

การออกแบบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดี สำหรับการรักษาระดับแรงดันอัตโนมัติด้วยเทคนิควิธีการฮิวริสติก

กิตติพงษ์ ตั้งใจ วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล และนิวัตร อังควิศิฐพันธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,

ถนนก้นทรวงิชัย, จังหวัดมหาสารคาม 44150, e-mail:wor_nui@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีกลุ่มอนุภาค และวิธีฝูงผึ้ง ซึ่งเป็นวิธีการทางฮิวริสติก ที่ใช้ในการค้นหาค่าที่เหมาะสม ที่ให้ผลเฉลยใกล้เคียงผลเฉลยที่เหมาะสมทั่วไป สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมพีไอดี โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 ตัวของตัวควบคุมแบบพีไอดี ที่ต้องทำการปรับค่า คือ อัตราขยายสัดส่วน อัตราขยายอินทิกรัล และอัตราขยายอนุพันธ์ โดยประยุกต์ใช้ควบคุมกระบวนการรักษาแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ ขั้นตอนการดำเนินงาน เริ่มจาก การจำลองกระบวนการ ทำการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีการค้นหาด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค และวิธีฝูงผึ้ง ผลการทดสอบทั้ง 2 วิธี เทคนิควิธีฝูงผึ้ง สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีที่ใช้ควบคุมการรักษาแรงดันอัตโนมัติ ให้ผลการควบคุมกระบวนการดีกว่าเป็นที่น่าสนใจ โดยพิจารณาจากผลตอบสนองของระบบเปรียบเทียบกับอีกหนึ่งเทคนิควิธี

คำสำคัญ การรักษาแรงดันอัตโนมัติ, ตัวควบคุมแบบพีไอดี, วิธีกลุ่มอนุภาค, วิธีฝูงผึ้ง

1. บทนำ

ในกระบวนการอุตสาหกรรมและการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบัน ส่วนมากนิยมใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นต้นกำเนิดในการผลิตไฟฟ้า เพราะสามารถที่จะประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการและอุปกรณ์อื่นๆ ได้ง่าย แต่ปัญหาที่พบมากในการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือ กรณีที่โหลดเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด หรือพารามิเตอร์ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลทำให้เกิดการแกว่งของสัญญาณความถี่ และแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตออกมา มีค่าไม่คงที่ จึงต้องมีการรักษาระดับแรงดันที่จ่ายออกมาให้คงที่

การรักษาระดับแรงดันอัตโนมัติ (Automatic voltage regulation : AVR)[1] เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเพราะมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน โดยการทำงานของ AVR จะรักษาระดับของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้อยู่ในระดับที่ต้องการหรือใกล้เคียงแรงดันไฟฟ้าอินพุต แต่ในการควบคุมการทำงานของ AVR ต้องอาศัยการออกแบบปรับค่าตัวควบคุมที่เหมาะสมเพื่อควบคุมการทำงานให้ได้ประสิทธิภาพ ที่ผ่านมาในงานการปรับค่าของตัวควบคุมระบบ AVR เริ่มมีการศึกษาตั้งแต่ ค.ศ. 1990 โดยในปี ค.ศ. 1999 Swidenbank and coworkers[2] ได้นำเสนอวิธีแบบเดิมในการปรับตัวควบคุมของระบบ

