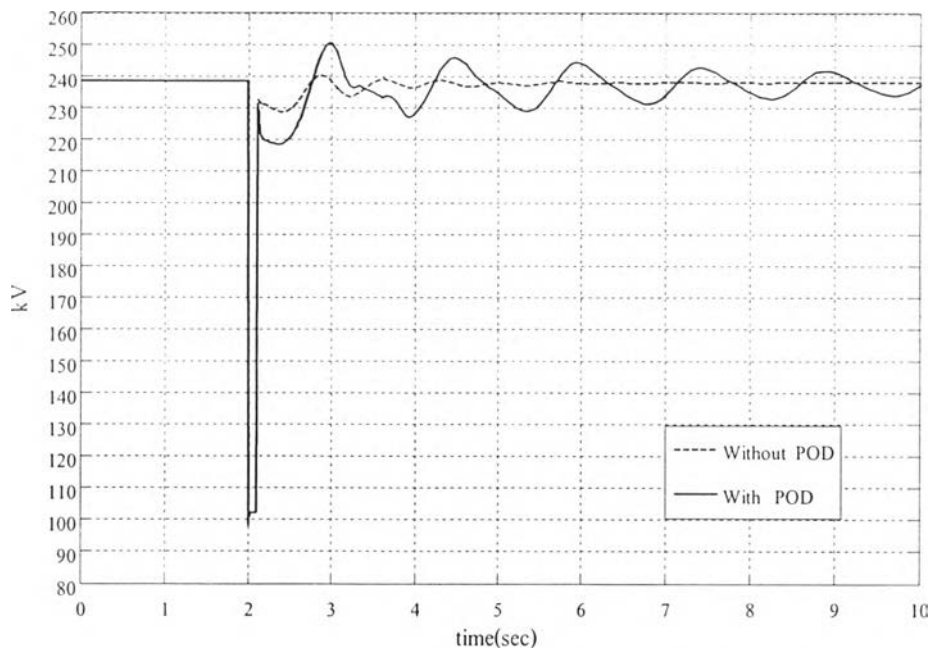
รูปที่ 6.69 แรงดันที่ขั้วของกุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสรัชประภา

- การวัดทิศทางการไหลของกระแสจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานี

