

การปรับแต่งพารามิเตอร์ตัวควบคุมด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้า กระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันที่มีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง Parameter Tuning of a Controller Using Genetic Algorithm Technic for a Single-Phase AC/DC Boost Converter with Power Factor Correction

ณภสุ สมเสร็จ อธิกร คงใหม่ ศุภเกียรติ บุตรดีสุวรรณ โกศล ชัยเจริญอุดมรุ่ง และ ทัฏฐะ สาระจันทร์*

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
hatta.s@cit.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor) สำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดัน ระบบควบคุมประกอบด้วยตัวควบคุมแบบฮิสเทอรีซิส ที่ใช้เพื่อควบคุมให้กระแสของตัวเหนี่ยวนำติดตามรูปแบบของกระแสอ้างอิงอย่างรวดเร็วและการควบคุมแรงดันที่ใช้ตัวควบคุมแบบพีโอ โดยในบทความนี้ได้นำอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) มาประยุกต์ใช้ปรับแต่งพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีโอให้เหมาะสม ประสิทธิภาพการควบคุมได้รับการประเมินผ่านการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ภายใต้สภาวะโหลด 50% และ 100% ของพิกัดที่ 400 วัตต์ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าวิธีควบคุมที่เสนอสามารถรักษาแรงดันขาออกให้คงที่ที่ 400 โวลต์ และปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังได้ โดยมีค่า THDi เท่ากับ 3.50%

คำสำคัญ: โหลดไม่เป็นเชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น กระแสไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ ฮาร์โมนิก

Abstract

This paper presents an approach to improve the power factor of a single-phase AC-DC boost converter. The proposed system employs a hysteresis current controller for fast inductor current tracking and a PI voltage controller for output voltage regulation. A Genetic Algorithm (GA) is utilized to optimize the PI controller parameters. The proposed method is evaluated through MATLAB/Simulink simulations under 50% and 100% load conditions of a 400 W system. Simulation results confirm that the control scheme maintains a stable output voltage of 400 V and significantly enhances the power factor, achieving an input current THD of 3.50%.

Keywords: Non-linear Loads, Waveform Distortion, Non-sinusoidal Current, Harmonics

1. บทนำ

ปัจจุบันอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มีการควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61000-3-2 มาตรฐานนี้ได้กำหนดขีดจำกัดการปล่อยกระแสฮาร์โมนิกกระแสเข้าของอุปกรณ์ ≤ 16 แอมป์ต่อเฟส ที่อุปกรณ์สามารถปล่อยเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กระแสฮาร์โมนิกดังกล่าวเกิดจากโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Load) อาทิเช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง วงจรแปลงผันกำลัง แหล่งจ่ายสวิตชิง คอมพิวเตอร์ คุณสมบัติของโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น

เหล่านี้ ทำให้กระแสขาเข้าไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ ก่อให้เกิดมลพิษทางระบบไฟฟ้าย้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณไฟฟ้า (Harmonic Distortion) ในสายส่ง ฮาร์โมนิกในระบบไฟฟ้ากำลังก่อให้เกิดความร้อนสะสมในอุปกรณ์ไฟฟ้า การรบกวนสัญญาณควบคุมทำให้อุปกรณ์ทำงานผิดพลาด จึงจำเป็นต้องหาวิธีลดปริมาณฮาร์โมนิกที่เข้าสู่ระบบจำหน่ายรวมถึงป้องกันผลกระทบต่ออุปกรณ์และโครงข่ายไฟฟ้า

วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟสเป็นที่นิยมใช้สำหรับส่วนหน้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนและอุตสาหกรรมหลายชนิด[1] เพราะมีความเรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามกระแสไฟฟ้าขาเข้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงไม่เป็นรูปคลื่นไซน์ จึงทำให้มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำและแรงดันขาออกของไม่คงที่ขึ้นอยู่กับโหลด เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมกระแสขาเข้าให้มีรูปคลื่นสัญญาณใกล้เคียงรูปคลื่นไซน์และมีมุมเฟสตรงกับมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า “การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง (Power Factor Correction: PFC)” รวมถึงการรักษาระดับแรงดันขาออกให้คงที่อีกด้วย ซึ่งสามารถทำได้โดยการเพิ่มวงจรแปลงผันแบบทระดับแรงดัน โครงสร้างวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดัน (Single-phase AC/DC Boost Converter) นี้เป็นที่นิยมมากในบรรดาวงจรแปลงผัน PFC รูปแบบอื่น ๆ เพราะโครงสร้างไม่ซับซ้อนและสามารถควบคุมรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ วิธีการควบคุมกระแสแบบฮิสเทอรีซิสเป็นหนึ่งในรูปแบบการควบคุมกระแส วิธีการนี้มีความเรียบง่าย ความคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับฮิสเทอรีซิสมีผลการตอบสนองที่รวดเร็ว ในขณะที่รูปแรงดันจะมีลักษณะการตอบสนองคงที่ช้ากว่ารูปกระแส ทำหน้าที่รักษาแรงดันขาออก จึงนิยมใช้โครงสร้างตัวควบคุมแบบพีโอ สมรรถนะการควบคุมขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบพีโอ เพื่อให้วงจรแปลงผันแบบทระดับแรงดันที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องออกแบบค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบพีโอให้เหมาะสม

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการเสนอแนวคิดการหาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมโดยใช้เทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ ดังในเอกสารอ้างอิง [2 - 3] จากที่ได้กล่าวในข้างต้น บทความนี้จึงเสนอการปรับแต่งพารามิเตอร์ตัวควบคุมด้วยเทคนิคการค้นหาแบบเจเนติกอัลกอริทึมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง สมรรถนะการควบคุม ยืนยันด้วยผลการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรม MATLAB/Simulink ภายใต้เงื่อนไขสภาวะที่โหลด 50% และ 100% ของพิกัดวงจรแปลงผันที่ 400 วัตต์

2. วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 1 เฟสแบบทระดับแรงดันที่มีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง

วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันและโครงสร้างการควบคุมแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟส 230 Vrms 50 Hz เป็นแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ในขณะที่ตัวเหนี่ยวนำ (L) เป็นตัวเหนี่ยวนำของวงจรแปลงผันแบบทระดับแรงดันทำหน้าที่เก็บและถ่ายพลังงานไฟฟ้า สวิตช์ (SW) ทำหน้าที่เปิด-ปิด ตามสัญญาณพัลส์ที่ได้จากระบบควบคุม

การควบคุมแรงดันขาออกอาศัยตัวควบคุมแบบพีไอ ผลลัพธ์จากตัวควบคุมดังกล่าวถูกคูณกับค่าสมมูลหนึ่งหน่วยของรูปคลื่นสัญญาณไซน์ที่ได้จากขั้นตอนการวัดแรงดันที่แหล่งจ่ายเพื่อสร้างสัญญาณอ้างอิงกระแสการควบคุมกระแส ในบทความนี้ใช้วิธีการควบคุมกระแสแบบฮิสเตอร์รีซิสที่เปรียบเทียบระหว่างค่ากระแสจริงของตัวเหนี่ยวนำกับค่ากระแสอ้างอิงนำมาสร้างสัญญาณพัลส์สำหรับการควบคุมสวิตช์ของวงจรแปลงผันแบบทระดับแรงดัน

3. การควบคุมแก้ไขตัวประกอบกำลังและการออกแบบ

การควบคุมแก้ไขตัวประกอบกำลังสำหรับวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันที่แสดงตามรูปที่ 1 ประกอบด้วยรูปการควบคุมกระแสและรูปการควบคุมแรงดัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ตัวควบคุมกระแสไฟฟ้า

กระแสตัวเหนี่ยวนำจะถูกควบคุมตามรูปร่างของกระแสอ้างอิงผลต่างของกระแสอ้างอิงและกระแสตัวเหนี่ยวนำถูกเปรียบเทียบกับฮิสเตอร์รีซิสเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์สำหรับการควบคุมกระแสตัวเหนี่ยวนำของวงจรแปลงผันทระดับแรงดัน เมื่อกระแสตัวเหนี่ยวนำมากกว่ากระแสอ้างอิงไปยังขอบบนของแถบฮิสเตอร์รีซิส สวิตช์จะเปิดทำให้กระแสตัวเหนี่ยวนำลดลง ในทางกลับกันเมื่อกระแสตัวเหนี่ยวนำลดลงถึงขอบล่างของแถบฮิสเตอร์รีซิส สวิตช์จะปิดกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะเพิ่มขึ้นจนถึงขอบบนของฮิสเตอร์รีซิสอีกครั้ง ทำงานสลับกันไป ตามที่แสดงในรูปที่ 2