AVR แต่ปัญหาของวิธีการปรับแบบดั้งเดิมจะใช้สูตรสำเร็จทางคณิตศาสตร์ซึ่งอาจไม่เหมาะกับระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นและค่าพารามิเตอร์ของระบบ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโหลดหรือเกิดสัญญาณรบกวนในระบบ ในปี ค.ศ. 2000 มีการนำเสนอเทคนิคการปรับค่าของตัวควบคุมระบบ AVR โดยอาศัยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์เข้ามาใช้ โดยเฉพาะการปรับค่าเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดีในระบบ AVR ด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดี (proportional-integral-derivative : PID) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะเป็นตัวควบคุมที่มีโครงสร้างของการควบคุมที่ง่ายไม่ซับซ้อนโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของตัวควบคุมพีไอดีให้เหมาะสม ที่ผ่านมาการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวอาจใช้วิธีทดลองปรับค่า (Trial and error) ซึ่งการปรับค่าทำได้ยาก ใช้ระยะเวลาในการปรับนานและค่าที่ได้มักไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่สุด มีการนำเสนอเทคนิควิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมหลายวิธี ที่เป็นที่ยอมรับได้แก่ วิธีของ Ziegler – Nichols[3] แต่วิธีนี้จะใช้ได้กับระบบที่มีเสถียรภาพเท่านั้น ทั้งนี้การปรับค่ายังขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของขบวนการ ซึ่งอาจไม่เป็นเชิงเส้นหรือมีอันดับที่สูง ทำให้การปรับค่าทำได้ยาก กระทั่งในปี 2004 Gain[4] ได้นำเสนอเทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฮิวริสติกด้วยวิธีกลุ่มอนุภาคในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบพีไอดีโดยเปรียบเทียบกับวิธีเจเนติก และในปี 2009[5] ได้มีการนำเสนอวิธีฝูงมด ในการหาผลเฉลยค่าที่เหมาะสมของตัวควบคุมพีไอดี โดยมีการนำเสนอเปรียบเทียบผลตอบแทนของระบบในแต่ละวิธีเปรียบเทียบกัน

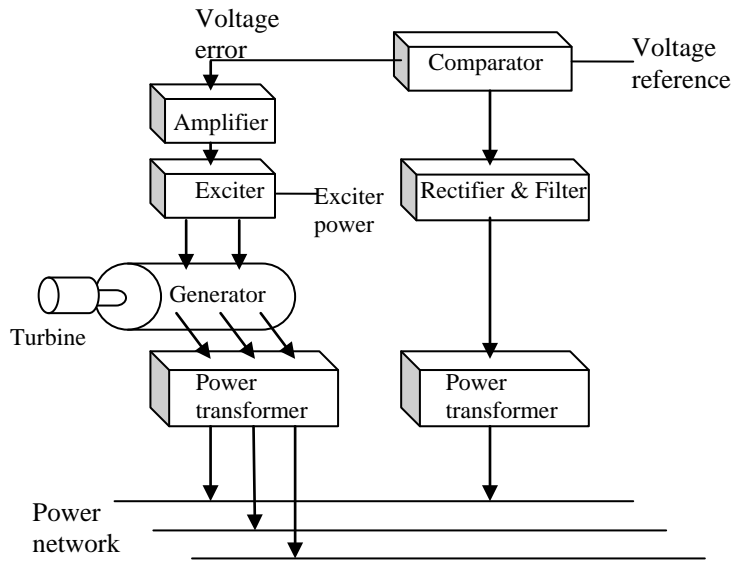
บทความนี้แนะนำเสนอวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฮิวริสติกในการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี ซึ่งเป็นการเลือกค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสม ที่ทำให้พฤติกรรมของระบบหลังการออกแบบเป็นไปตามที่ต้องการ โดยนำเสนอเทคนิควิธีของกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization : PSO) และวิธีฝูงผึ้ง (Bee Colony Optimization : BCO) เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนของระบบจากทั้ง 2 เทคนิควิธี และทำการพิจารณาพฤติกรรมของการควบคุมและ ทดสอบความคงทนของระบบเมื่อระบบมีโหลดและสัญญาณรบกวน

2. หลักการทฤษฎีและการออกแบบ

2.1 การรักษาแรงดันอัตโนมัติ

เครื่องกำเนิดที่นิยมใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการควบคุม เพื่อรักษาระดับแรงดัน และความถี่โหลดในช่วงที่ระบบทำงานได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริง (real power) จะทำให้ค่าความถี่เปลี่ยนแปลง และกำลังไฟฟ้าแฝง (reactive power) จะทำให้ค่าขนาดแรงดันที่ขั้วเปลี่ยน ดังนั้นในการควบคุมจะต้องกระทำแยกกัน เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าแฝง ถ้าโหลดมีการเปลี่ยนแปลงต้องการกำลังไฟฟ้าแฝง เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้แรงดันที่ขั้วมีค่าลดลง ทำนองเดียวกันค่าตัวประกอบกำลังของโหลดจะมีผลต่อแรงดันที่ขั้วโดยตรง เมื่อโหลดมีค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1 จะทำให้แรงดันที่ขั้วตกลง 8-20% จากแรงดันขณะไม่มีโหลดแต่ถ้าเป็นชนิดล่าหลังแรงดันที่ขั้วจะตกลง 25-50% สำหรับโหลดที่

