

# การออกแบบตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง (ส่วนที่ 1)

## Power System Stabilizer Design ( Part 1)

นางสาวฟ้าล้วย อินทะวงษ์ 50552413

นางสาวมนทิชา เกษสมัน 50552629

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อ.ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2549-3429, 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: fengntk@ku.ac.th

### บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอวิธีการออกแบบตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Stabilizer: PSS) โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีควบคุมสมัยใหม่ ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ศึกษาประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์หนึ่งตัวต่ออยู่กับบัสอ้างอิง โดยขั้นตอนวิธีการออกแบบจะเริ่มจากการสร้างแบบจำลองปริภูมิสถานะ (State-space) ของระบบไฟฟ้ากำลังจำลองโดยอาศัยเครื่องมือจากโปรแกรม Dymola จากนั้นจะใช้โปรแกรม Matlab/Simulink ในการออกแบบระบบควบคุม วิธีการออกแบบตัวควบคุม PSS จะใช้วิธีการวิเคราะห์สัญญาณขนาดเล็ก

### Abstract

This project presents the design method of power system stabilizer (PSS) applying modern control design theory. The study power system is a single machine connected to infinite bus (SMIB). First, the power system model is formulated as a state-space model with help of Dymola program. Then, Matlab/Simulink program is used to design the PSS controller based on small signal analysis.

### 1. บทนำ

การใช้อุปกรณ์ PSS ที่เป็นนิมอย่างมาสำหรับบริษัทผู้ผลิตไฟฟ้า เนื่องจากมีข้อได้เปรียบได้เรื่องของ ราคาลงทุน

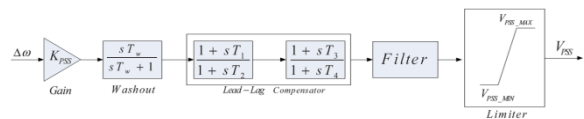
หลักการของ PSS คือการสร้างสัญญาณเสริมเข้าไปเพื่อเพิ่มความหน่วงให้แก่ระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยอัตราขยายของระบบกระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Excitation system) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์ในปัจจุบันจึงนิมที่จะติดตั้ง PSS มาด้วย ในอดีตหน้าที่ของ PSS จะใช้สำหรับเพิ่มการหน่วงของระบบไฟฟ้าที่โหมดการแกว่งแบบโลคอล เนื่องจากโหมดการแกว่งนี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ่อยครั้ง นอกจากกรณีที่เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงมากขึ้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์ปัจจุบันปัญหาเรื่องโหมดการแกว่งระหว่างพื้นที่ ได้เพิ่มมากขึ้นเนื่องจาก

ระบบไฟฟ้ากำลังมีการเชื่อมโยงกัน จึงมีงานวิจัยหลายชิ้นได้ประยุกต์ใช้ PSS เข้ามาแก้ไขปัญหาเหล่านี้

### 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Stabilizer: PSS)

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีวิธีการที่นำเสนอโดยใช้เทคนิคของการควบคุมสมัยใหม่ในการออกแบบ PSS แต่บริษัทผู้ผลิตไฟฟ้าก็นิยมที่จะใช้โครงสร้าง PSS ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบนำหน้า/ล่าหลัง (lead-lag compensator) เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่เรียบง่ายและมีการพิสูจน์การใช้งานมานานจนเป็นที่น่าเชื่อถือ โครงสร้างโดยทั่วไปของ PSS แสดงในรูปที่ 1 หน้าที่หลักของ PSS คือการเพิ่มการหน่วงของโหมดการแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์ โดยที่ PSS จะสร้างสัญญาณเสริมเข้าไปผ่าน AVR และผ่านระบบกระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์ที่ปกติแล้วมีอัตราขยายสูง



รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของ PSS

โครงสร้างของ PSS ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

ส่วนของอินพุท (Input)

สัญญาณอินพุทของ PSS ได้แก่ สัญญาณการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งโรตอร์ ( $\Delta\omega$ )

อัตราขยายหรือเกน  $K_{PSS}$  (Gain)

ส่วนนี้ทำหน้าที่กำหนดปริมาณการหน่วงของ PSS ดังนั้นเมื่ออัตราขยายเพิ่มขึ้นจึงสามารถเลื่อนค่าโหมดการแกว่งจากที่ไม่มีเสถียรภาพให้เคลื่อนมาทางซ้ายมือ Washout หรือส่วนขจัดสัญญาณเดิซี (Washout)

ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นวงจรรองความถี่สูง โดยจะยอมให้