3.2 ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า

โครงสร้างตัวควบคุมแรงดันของระบบรูปที่ 1 สามารถพิจารณาได้ด้วยบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3 แรงดันขาออกจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงกลายเป็นสัญญาณผิดพลาด ซึ่งเป็นอินพุตของตัวควบคุมแบบพีไอ เอาต์พุตของตัวควบคุมเป็นสัญญาณกระแสอ้างอิง

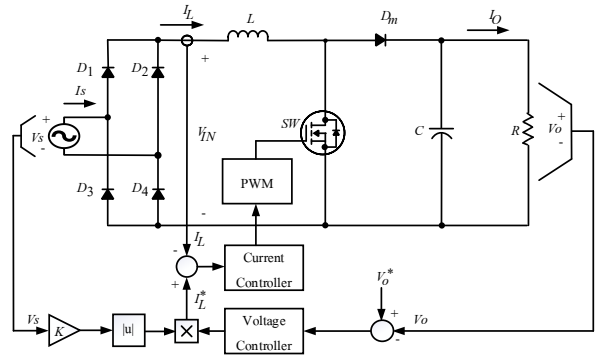
$$\text{โดยที่ } K_s = \frac{V_o}{i} \text{ และ } \tau_s = \frac{2CV_o^2}{\hat{V}_s \hat{i}_L} \text{ อ้างอิงตาม [1]} \quad (1)$$

จากแผนภาพบล็อกไดอะแกรมสามารถวิเคราะห์สมการสำหรับการออกแบบค่า K_p และ K_i ได้ดังนี้

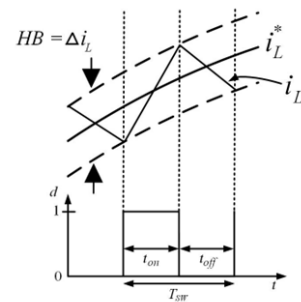
$$K_p = \frac{2CV_o}{\tau \hat{V}_s} \quad (2)$$

$$K_i = \frac{K_p}{\tau} \quad (3)$$

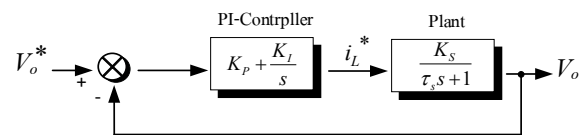
เมื่อค่า τ คือ ค่าคงที่ของเวลา



รูปที่ 1 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง



รูปที่ 2 การควบคุมกระแสแบบฮิสเตอร์รีซิส



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรม

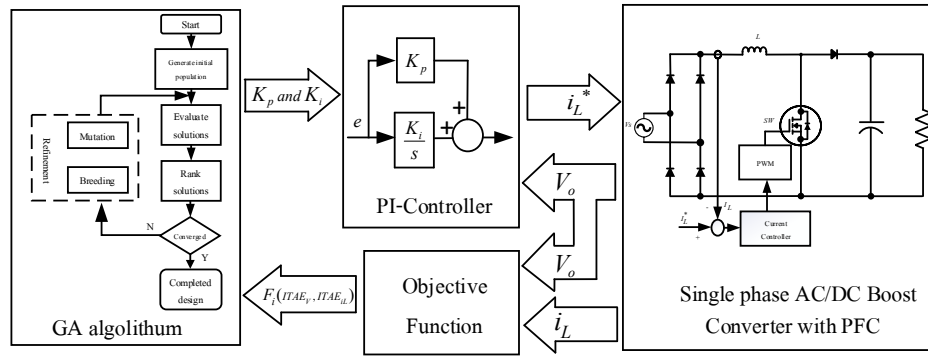
4. การออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอสำหรับแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังด้วยเทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม

ประสิทธิภาพของการควบคุมสามารถประเมินได้โดยใช้ค่าอินทิกรัลของค่าความผิดพลาดคูณด้วยเวลา (Integral of Time Multiplied by Absolute Error: ITAE) ตามสมการที่ 4 โดยทั่วไปแล้วตัวควบคุมที่มีสมรรถนะการควบคุมที่ดีจะมีค่าดัชนี ITAE ต่ำ

$$ITAE = \int_0^t t \cdot |e(t)| dt \quad (4)$$

แผนภาพบล็อกไดอะแกรมสำหรับการออกแบบตัวควบคุมแบบพีไอด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 4 ในบทความนี้ได้ใช้เพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์ K_p และ K_i เพื่อให้วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหนึ่งเฟสแบบทระดับแรงดันที่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังทำงานได้ดียิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