นำหน้า จะทำให้ค่าแรงดันที่ขั้วเพิ่มสูงกว่าค่าแรงดันไม่มีโหลด ดังนั้นต้องมีตัวควบคุมแรงดันอัตโนมัติ (Automatic voltage regulator: AVR) เพื่อให้แรงดันมีค่าคงที่อยู่ในระดับที่กำหนด ไดอะแกรมของระบบ AVR แสดงดังรูปที่ 1 โดยหลักการทำงานของ AVR คือ มีตัววัดค่าแรงดันที่ขั้วที่เฟสใดเฟสหนึ่ง นำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิง (set point) นำค่าสัญญาณ error ที่ถูกขยายสัญญาณด้วยชุดขยายสัญญาณ (Amplifier) ไปกระตุ้นการทำงานของชุดฟิลต์ของเครื่องกำเนิดจ่ายกระแสเพิ่มขึ้นเพื่อเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก (emf) เพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันที่ขั้วปรับค่าเพิ่มขึ้นในระดับที่กำหนด



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบรักษาแรงดันอัตโนมัติ[6]

แบบจำลองในระบบฟังก์ชันถ่ายโอนของ ระบบรักษาระดับแรงดันอัตโนมัติ (AVR)

1) แบบจำลองของตัวขยาย (Amplifier model)

ในระบบฟังก์ชันถ่ายโอนสามารถแทนด้วย อัตราขยาย K_A และค่าคงที่ทางเวลา τ_A จะได้

$$\frac{V_R(s)}{V_e(s)} = \frac{K_A}{1 + \tau_A s} \quad (1)$$

2) แบบจำลองของตัวกระตุ้น (Exciter model)

รูปแบบที่ง่ายที่สุดของตัวกระตุ้นที่แทนในระบบฟังก์ชันถ่ายโอนจะแทนอัตราขยายด้วย K_E และค่าคงที่ทางเวลาแทนด้วย τ_E

$$\frac{V_F(s)}{V_R(s)} = \frac{K_E}{1 + \tau_E s} \quad (2)$$

3) แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator model)

ในแบบจำลองที่เป็นเชิงเส้นฟังก์ชันถ่ายโอนที่สัมพันธ์กับแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับแรงดันฟิลด์ สามารถแทนด้วย อัตราขยาย K_G และค่าคงที่ทางเวลา τ_G จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอน

$$\frac{V_t(s)}{V_f(s)} = \frac{K_G}{1 + \tau_G s} \quad (3)$$

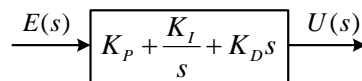
4) แบบจำลองตัวตรวจจับ (Sensor model)

จำลองด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนอันดับหนึ่งได้ด้วย

$$\frac{V_s(s)}{V_t(s)} = \frac{K_R}{1 + \tau_R s} \quad (4)$$

2.2 ตัวควบคุมแบบพีไอดี

เป็นตัวควบคุมแบบอนุพันธ์รวมกันกับตัวควบคุมแบบสัดส่วนและแบบอินทิกรัล ซึ่งจะเรียกตัวควบคุมแบบนี้ว่าตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID-Controller) โดยจะมีสมการการควบคุมดังรูปที่ 2