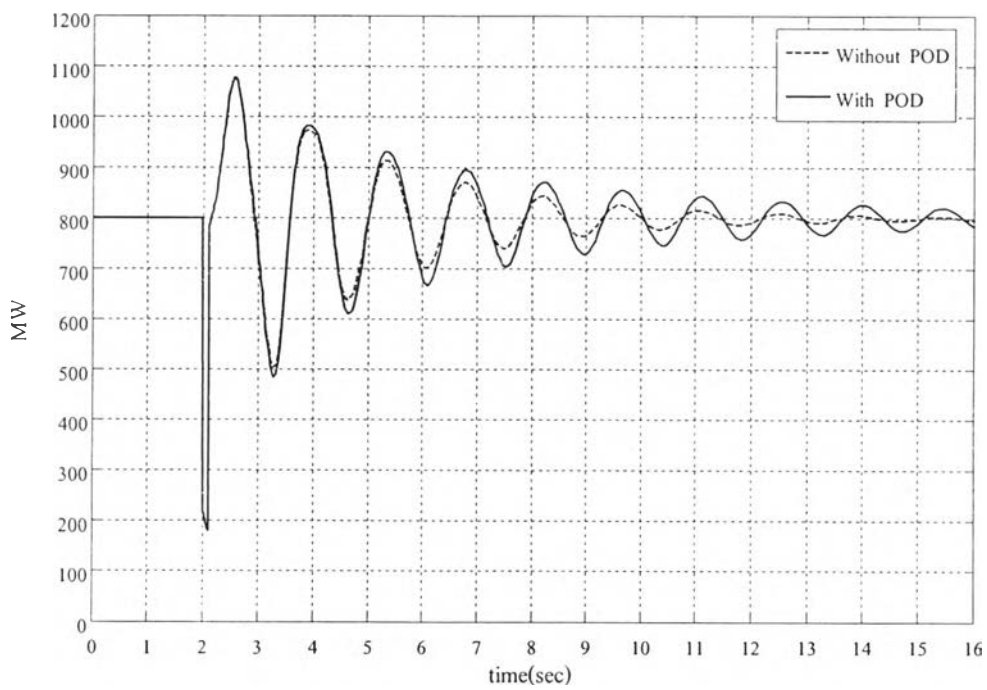


รูปที่ 6.70 กำลังไฟฟ้างริงที่ไหลจากบัสบางสะพานไปยังบัสสุราษฎร์ธานี

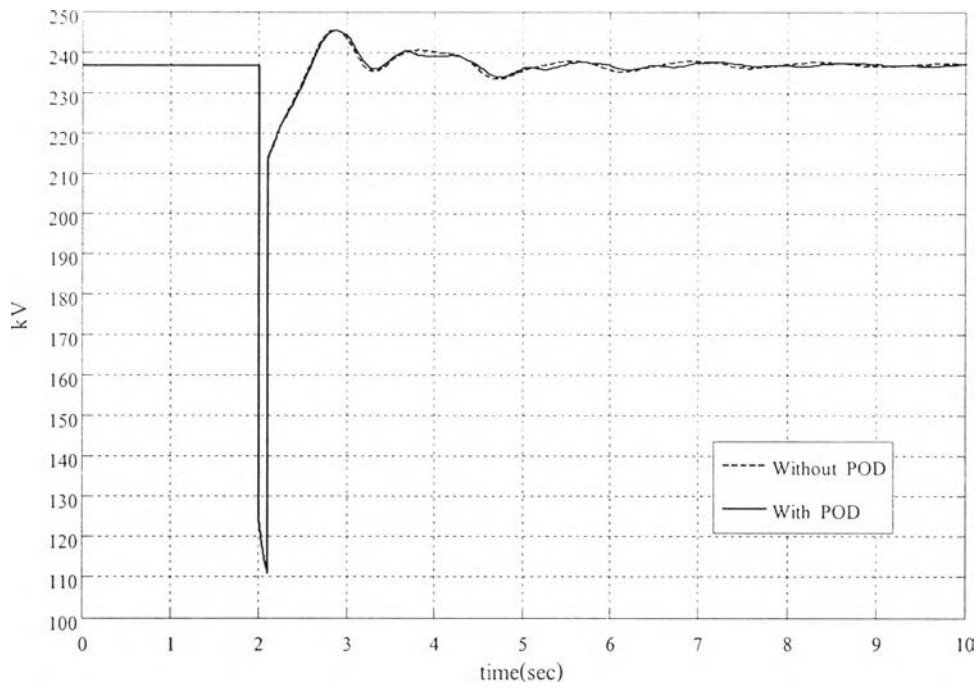




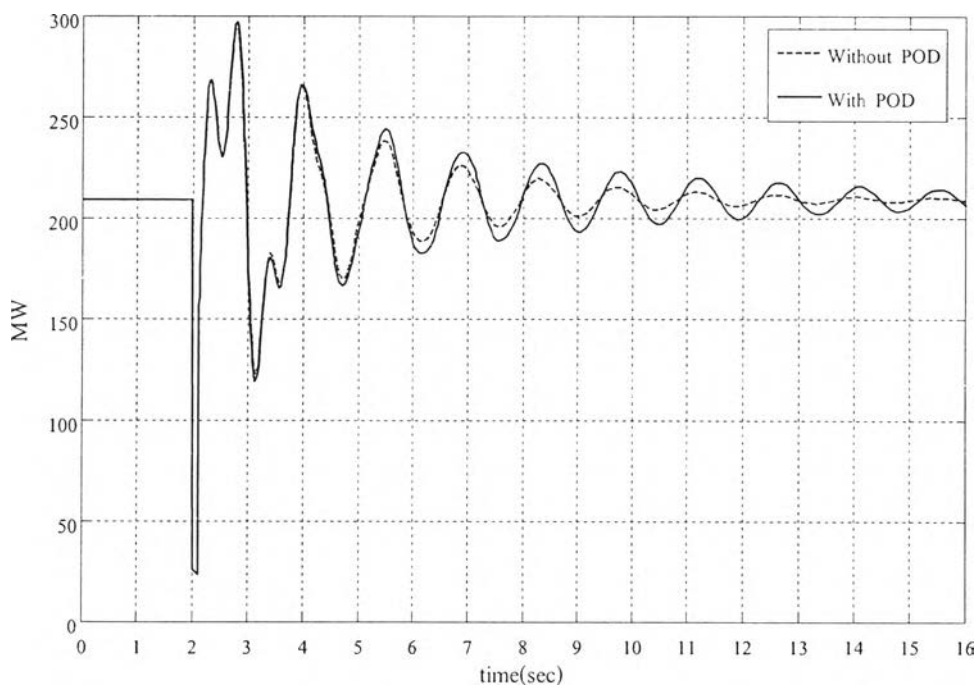
รูปที่ 6.71 แรงดันที่บัสบางสะพาน หรือที่บัสของ SVC



