

การปรับค่าตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้การหาค่าเหมาะสมสูงสุดแบบกลุ่มอนุภาค

Power System Stabilizer Tuning Using Particle Swarm Optimization

น.ส. กานต์ธิดา พรหมเสนา น.ส. สิริวิสัย แจ่มประทีป

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการน อ.ดร. คมสันต์ หงษ์สมบัติ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการปรับค่าควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้การหาค่าเหมาะสมสูงสุดแบบกลุ่มอนุภาค การทำงานจะขึ้นอยู่กับควบคุมเป็นหลัก โดยการออกแบบจะอาศัยการลองผิดลองถูก ทำให้ประสิทธิภาพ ในการทำงานยังไม่ดีเท่าที่ควร โหมดพื้นที่การหมุนง และพื้นที่การแกว่ง คือสองปัญหาสำคัญสำหรับการไหลของกระแสไฟฟ้าและความเสถียรของระบบไฟฟ้า ซึ่งในระบบ PSS จะใช้กับการสั่นเหล่านี้ การออกแบบขั้นตอนวิธี ตามแบบ PSS บนพื้นฐานของทฤษฎีการควบคุมมาตรฐานและค่าไอเกน(Eigen) และเกี่ยวข้องกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากที่ไม่อาจนำเสนอโซลูชันที่ถูกต้องได้ในงานวิจัยนี้ อนุภาค PSO ซึ่งออกแบบ โดย PSS จะแนะนำให้ออกแบบการตอบสนองโดเมนเวลาของระบบไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพสำหรับในกรณีที่ถูกรบกวนของระบบไฟฟ้า ตัวแปรจะถูกศึกษาในงานวิจัยในที่สุดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีนี้ จะประเมินจากการสั่นของระบบในระหว่างการถูกรบกวน

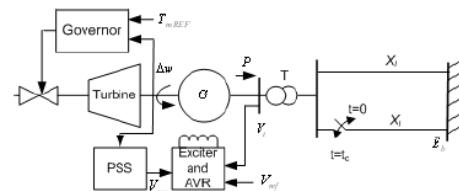
Abstract

Power systems are vast and heavily interconnected systems with a wide array of devices. The stability of these complex power systems may be broadly defined as its ability to return to a steady operating condition or the ability to regain to an acceptable state of equilibrium after having been subjected to some forms of disturbances. This project presents the application of particle swarm optimization (PSO) to find the most appropriate control parameters of power system stabilizer (PSS) for power system stability enhancement. Traditionally, the control parameter adjustment of PSS can be made by using trial and error method. However, this method cannot provide good efficiency in terms of damping performance and calculation time. To overcome this problem, PSO is applied to tune simultaneously the controller parameters based on the consideration of generator speed deviation signal in time-domain. The study

power system is a single machine connected to infinite bus system.

1. บทนำ

เนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ระบบไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันจึงมีการเชื่อมต่อกันเป็นระบบขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากขึ้น ระบบไฟฟ้ากำลังมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยปกติแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์จะมีการควบคุมแรงดันไฟฟ้าผ่านเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Voltage Regulator: AVR) ซึ่งมีอัตราขยายสูง การเพิ่มการหน่วงให้แก่ระบบไฟฟ้ากำลังสามารถกระทำได้โดยใช้ตัวควบคุมเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Stabilizer: PSS) สร้างสัญญาณเพิ่มเสริมเข้าไปผ่านระบบกระตุ้น (Excitation system) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์ การปรับแต่งพารามิเตอร์ควบคุมของ PSS ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเพิ่มการหน่วงในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งโดยปกติแล้วจะสามารถให้ค่าที่ดีที่สุด ณ จุดทำงานที่ออกแบบ ดังรูป



รูปที่ 1 ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์หนึ่งตัวต่ออยู่กับบัสอ้างอิง

ปัจจุบันได้มีการเสนอวิธีต่างๆที่นำมาใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ควบคุมของ PSS เพื่อเสริมประสิทธิภาพการควบคุมในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมสูงสุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization: PSO) เข้ามาแก้ไขปัญหาการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ควบคุมของ PSS สำหรับระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโรตอร์หนึ่งตัวต่ออยู่กับบัสอ้างอิง (Single Machine Infinite Bus: SMIB) โดยจะพิจารณาการปรับปรุงเสถียรของระบบ SMIB ภายใต้การรบกวนอย่างรุนแรงมาเขียนเป็นสมการเป้าหมายในการปรับแต่งพารามิเตอร์ควบคุมของ PSS