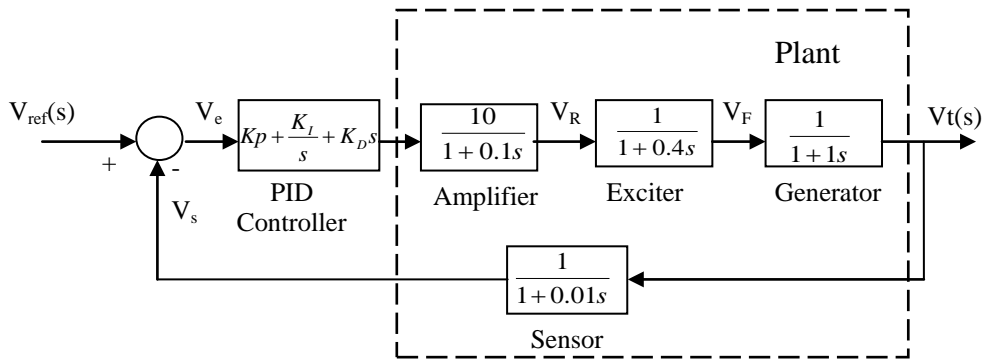


รูปที่ 2 สมการการควบคุมแบบพีไอดี

จากรูปที่ 2 จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมดังนี้

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_l}{s} + K_d s \quad (5)$$

จากฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุม PID และระบบ AVR ที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถที่จะออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุม PID สำหรับระบบ AVR ที่ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคและวิธีฝูงผึ้งในการหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมของกระบวนการ แสดงดังรูปที่ 3 โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 การจำลองการทำงานของระบบ AVR ที่ควบคุมด้วย PID

2.3 วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization , PSO)

Kennedy และ Eberhart[7] ได้นำเสนอแนวคิดของวิธีอนุภาคเป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1995 โดยอาศัยการค้นหาแบบกลุ่มประชากร (Population-based) แต่ละตัวดำเนินการ เรียกว่า “อนุภาค (Particle)” ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ อนุภาคนี้อาจรวมตัวกันเป็นกลุ่ม บินอยู่ในขอบเขตที่ต้องการค้นหา ระหว่างบินแต่ละอนุภาคจะเคลื่อนย้ายตำแหน่งโดยอาศัยการอ้างอิงถึงตำแหน่งของตัวเอง และตำแหน่งของอนุภาคใกล้เคียงที่บินผ่านมาแล้ว เพื่อใช้หาทิศทางเคลื่อนที่ต่อไป จนกว่าจะค้นพบคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะค้นพบด้วยตัวเอง หรือ อนุภาคใกล้เคียง ระเบียบขั้นตอนของวิธีกลุ่มอนุภาค มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นกำหนดให้อนุภาคทั้งหมดของกลุ่มแรก ค้นหาคำตอบพร้อมทั้งหาค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ แล้วเลือกอนุภาคที่มีค่าฟังก์ชันความเหมาะสมที่ดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของขั้นตอนนี้ ขั้นตอนที่ 2 หาความเร็วของอนุภาค และย้ายตำแหน่งของอนุภาคแต่ละตัว ขั้นตอนที่ 3 หาค่าฟังก์ชันความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ แล้วเลือกอนุภาค ที่มีค่าฟังก์ชันความเหมาะสมที่ดีที่สุด เป็นคำตอบที่ดีที่สุด ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มจำนวนรอบในการค้นหา ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้ายังไม่ตรงตามเงื่อนไขให้วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้ายังตรงตามเงื่อนไขให้หยุดทำงาน

2.4 วิธีฝูงผึ้ง (Bee Colony Optimization , BCO)