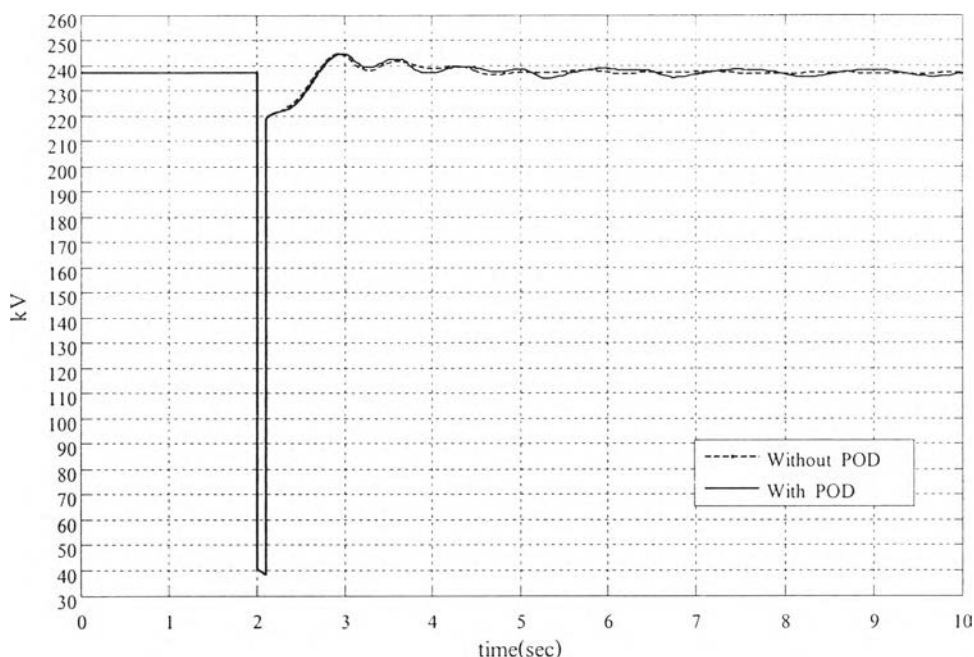
รูปที่ 6.72 ค่ากำลังไฟฟ้างริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.73 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสขนอม



รูปที่ 6.74 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสศรีประภา



รูปที่ 6.75 แรงดันที่ขั้วของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสสร้งประภา

เมื่อใช้ขนาดของกระแส กระแสส่วนจริง และกำลังไฟฟ้าจริง ที่ไหลในสายส่งเป็นอินพุตป้อนให้กับตัวควบคุม POD ที่มีทิศทางการวัดจากบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีไปยังบัสไฟฟ้าบางสะพาน จากรูปที่ 6.40, 6.52 และรูปที่ 6.63 การไหลของกำลังไฟฟ้าถ่ายโอนจากภาคใต้ขึ้นไปยังภาคกลางผ่านสายส่งเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับสุราษฎร์ธานี ตัวควบคุมจะช่วยให้การลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากเดิมที่ SVC ไม่มีการติดตั้งตัวควบคุมแบบ POD แต่เมื่อทิศทางของการวัดอินพุตที่ป้อนให้กับตัวควบคุมดังกล่าวเปลี่ยนไปในทิศทางตรงกันข้ามแล้ว ทำให้การแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเส้นดังกล่าวจากในรูปที่ 6.58 และรูปที่ 6.70 มีการแกว่งตัวที่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ไม่มีการใช้งานตัวควบคุม เฉพาะอินพุตที่เป็นแบบกระแสส่วนจริง และกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งเท่านั้น ส่วนอินพุตที่เป็นขนาดของกระแสยังคงให้ผลในการช่วยลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าเหมือนเดิมแม้ว่าอินพุตที่ทำการวัดมาป้อนให้กับตัวควบคุมจะมีการกลับทิศก็ตามดังแสดงในรูปที่ 6.46