กระบวนการเริ่มจากการกำหนด K_p และ K_i ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม ประสิทธิภาพของการควบคุมจะถูกประเมินโดยใช้ค่าดัชนี ITAE ผ่านฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อทำการประมวลผลต่อไป



รูปที่ 4 แผนภาพบล็อกของระบบการปรับแต่งพารามิเตอร์

ค่า ITAE จะถูกจัดอันดับจากน้อยไปหามาก สำหรับตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพดีจะให้ค่า ITAE ที่ต่ำกว่าต่อนั้น ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับแต่งพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นการเลือกโครโมโซมพ่อแม่ที่มีความเหมาะสม เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูกหลานที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งจะนำมาแทนที่โครโมโซมในรุ่นก่อนหน้า เพื่อปรับปรุงประชากรให้ดีขึ้นในแต่ละรุ่น หากจำนวนรุ่นที่กำหนดล่วงหน้า ยังไม่ถึง กระบวนการจะวนกลับไปขั้นตอนการเลือกโครโมโซมใหม่อีกครั้ง และใช้โครโมโซมเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำหรับประชากรรุ่นถัดไปในกรณีที่ได้ถึงรุ่นสูงสุดที่กำหนดไว้แล้ว กระบวนการจะสิ้นสุดลง โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสม สูงที่สุดจะถือเป็นคำตอบสุดท้ายที่ดีที่สุดของระบบควบคุม ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในบทความประกอบไปด้วยการประเมินสมรรถนะการควบคุมของแรงดันควบคุมไปกับการประเมินสมรรถนะการควบคุมกระแสเป็นไปตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$W(ITAE_V, ITAE_{IL}) = \lambda_1 ITAE_V + \lambda_2 ITAE_{IL} \quad (5)$$

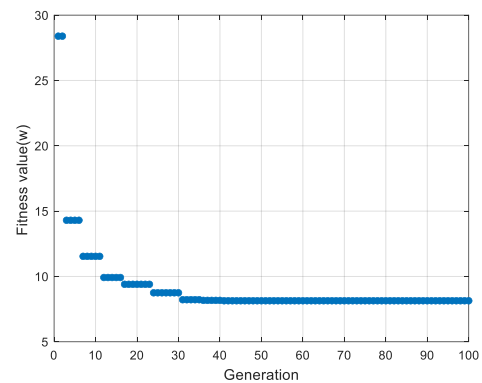
โดยที่ λ_1 และ λ_2 เป็นตัวประกอบถ่วงน้ำหนักของตัวชี้วัด $ITAE_V$ และ $ITAE_{IL}$ ตามลำดับ

5. ผลการจำลอง

การค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมแบบฟuzzy ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการแก้ไขตัวประกอบกำลังดำเนินการบนโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยใช้พารามิเตอร์ของระบบที่ใช้จำลองดังตารางที่ 1 ตัวควบคุมแบบฟuzzy ที่ได้รับการออกแบบตามหลักการดั้งเดิมมีพารามิเตอร์ $K_p = 0.0066$ และ $K_i = 0.0264$ ซึ่งใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดขอบเขตการค้นหาค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบฟuzzy โดยให้ K_p อยู่ในขอบเขตช่วง $[0.0006 - 0.06]$ และ K_i อยู่ในช่วง $[0.00264 - 0.264]$ ตามลำดับ การประเมินสมรรถนะการควบคุมกำหนดสถานการณ์ให้แรงดันไฟฟ้าขาออกอ้างอิงที่ 400 โวลต์ จากนั้นให้โหลดทางไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 100% ของพิกัด และเปลี่ยนแปลงโหลดลดลงจาก 100% เป็น 50% ของพิกัด โดยที่เจเนติกอัลกอริทึมได้กำหนดให้จำนวนรุ่น (Generation) เท่ากับ 100 จำนวนประชากร (Population) เท่ากับ 10 ความห่างของรุ่น (Generation Gap) เท่ากับ 0.5 อัตราการไขว้เปลี่ยนพันธุ์ (Crossover Rate) เท่ากับ 0.8 อัตราการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) เท่ากับ 1 แสดงในรูปที่ 5 แสดงการลู่เข้าค่าน้อยที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งพบว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยที่สุดอยู่ที่ 8.88 ผลการออกแบบตัวควบคุมแบบฟuzzy ได้พารามิเตอร์ K_p เท่ากับ 0.0586 และ K_i เท่ากับ 0.2435 ตามลำดับ