วิธีฝูงผึ้ง ได้ถูกนำเสนอโดย Dervis Karaboga[8] ในปี ค.ศ. 2005 โดยเป็นขบวนการในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ที่เลียนแบบมาจากพฤติกรรมในการหาอาหารของฝูงผึ้ง และเป็นกระบวนการหาค่าตอบชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มที่มีแนวคิดมาจากการเลียนแบบพฤติกรรมของฝูงแมลง (Swarm Based Optimisation Algorithm) โดยลักษณะเด่นของกระบวนการหาค่าตอบในกลุ่มนี้ จะใช้หลักการในการสุ่มค่าตัวแปรด้วยจำนวนประชากรจำนวนหนึ่งเข้าไป แล้วนำผลลัพธ์มาทำการคำนวณ การคัดเลือกและการปรับค่า แล้วทำการคำนวณวนรอบซ้ำจนกระทั่งได้คำตอบที่เหมาะสมในที่สุด โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผึ้งสังเกตการณ์ทุกตัว (จำนวน n ตัว) เข้าไปสุ่มหาค่าในพื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตที่กำหนด ขั้นตอนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมของผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากผึ้งสังเกตการณ์ ขั้นตอนที่ 3 กำหนดให้กลุ่มของผึ้งที่มีผลลัพธ์ในช่วงสูงสุด (จำนวน m ตัว) เป็น "ผึ้งที่ถูกเลือก" (Selected Bees) และพื้นที่ ๆ ผึ้งเหล่านี้ไปพบจะถูกเลือกให้สำรวจพื้นที่ใกล้เคียง ขั้นตอนที่ 4 และ 5 กระบวนการหาค่าตอบจะทำการสำรวจพื้นที่ใกล้เคียง (Neighborhood Search) ของกลุ่มผึ้งที่ถูกเลือก โดยใช้ผึ้งจำนวนมากกว่าลงไปสำรวจในพื้นที่ ๆ ติดๆ (จำนวน e พื้นที่) และจำนวนน้อยกว่าลงไปในพื้นที่ ๆ เหลือ (จำนวน $m-e$ พื้นที่) และเลือกค่าที่ดีที่สุดในการสำรวจนี้เป็นตัวแทนของผึ้งในพื้นที่นี้ ขั้นตอนที่ 6 ถ้าผลลัพธ์เป็นที่พอใจตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด ถ้าตรงตามเงื่อนไขแล้ว ก็ให้หยุดทำการ แต่ถ้ายังต้องการค่าที่ดีกว่าให้ไปดำเนินการต่อขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 1 พังก์ชันถ่ายโอนและขอบเขตค่าพารามิเตอร์ของระบบ AVR

	Transfer function	Parameter limits	Used parameter values
PID controller	$K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$	$0.2 \leq K_P, K_I, K_D \leq 2.0$	$K_P, K_I, K_D = optimum\ values$
Amplifier	$\frac{K_A}{1 + \tau_A s}$	$10 \leq K_A \leq 40$ $0.02 \leq \tau_A \leq 0.1$	$K_A = 10$ $\tau_A = 0.1$
Exciter	$\frac{K_E}{1 + \tau_E s}$	$1 \leq K_E \leq 10$ $0.4 \leq \tau_E \leq 1.0$	$K_E = 1$ $\tau_E = 0.4$
Generator	$\frac{K_G}{1 + \tau_G s}$	$K_G\ depend\ on\ load\ (0.7 - 1.0)$ $1.0 \leq \tau_G \leq 2.0$	$K_G = 1$ $\tau_G = 1$
Sensor	$\frac{K_R}{1 + \tau_R s}$	$0.001 \leq \tau_R \leq 0.06$	$K_R = 1$ $\tau_R = 0.01$

2.5 การใช้วิธีกลุ่มอนุภาคและวิธีฝูงผึ้งสำหรับควบคุมการรักษาแรงดันอัตโนมัติด้วยตัวควบคุมพีไอดี

ในการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบ AVR ด้วยกระบวนการวิธีกลุ่มอนุภาค และวิธีฝูงผึ้ง เริ่มด้วยการหาช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้ นั่นคือช่วงของอัตราขยายสัดส่วน $[K_{P\min}, K_{P\max}]$ ช่วงของอัตราขยายอินทิกรัล $[K_{I\min}, K_{I\max}]$ และช่วงของอัตราขยายอนุพันธ์ $[K_{D\min}, K_{D\max}]$ เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขบังคับในการค้นหาผลเฉลย แต่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต้องอยู่ในช่วงเหล่านี้ โดยช่วงของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมหาได้ดังนี้

$$K_{P\min} = 0.32K_U, K_{P\max} = 0.6K_U \quad (6a)$$

$$K_{D\min} = 0.08K_U T_U, K_{D\max} = 0.15K_U T_U \quad (6b)$$

$$K_{I\min} = \frac{K_{P\min}^2}{3K_{D\min}}, K_{I\max} = \frac{K_{P\max}^2}{3K_{D\max}} \quad (6c)$$