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้ว่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการที่ออกแบบตัวควบคุมไว้ให้มีอินพุตที่ป้อนเข้าตัวควบคุมอ้างอิงกับทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจริง หรือ กระแสส่วนจริง ทิศทางใดทิศทางหนึ่ง พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าจริง หรือกระแสจริง เกิดมีการวัดเปลี่ยนทิศทางการไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางเดิม หรือเมื่อ โครงสร้างของระบบหลังจากการเกิดลัดวงจรมีการ

เปลี่ยนแปลงในรูปแบบที่ทำให้กราฟทางเส้นทางเดินของลูส ลอส์เกิดการเปลี่ยนทิศทางของเส้นทางเดินจากเดิมที่เคยมีทิศทางไปทางซ้ายของ S -Plane ไปเป็นทิศทางที่ออกไปทางด้านขวาของ S-plane แทนก็จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการหน่วงการแกว่งกำลังไฟฟ้าของระบบเปลี่ยนไปในทางกลับกันจากเดิมเช่นเดียวกัน คือ จากเดิมที่มีค่าเป็นบวกที่แสดงว่า SVC สามารถช่วยลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าไปเป็นค่าลบซึ่ง SVC จะทำให้การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ไม่มีการใช้งานตัวควบคุม แต่ทว่าเมื่อมีการใช้อินพุทที่ป้อนให้กับตัวควบคุมเป็นขนาดของกระแสที่ไหลในสายส่งเข้ามาใช้แล้ว ไม่ว่าจะการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงจะไหล ไปในทิศทางใดก็ยังคงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการหน่วงการแกว่งกำลังไฟฟ้ามียค่าเป็นบวกเสมอ เนื่องจากขนาดของกระแสในสายส่งนั้นไม่มีการเปลี่ยนเครื่องหมายตามการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจริง

ประเด็นสุดท้ายที่จะกล่าวถึงไว้ในบทที่ 6 นี้ คือ กรณีของตัวควบคุมมีสัญญาณอินพุทป้อนที่เป็นแบบกำลังไฟฟ้าจริง เมื่อมีเปลี่ยนทิศทางของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างบัสไฟฟ้าบางสะพานกับบัสไฟฟ้าสุราษฎร์ธานีที่เกิดจากการเปลี่ยนจุดทำงานของระบบ โดยกำหนดให้ทิศทางที่กำลังไฟฟ้าไหลจากภาคใต้ขึ้นไปยังภาคกลางมีขนาดของกำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 70 MW ซึ่งเป็นจุดทำงาน ณ กรณีฐาน และการกำหนดให้ทิศทางที่กำลังไฟฟ้าไหลจากภาคกลางลงไปยังภาคใต้มีขนาดของกำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 85 MW จะได้มาโดยการลดกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าขนอมจาก 800 MW ลงมาเป็น 580 MW จากการเปลี่ยนทิศทางของกำลังไฟฟ้านี้พบว่าตัวควบคุม POD ที่ออกแบบใช้งานนี้จะมีอัตราการหน่วงการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในช่วงที่มีกำลังไฟฟ้าไหลขึ้นน้อยกว่าในช่วงที่กำลังไฟฟ้าไหลลง คือ  $\xi_{flow\ up}$  เท่ากับ 0.105 และ  $\xi_{flow\ down}$  เท่ากับ 0.190 โดยจากข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งเส้นดังกล่าวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย[30] พบว่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง ในช่วงที่มีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าจากภาคใต้ขึ้นไปยังภาคกลางด้วยขนาดกำลังไฟฟ้าจริงที่มีค่าเท่ากับ 140 MW จะมีค่าอัตราการหน่วงการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่มีค่า  $\xi$  เท่ากับ 0.06 ซึ่งมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจากภาพผนวก(ข) แต่ในช่วงที่มีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าจากภาคกลางลงไปยังภาคใต้ด้วยขนาดกำลังไฟฟ้าจริงที่มีค่าเท่ากับ 200 MW จะมีค่าอัตราการหน่วงมากกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ จะเห็นได้ว่าตัวควบคุมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตก็ให้ผลของอัตราการหน่วงออกมาในลักษณะคล้ายกันกับตัวควบคุมที่ออกแบบใช้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แต่ตัวควบคุม POD ที่ออกแบบด้วยวิธีการย้ายค่ารากขั้วจะให้ผลของอัตราการหน่วงที่มีค่าดีกว่าตัวควบคุมของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เมื่อใช้งานกับระบบที่สร้างขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