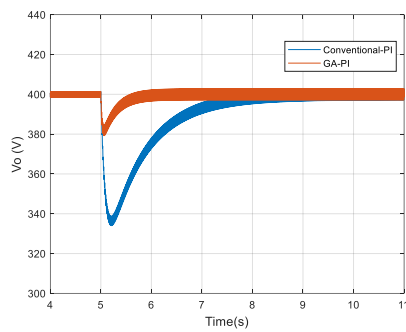
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

พารามิเตอร์	ค่า
กำลังไฟฟ้าขาออก (P_o)	400 W
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_s)	220 V _{rms}
แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_o)	400 V
ตัวเหนี่ยวนำ (L)	15 mH
ตัวเก็บประจุ (C)	680 μ F
แถบแบนฮิสเตอร์ซิส	2 mA

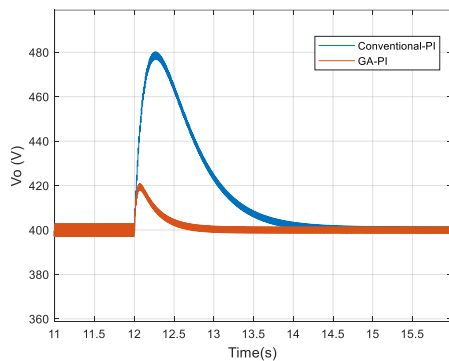


รูปที่ 5 การลู่เข้าค่าน้อยที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

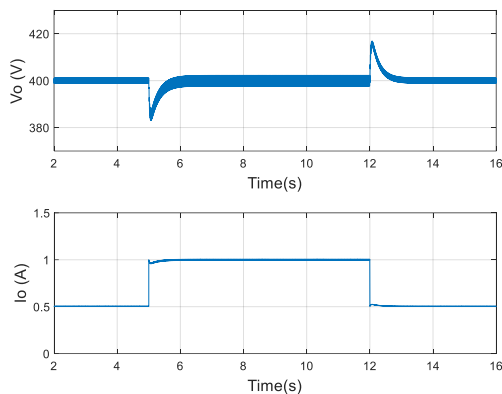
ผลการจำลองสถานการณ์ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมในสภาวะชั่วคราวของแรงดันไฟฟ้าขาออกที่กำหนดแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่ 400 โวลต์ และโหลดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงแบบทันทีทันใดแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ ในรูปที่ 6 แสดงผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 50% เป็น 100% ของพิกัด เปรียบเทียบสมรรถนะการควบคุมระหว่างตัวควบคุมที่ได้รับการออกแบบตามหลักการแบบดั้งเดิม (Conventional-PI) กับ ตัวควบคุมฟuzzy ที่ออกแบบด้วยวิธีที่นำเสนอ (GA-PI) พบว่า ตัวควบคุมที่ออกแบบจากทั้ง 2 วิธี สามารถรักษาแรงดันขาออกให้คงที่ที่ 400 โวลต์ ได้ แต่อย่างไรก็ตามที่เวลา 5 วินาที โหลดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าแรงดันขาออกของตัวควบคุม GA-PI ให้ประสิทธิภาพที่ดีอย่างเห็นได้ชัด โดยมีการฟุ้งและเวลาเข้าที่ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวควบคุม Conventional-PI ในขณะที่รูปที่ 7 แสดงผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงลดลงแบบทันทีทันใดจาก 100% เป็น 50% ของพิกัด พบว่าตัวควบคุม GA-PI ยังคงมีการตอบสนองที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับตัวควบคุม Conventional-PI



รูปที่ 6 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกขณะโหลดเปลี่ยนแปลงขึ้นจาก 50% เป็น 100% ของพิกัด