เมื่อ K_U คือ อัตราขยายของการออสซิลเลต ที่ขีดจำกัดเสถียรภาพ ในการควบคุมแบบพี

T_U คือ คาบของการออสซิลเลต ที่ขีดจำกัดเสถียรภาพ ในการควบคุมแบบพี

จะได้ ช่วงของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการดังนี้

$$K_p, K_I, K_D = [0.2, 2.0] \quad (7)$$

โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสม คือ

$$Min = w1 \times |yd - yp| + w2 \times ess + w3 \times ts + w4 \times os + w5 \times tr \quad (8)$$

เมื่อ yd คือผลตอบสนองที่ต้องการ, yp คือผลตอบสนองของขบวนการ, ess คือค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว, tr คือเวลารุ่ง (Rise time), ts คือ เวลาเข้าสู่คงตัว (Settling time), OS คือ Percent Overshoot และ w_i คือ ค่าน้ำหนักของตัวแปร เมื่อ $i=1,2,3,4,5$

3. ผลการทดสอบ

จากการทดลองนำวิธีกลุ่มอนุภาคและวิธีฝูงผึ้งมาหาค่าที่เหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีในระบบ AVR เพื่อให้เห็นสมรรถนะของระบบการควบคุมแบบพีไอดี จึงได้จำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ หาค่าความผิดพลาดด้วยวิธีนี้แสดงสมรรถนะแบบ Integral of Time Multiplied Absolute Error (ITAE) ที่มีค่าน้อยที่สุดดังสมการ

$$ITAE = \int_0^{\infty} t |e(t)| dt \quad (9)$$

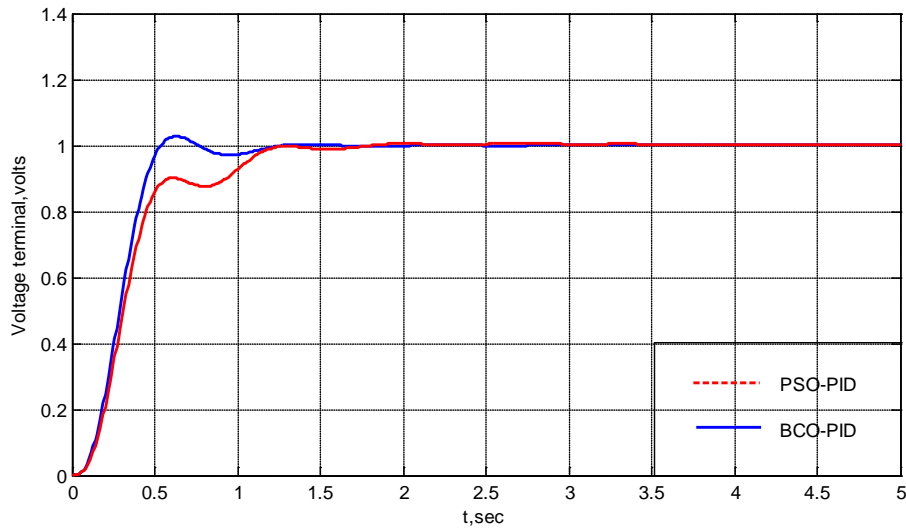
เพื่อหาค่าผลการตอบสนองของระบบโดยเปรียบเทียบวิธีการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอดีที่เหมาะสมด้วยวิธีของกลุ่มอนุภาคและวิธีฝูงผึ้ง และทำการเปรียบเทียบผลการตอบสนองขณะที่พารามิเตอร์ของระบบเปลี่ยนไปเมื่อมีโหลดและสัญญาณรบกวน