สรุปได้ว่า ค่าอัตราการหน่วงของกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่กำลังไฟฟ้าไหลจากภาคใต้ขึ้นไปยังภาคกลาง มีค่าน้อยกว่ากรณีที่กำลังไฟฟ้าไหลจากภาคกลางลงมายังภาคใต้ และเนื่องจากขนาดของ

กำลังไฟฟ้าถ่ายเท เพราะขนาดของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งที่มากก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้ามากตามไปด้วย

## 6.6 สรุปผลการทดลอง

ใบบทที่ 6 สรุปได้ว่าการที่จะออกแบบตัวควบคุมที่จะใช้ควบคุมให้ SVC มีความสามารถในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบได้นั้นมีปัจจัยหลายด้านที่เข้ามามีผลกระทบในการศึกษา ซึ่งได้แก่ การเลือกใช้อินพุตที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม POD และสัญลักษณ์ของการป้อนกลับ ซึ่งความแตกต่างของการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในกรณีต่าง ๆ ก็สามารถดูได้จากผลตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตที่เลือกมาแสดงไว้ ไม่ว่าจะเป็นการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งเส้นที่ยาวที่สุด คือ ระหว่างบัสบางสะพานไปสุราษฎร์ธานี หรือกำลังไฟฟ้าจริงของที่จ่ายออกมาจากกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนอมกับรัชประภา ซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบผลตอบสนองระหว่างกรณีที่ SVC มีตัวควบคุมแบบ POD กับแบบที่ไม่มี โดยสิ่งที่ทำการเปรียบเทียบกันในทางเวลาก็จะเป็นการวัดค่าเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะอยู่ตัว หรืออัตราการแกว่งของสัญญาณสูงสุดมาเปรียบเทียบกัน

แต่ข้อเสียในเรื่องแรกของการนำ SVC ไปใช้ในการลดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าก็จะเป็นในเรื่องของการที่ SVC จะไปลดเสถียรภาพทางด้านแรงดันของระบบลงด้วย เนื่องจากว่าการใช้งานในลักษณะนี้จะช่วยทำให้การแกว่งตัวของขนาดแรงดันที่บัสของ SVC มีค่ามากขึ้น เพราะว่ามีผลกระทบค่ากำลังรีแอกทีฟให้กับระบบมากขึ้นในช่วงที่มีการแกว่งของมุม โรเตอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการเลือกค่าแรงดันอ้างอิงของ SVC หรือ  $V_{ref}$  ควรเลือกให้มีค่าที่เหมาะสม โดยที่จะต้องมิต่ำไม่ใกล้กับค่าขีดจำกัดของแรงดันมาตรฐานที่ระบบกำหนดมากนัก จึงจะเป็นผลดีในการนำ SVC ไปช่วยปรับปรุงสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าในเรื่องการปรับปรุงเสถียรภาพทางด้านการส่งกำลังไฟฟ้าที่ภาวะชั่วครู่ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้งาน SVC ให้เหมาะสมจะต้องคำนึงถึงทั้งเสถียรภาพทางด้านแรงดัน และทางด้านการส่งกำลังไฟฟ้าไปพร้อม ๆ กันด้วย