2. หลักการทำงานของ PSO

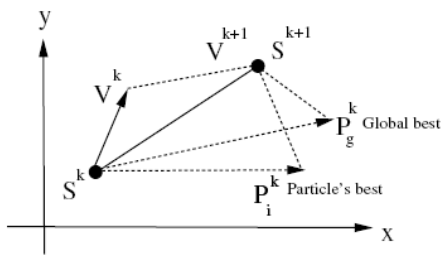
PSO เป็นการเลียนแบบพฤติกรรมของนกหรือปลา อนุภาคแต่ละอนุภาคจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยการถูกประเมินด้วยฟังก์ชันความเร็วที่กำหนดทิศทางเคลื่อนที่ของอนุภาค ไปยังกลุ่มอนุภาคที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด สมมติว่าพื้นที่ที่ค้นหาคือ D - มิติ จากนั้นอนุภาคที่ i ของประชากรซึ่งเรียกว่าจับกลุ่มสามารถแทนด้วย D - มิติ เวกเตอร์ $s = (S_1, S_2, \dots, S_D)$ ความเร็วของอนุภาคนี้สามารถแทนด้วยเวกเตอร์ v มิติอื่น $D = (v_1, v_2, \dots, v_D)$ ตำแหน่งที่ดีที่สุดก่อนหน้านี้ (Pbest) ของอนุภาคที่ i ตามที่แสดง $P_{best} = (p_1, p_2, \dots, p_D)$ g ให้เป็นดัชนีของอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่ม จากนั้นให้เคลื่อนที่ตามสมการต่อไปนี้

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 r_1^k (P_i^k - s_i^k) + c_2 r_2^k (P_g^k - s_i^k) \quad (3)$$

การควบคุมการเข้าออกกระหว่างการสำรวจ ค่าพารามิเตอร์ C_1 และ C_2 อาจส่งผลให้การลู่เข้าที่เร็วขึ้น พารามิเตอร์ r_1 และ r_2 ใช้ในการรักษาความหลากหลายของประชากรและพวกเขาได้รับการกระจายอย่างสม่ำเสมอในช่วง $[0-1]$

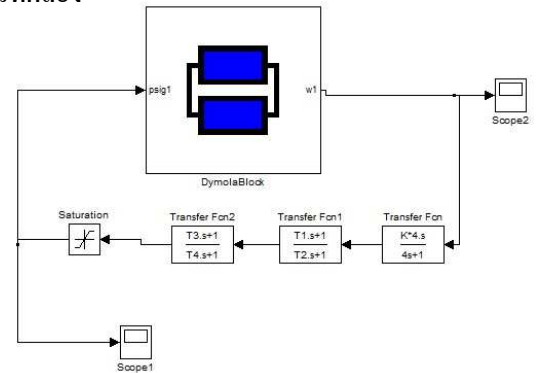
$$s_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1} \quad (4)$$

ทิศทางเคลื่อนที่ของอนุภาคไปยังกลุ่มอนุภาคที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด สมมติว่าพื้นที่ที่ค้นหาคือ D - มิติ จากนั้นอนุภาคที่ i ของประชากรซึ่งเรียกว่าจับกลุ่มสามารถแทนด้วย D - มิติ เวกเตอร์ $s = (S_1, S_2, \dots, S_D)$ ความเร็วของอนุภาคนี้สามารถแทนด้วยเวกเตอร์ v มิติอื่น $D = (v_1, v_2, \dots, v_D)$ ตำแหน่งที่ดีที่สุดก่อนหน้านี้ (Pbest) ของอนุภาคที่ i ตามที่



รูปที่ 2 แนวความคิดค้นหาคำตอบด้วยวิธี PSO

3. ผลการทดลอง



รูปที่ 3 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลังและ PSS ใน Simulink