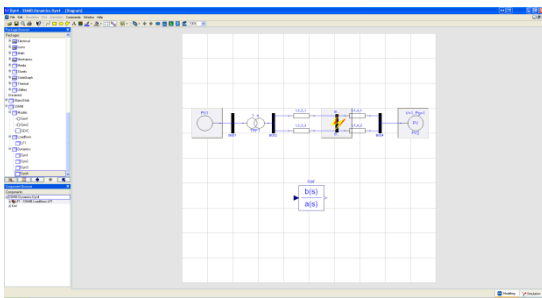
เฉพาะสัญญาณที่มีความถี่สูงผ่านไป วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้าที่ชั่วครู่เกินกำหนดไฟฟ้าเชิงโรนัสเคลื่อนไหลไปอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วภาวะอยู่ตัว

วงจรชดเชยเฟส (Phase compensation)

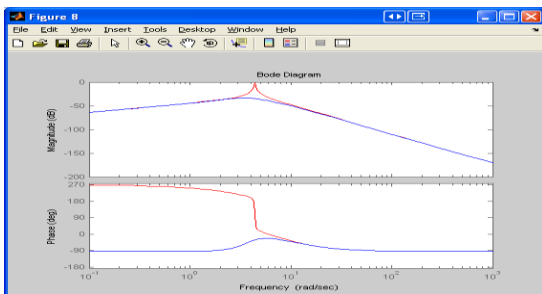
วงจรส่วนนี้ประกอบด้วยวงจรชดเชยนำหน้า-ล่าหลังสองชุด

โดยพารามิเตอร์ที่ควบคุมคือ  $T_1 - T_4$

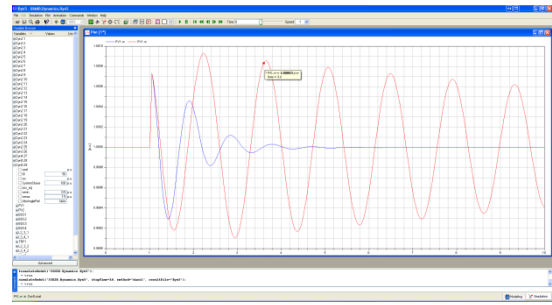
### 3. ผลการทดลอง



รูปที่ 2 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสเดี่ยวต่อกับบัสอนันต์ด้วยโปรแกรม Dymola



รูปที่ 3 กราฟแสดงเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง กราฟเส้นสีแดงแสดงถึงกราฟที่มีเสถียรภาพต่ำมีการแกว่งรบกวนของสัญญาณ กราฟสีน้ำเงินแสดงถึงกราฟที่มีเสถียรภาพสูงหลังจากมีการติดตั้งตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง PSS แล้วการแกว่งของสัญญาณจะลดน้อยลงหรือไม่มี การรบกวนของสัญญาณเลย



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลโดยโปรแกรม Matlab กราฟสีแดงแสดงถึงกราฟที่มีเสถียรภาพต่ำมีการแกว่งรบกวนของสัญญาณทำให้กราฟแกว่งลู่ออก กราฟสีน้ำเงินแสดงถึงกราฟที่มีเสถียรภาพสูงหลังจากมีการติดตั้งตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง PSS แล้วการแกว่งของสัญญาณจะลดน้อยลงหรือไม่มีการรบกวนของสัญญาณเลยกราฟแกว่งลู่ออก

### 4. สรุปผลการทดลอง

โครงการภาคการศึกษานี้ได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรนัสเดี่ยวต่อกับบัสอนันต์ (Single machine connected to infinite bus system) ศึกษาการใช้โปรแกรม Dymola และการทำงานของโปรแกรม Matlab เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังในภาคการศึกษาต่อไปจะนำข้อมูลที่ศึกษาไปเขียนโปรแกรมบนโปรแกรม Matlab เพื่อวิเคราะห์และออกแบบตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง(PSS)

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนให้มีโอกาสผลิตผลงานวิจัย และ ผู้วิจัยขอขอบคุณ อ.ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษาเรื่อง การออกแบบตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง (ส่วนที่ 1) และได้สละเวลาให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงตลอดการดำเนินงาน

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Kundar, *Power System Stability and Control*. New York, McGraw Hill, 1994
- [2] Yao-nan Yu, *Electric Power System Dynamics*. New York , Academic Press, c1983
- [3] J. Machowski, J.W. Bialek, J.R. Bumby *Power System Dynamics: Stability and Control*. UK, John Wiley & Sons, Ltd, 1997
- [4] E.V. Larsen (Member) D.A. Swann (Member) General Electric Company, Schenectady, New York, 1981
- [5] Joe H. Chow, George E. Boukarim, and Alexander Murdoch