3.1 ผลการทดสอบจำลองการทำงานของระบบ AVR ที่ควบคุมด้วย PSO-PID และ BCO-PID

ในการทดสอบจะจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม MATLAB ร่วมกับ Simulink กำหนดขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าของตัวควบคุมแบบพีไอดีตามสมการที่ 7 ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับการหาผลเฉลยอัตราการขยายของพีไอดีด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค (PSO-PID)[6] คือ จำนวนอนุภาค 30 อนุภาค , จำนวนทำซ้ำ 50 รอบ วิธีฝูงผึ้ง (BCO-PID) คือ จำนวนผึ้งสังเกตการณ์ 30 ตัว , พื้นที่แหล่งอาหารทั้งหมด 50 แหล่ง และประมวลผล 3 ครั้ง จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์จากทั้งสองเทคนิควิธีค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณารูปที่ 4 จะเห็นว่าวิธี BCO ให้ผลตอบสนองของระบบที่ดีกว่าวิธี PSO และค่าประสิทธิภาพผลตอบสนองของระบบแสดงดังตารางที่ 3 โดยค่า Settling times ของเทคนิควิธี BCO เข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วกว่า และ Steady state error ของเทคนิควิธี BCO มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิควิธี PSO

ตารางที่ 2 ค่าของอัตราขยายของตัวควบคุม PID ที่ทดสอบ

Parameter PID	PSO	BCO
K_p	1.2101	1.4883
K_I	0.4174	0.3225
K_D	0.2666	0.3229



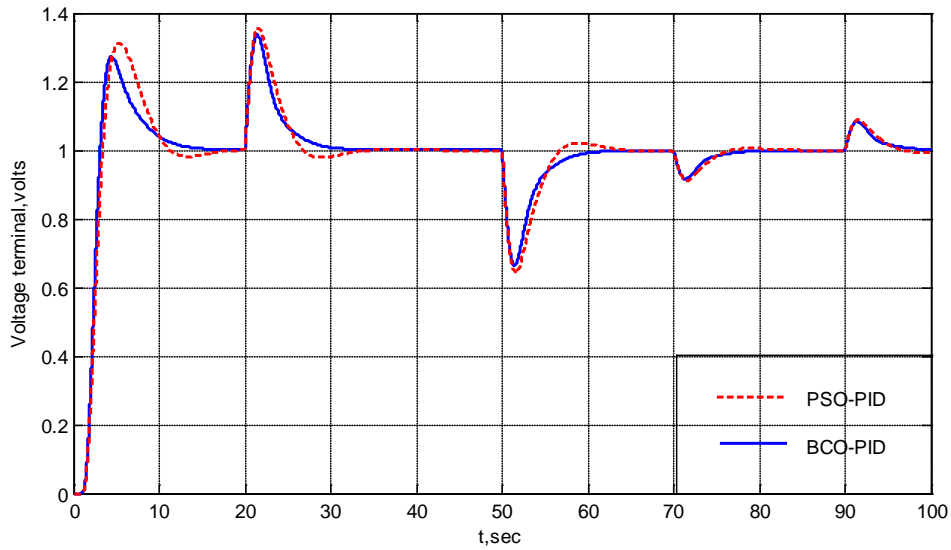
รูปที่ 4 ค่า Voltage terminal step response ของระบบ AVR

ตารางที่ 3 ค่า Voltage terminal step response ของระบบ AVR ที่ควบคุมด้วย PSO-PID และ BCO-PID

	Percent Overshoot (%)	Setting times (s)	Steady state error
PSO-PID	1.1991	2.7900	0.0072
BCO-PID	2.2287	1.0700	0.0012

3.2 ผลการทดสอบจำลองการทำงานของระบบเมื่อมีโหลดและสัญญาณรบกวน

จากการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของการทำงานของระบบจึงได้จำลองการทำงาน เมื่อระบบมีโหลด โดยการสุ่มการทำงานของโหลดในแต่ละช่วงเวลา เมื่อให้โหลดมีการเปลี่ยนแปลงแบบขั้นบันได พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการตอบสนอง ของระบบทั้งสองเทคนิควิธี แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลตอบสนองของระบบ AVR เมื่อมีโหลด

พิจารณารูปที่ 5 จะเห็นว่าเมื่อมีโหลดของระบบ AVR ผลการตอบสนองของระบบการ หาค่าตัวควบคุมที่เหมาะสมของตัวควบคุมพีไอดีด้วยวิธีฝูงผึ้ง สามารถรักษาเสถียรภาพของระบบ ได้ดีกว่าวิธีของกลุ่มอนุภาค เมื่อพิจารณาจากค่าเวลาเข้าสู่สภาวะคงตัวพบว่าเมื่อ โหลดมีการเปลี่ยนแปลง ด้วยวิธีฝูงผึ้งจะรักษาเสถียรภาพของระบบให้สู่สภาวะคงตัวได้เร็วกว่าวิธีกลุ่มอนุภาค

4. สรุป

จากการทดสอบการควบคุมระบบ AVR ด้วยตัวควบคุม PID พบว่าการใช้เทคนิควิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยวิธีวิวิธวิธีสามารถที่จะให้ผลเฉลยในการปรับค่าที่เหมาะสมของระบบได้ดี ทั้ง 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่า Voltage terminal step response ของระบบ AVR แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าคุณสมบัติของผลตอบสนองทางเวลาเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธี จะได้ว่าเทคนิควิธีฝูงผึ้งให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีกลุ่มอนุภาคในการปรับค่าพารามิเตอร์ของ PID เมื่อพิจารณาจากค่าคุณสมบัติของผลตอบสนองของระบบ จะพบว่าค่า เวลาเข้าสู่ สภาวะคงตัวของระบบที่ปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมด้วย วิธีฝูงผึ้ง จะให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าโดยเข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วกว่าวิธีกลุ่มอนุภาคมากกว่า 50% และค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวของวิธีกลุ่มอนุภาคก็มีค่าสูงกว่าเช่นกัน เมื่อทดสอบกรณีที่มีโหลดและสัญญาณรบกวน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมที่ได้ทำการออกแบบสามารถรักษาเสถียรภาพไว้ได้ โดยวิธีฝูงผึ้งจะรักษาเสถียรภาพของระบบให้สู่สภาวะคงตัวได้เร็วกว่าวิธีกลุ่มอนุภาค ถึงแม้โหลดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาทั้งเพิ่มและลดค่าลงก็ตาม ดังนั้นการใช้เทคนิควิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีฝูงผึ้งจึงมีประสิทธิภาพดี ในการหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมของระบบ AVR โดยให้ค่าความผิดพลาดของระบบที่น้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saadat, Hadi, "Power Systems Analysis", McGraw-Hill, Singapore, 1999, pp. 555-567.
- [2] E. Swidenbank., M.D. Brown and D. Flynn, "Self-Tuning Turbine Generator Control for Power Plant", Mechatronics, Vol. 9, 1999, pp. 513-537.
- [3] J.G.Ziegler and N.B. Nichols., "Optimum Settings for Automatic Controller", Trans. ASME, Vol.64, 1942, pp.759-768.
- [4] Zwe-Lee Gaing, *Member*, "A Particle Swarm Optimization Approach for Optimum Design of PID Controller in AVR System", IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 19, NO. 2, JUNE 2004
- [5] H. Zhu, L. Li, Y. Zhao, Y. Guo and Y. Yang, "CAS Algorithm Based Optimum Design of PID Controller in AVR System", Chaos, Solutions and Fractals, Vol. 42, 2009, pp.792-800.
- [6] H. Gozde , M.C. Taplamacioglu , I. Kocaarslan , "APPLICATION OF ARTIFICIAL BEES COLONY ALGORITHM IN AN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR (AVR) SYSTEM", International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering", September 2010.
- [7] J. Kennedy and R.C. Eberhart, "Particles Swarm Optimization", Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks, Perth, Australia, 1995, pp. 1942-1948.
- [8] D. Karaboka, "An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization", Technical Report-TR06 Computer Engineering Department ,Engineering Faculty , Erciyes, University, 2005.

บทความนี้ส่งเข้ามาเมื่อ 5 มีนาคม 2555 และได้รับพิจารณาให้ตีพิมพ์เมื่อ 15 มีนาคม 2555