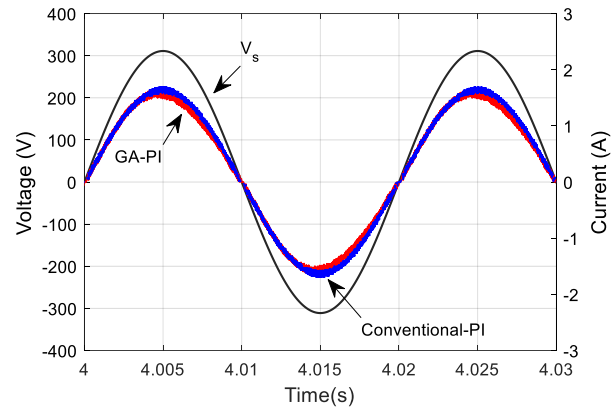
รูปที่ 7 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าขาออกขณะโหลดเปลี่ยนจาก 100% ไปยัง 50% ของพิกัด



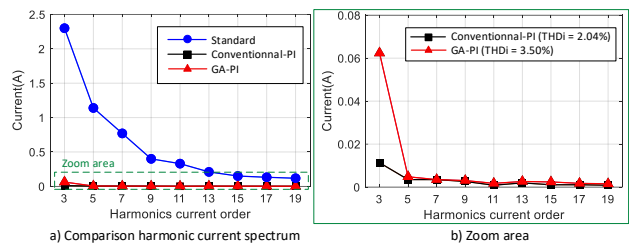
รูปที่ 8 ผลตอบสนองแรงดันและกระแสไฟฟ้าขาออกเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงของตัวควบคุมที่นำเสนอ

ผลตอบสนองแรงดันและกระแสขาออกขณะโหลดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงของตัวควบคุม GA-PI แสดงในรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงกระแสขาออกมีค่าเพิ่มและลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดในขณะที่แรงดันขาออกมีค่าคงที่ที่ 400 โวลต์

ผลตอบสนองในสภาวะคงตัวที่ค่าพิกัดของแรงดันและกระแสไฟฟ้าขาเข้าเปรียบเทียบกับระหว่างตัวควบคุม Conventional-PI กับ GA-PI แสดงในรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่ารูปสัญญาณกระแสขาเข้าของตัวควบคุมทั้งคู่เป็นรูปคลื่นไซน์และมีมุมเฟสตรงกับมุมเฟสของแรงดันขาเข้าและมีค่าความผิดเพี้ยนของกระแสฮาร์มอนิกแต่ละอันดับต่ำกว่ามาตรฐาน โดยมีค่า THDi จากตัวควบคุม Conventional-PI และ GA-PI อยู่ที่ 2.04% และ 3.50% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 แรงดันและกระแสไฟฟ้าขาเข้า



รูปที่ 10 เปรียบเทียบอันดับกระแสฮาร์มอนิกภายใต้มาตรฐาน IEC 61000-3-2 standard (Class A)

6. สรุป

บทความได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิคอัลกอริทึม ซึ่งเป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์สำหรับการปรับแต่งพารามิเตอร์ตัวควบคุมของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบทระดับแรงดันหนึ่งเฟสที่มีการแก้ไขตัวประกอบกำลัง การปรับแต่งพารามิเตอร์นี้มุ่งเน้นที่ตัวควบคุมแรงดัน ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบพีไอ ผลตอบสนองของระบบที่จำลองถูกประเมินประสิทธิภาพการควบคุมผ่านฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบหลายตัวแปรบนพื้นฐานค่าอินทิกรัลของค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับวิธีแบบดั้งเดิม ในขณะที่ค่า THDi ของวิธีที่นำเสนอมีค่ามากกว่าวิธีแบบดั้งเดิมเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามค่า THDi ของวิธีที่นำเสนอ ยังคงอยู่ภายใต้ค่าที่มาตรฐาน IEC 61000-3-2 standard (Class A) กำหนด

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Chotiwattanatrakul, P. Liutanakul and N. Wiwatcharagoses, "Simplify and automate the boost converter design regarding mode of controller and feedforward technique," 2017 International Electrical Engineering Congress (IEECON), Pattaya, Thailand, 2017, pp. 1-4
- [2] M. S. Ali, L. Wang, H. Alquhayz, O. U. Rehman, and G. Chen, "Performance Improvement of Three-Phase Boost Power Factor Correction Rectifier Through Combined Parameters Optimization of Proportional-Integral and Repetitive Controller," *IEEE Access*, vol. 9, 2021, pp. 58893 – 58909
- [3] A. Kessal and L. Rahmani, "Ga-Optimized Parameters of Sliding-Mode Controller Based on Both Output voltage and Input Current With an Application in the PFC of AC/DC Converters," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, 2014, pp. 3159 - 3165