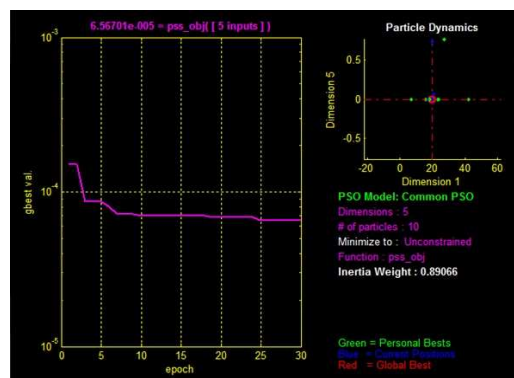
4. โครงสร้างของ PSS แสดงในสมการ (1)

$$G_{PSS}(s) = \left[\frac{sT_\omega}{(1+sT_\omega)} \right] \left[\frac{K_{PSS}(1+sT_1)(1+sT_3)}{(1+sT_2)(1+sT_4)} \right] \quad (1)$$

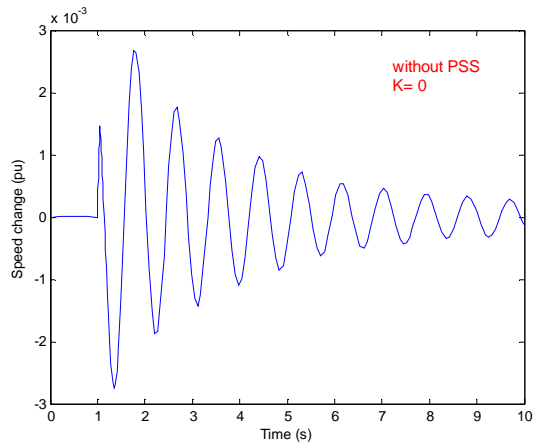
โครงสร้าง PSS ประกอบด้วยเกน K_{PSS} ค่าคงที่เวลา T_ω โดยปกติค่า T_ω จะมีค่ามาก ๆ เช่น 4-10 วินาที, ค่าคงที่เวลา T_1, T_2, T_3 และ T_4 สำหรับการปรับค่าการชดเชยเฟสของ PSS เป็นแบบนำหน้าหรือแบบล่าหลัง ปกติจะมีค่าในช่วง 0-1 วินาที

$$J = \int_0^t (\Delta \omega)^2 t dt \quad (2)$$

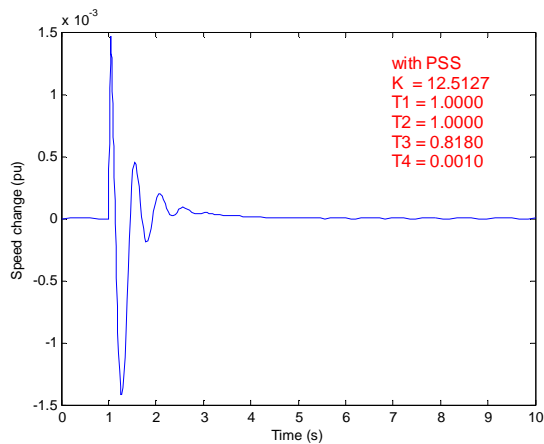
สมการการหาพื้นที่ใต้กราฟเพื่อนำค่าที่ได้นั้นไปเปรียบเทียบกับในกลุ่มแต่ละอนุภาคเพื่อหาตัวที่ดีที่สุดที่สามารถทำให้ระบบมีความเสถียรภาพมากที่สุด



รูปที่ 4 กราฟการลู่เข้าของสมการเป้าหมาย



รูปที่ 5 สัญญาณการแกว่งขณะยังไม่ได้ปรับค่า PSO



รูปที่ 6 สัญญาณการแกว่งขณะปรับค่า PSO

เอกสารอ้างอิง

P. Kundur, *Power system stability and control*, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2007.

K. E. Parsopoulos and M. N. Vrahatis, "On the computation of all global minimizers through particle swarm optimization", *IEEE Trans. Evolutionary Comp.*, Vol. 8, No. 3, 2004, pp.211-224.

4. สรุปโครงการ

การแก้ของสัญญาณไฟฟ้าสามารถหาคำตอบ โดยใช้วิธีการหาค่าเหมาะสมสูงสุดแบบกลุ่มอนุภาคเข้ามาแก้ไขปัญหาเพื่อให้สัญญาณมีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร. คมสันต์ หงส์สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้ และให้คำแนะนำ ในการแก้ไขปัญหาการทำงานตลอดจนคณะอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ของคณะผู้จัดทำที่คอยให้กำลังใจ พร้อมทั้งให้การสนับสนุน ทำให้ปัญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี