การลดความผิดเพี้ยนกระแสอินพุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ตัวควบคุมแบบเรโซแนนซ์

Reducing an Input Current Distortion of An AC/DC Converter Using a Resonant Controller

พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
pisit.w@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมแบบเรโซแนนซ์สำหรับการลดความผิดเพี้ยนกระแสอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง ตัวควบคุมแบบเรโซแนนซ์ถูกใช้เพื่อขจัดการกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตออกจากสัญญาณป้อนกลับของลูปการควบคุมแรงดันเอาต์พุต ตัวควบคุมชนิดสัดส่วนอินทิกรัลถูกใช้เพื่อการควบคุมแรงดันเอาต์พุตและตัวควบคุมชนิดฮีสเตอร์รีซิสถูกใช้ควบคุมกระแสอินพุตของวงจรแปลงผันให้เป็นรูปคลื่นไซน์และมีเฟสตรงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ด้านอินพุต เทคนิคที่นำเสนอถูกตรวจสอบโดยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์และคุณสมบัติวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงคือ วงจรแบบชุคพิกัดกำลังเอาต์พุต 250 W และแรงดันเอาต์พุต 48 V จากผลการจำลองระบบที่นำเสนอมีฮาร์มอนิกกระแสอินพุตที่ต่ำกว่าวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงที่มีลูปการป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตแบบเดิม

คำสำคัญ: ตัวควบคุมชนิดเรโซแนนซ์ วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

Abstract

This paper presents an application of a resonant controller for reducing an input current distortion of an AC/DC converter. A resonant controller is used to reject the output voltage ripple from a feedback signal of the output voltage-control loop. The proportional integral controller is used for controlling the output voltage and a hysteresis current controller is used to control the input current of the converter to be a sinusoidal wave form and in phase with an input ac line voltage. The proposed technique was verified by computer simulation and the AC/DC converter specification is a CUK topology with 250W output power and 48V output voltage. From the simulation results, the proposed system has lower input current harmonic than the AC/DC converter with the conventional output voltage feedback loop.

Keyword: resonant controller, AC/DC converter

1. บทนำ

วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังเป็นงานวิจัยที่ทำกันอย่างกว้างขวาง [1]-[3] โดยพื้นฐานจะมีลูปการควบคุมลูปนอกเป็นการควบคุมแรงดันเอาต์พุตวงจรให้ได้ระดับแรงดันไฟตรงตามที่ต้องการและลูปควบคุมภายในเป็นลูปการควบคุมกระแสด้านอินพุตของวงจรให้มีรูปคลื่นแบบไซน์ที่มีเฟสตรงกันกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านอินพุตซึ่งทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าใกล้เคียงหนึ่ง ในการควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรจะต้องออกแบบให้ระบบวงเปิดมีค่าความถี่ตัดข้าม (Crossover Frequency) มีค่าประมาณ 10-15 Hz เพราะหากเกินกว่านี้กระแสด้านอินพุตของวงจรจะมีความผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดฮาร์มอนิกส์ของกระแสด้านอินพุตของวงจรเพิ่มขึ้นนั่นเอง แต่ถ้าหากออกแบบให้ค่าความถี่ตัดข้ามของระบบวงเปิดมีค่าต่ำก็จะส่งผลต่อความเร็วในการควบคุมแรงดันเอาต์พุตโดยเฉพาะกรณีที่เกิดการเปลี่ยนโหลดแบบทันทีทันใด ที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอเทคนิคการควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้มีผลตอบสนองที่รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลด โดยในงานวิจัย [2] นำเสนอเทคนิคที่เรียกว่าการสมดุลกำลังไฟฟ้าหรือในมุมมองของเทคนิคการควบคุม วิธีการนี้เป็นการควบคุมแบบป้อนไปหน้า (Feed Forward Control) กล่าวคือมีการวัดปริมาณที่ถือว่าเป็นสิ่งรบกวนระบบ (Disturbance) ซึ่งก็คือกระแสของโหลดที่เอาต์พุตวงจร อย่างไรก็ดีแม้วิธีการนี้จะให้มีผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตที่รวดเร็วก็ตามแต่จะต้องมีการเพิ่มเซนเซอร์สำหรับวัดค่ากระแสโหลด ในงานวิจัย [3] ได้นำเสนอวิธีการอ่านค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยเพิ่มส่วนการตรวจจับจุดตัดศูนย์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านอินพุตและใช้เป็นฐานเวลาในการอ่านค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเพื่ออ่านค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุต แม้ว่าการออกแบบตัวควบคุมจะทำให้ค่าความถี่ตัดข้ามของระบบวงเปิดมีค่ามากกว่า 15 Hz ก็ตามแต่รูปคลื่นกระแสด้านอินพุตของวงจรจะมีความผิดเพี้ยนต่ำกว่าวิธีการควบคุมแบบเดิม [1] นอกจากนั้นยังมีอีกหลายงานวิจัย [4]-[5] พยายามที่จะหาวิธีการลดผลของการกระเพื่อมแรงดันเอาต์พุตต่อลูปการควบคุมแรงดันด้วยวิธีการขจัดการกระเพื่อมแรงดันเอาต์พุตออกจากสัญญาณป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตซึ่งวิธีการเหล่านี้จะต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อนและอาจต้องใช้พารามิเตอร์ของวงจรในสมการที่ใช้ในการคำนวณเช่น คาปาซิเตอร์ที่เอาต์พุตวงจรกรองแรงดันเอาต์พุต เป็นต้น ซึ่งค่าอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการคำนวณค่าแรงดันกระเพื่อมนี้อาจส่งผลต่อความแม่นยำในการคำนวณค่าแรงดันกระเพื่อมที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงได้

ในบทความนี้ได้นำแนวคิดของตัวควบคุมแบบเรโซแนนซ์ [6]-[7] มาใช้เป็นตัวกรองสัญญาณป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อให้ได้เฉพาะส่วนที่เป็นแรงดันกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตและเมื่อนำค่าแรงดันกระเพื่อมนี้มาหักล้างออกจากแรงดันเอาต์พุตจริงก็จะได้ค่าสัญญาณป้อนกลับในลูปการควบคุมแรงดันเอาต์พุตที่เป็นค่าแรงดันเฉลี่ย

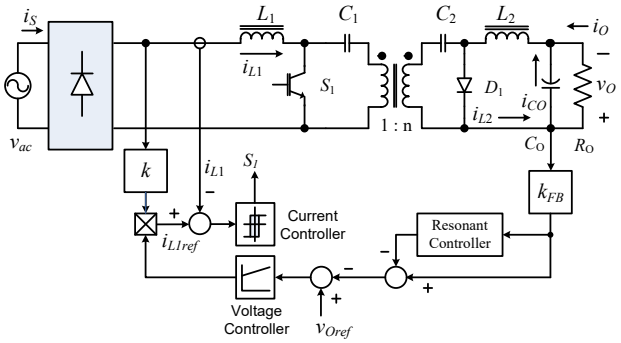
2. วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

2.1 โครงสร้างระบบ

ระบบที่นำเสนอประกอบด้วยวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงที่ใช้วงจรแบบชุคและใช้หม้อแปลงความถี่สูงในการแยกโดดระหว่างโหลดและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ลูปการควบคุมแรงดันเอาต์พุตใช้ตัวควบคุมชนิดพีไอและลูปการควบคุมกระแสอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ตัวควบคุมแบบฮีสเตอร์รีซิส ส่วนสัญญาณป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตจะผ่านตัวควบคุมชนิดเรโซแนนซ์เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ไม่มีส่วนของการกระเพื่อมของแรงดันโดยโครงสร้างของระบบที่นำเสนอแสดงดังในภาพที่ 1

2.2 ส่วนวัดแรงดันเอาต์พุต

ในระบบที่นำเสนอใช้ตัวควบคุมเรโซแนนซ์ทำหน้าที่ในการกรองแรงดันอินพุตให้ได้สัญญาณเฉพาะของส่วนแรงดันเอาต์พุตที่เป็นการกระเพื่อม โดยฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมเรโซแนนซ์แสดงดังสมการที่ (1)



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบที่นำเสนอ

$$G_R(s) = \frac{2K_r\omega_b s}{s^2 + 2\omega_b s + \omega_o^2} \qquad (1)$$

เมื่อ ω_o คือค่าความถี่เรโซแนนซ์ (เรเดียน/วินาที)

ω_b คือแบนด์วิดท์ตัวควบคุมรอบจุดเรโซแนนซ์ (เรเดียน/วินาที)

K_r คืออัตราขยายเรโซแนนซ์

ในการเลือกพารามิเตอร์ตัวควบคุมเรโซแนนซ์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันเอาต์พุตนั้นจะเลือกค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับค่าความถี่ของการกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยในที่นี้ความถี่การกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตมีค่า 100 Hz ส่วนค่าแบนด์วิดท์ของตัวควบคุมเรโซแนนซ์เลือกค่าเท่ากับ 1 Hz สำหรับอัตราขยายเรโซแนนซ์ K_r จะใช้ในการปรับอัตราขยายของตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตที่มีขนาดถูกต้อง โดยผลของอัตราขยาย K_r แสดงด้วยโบดพล๊อตของตัวควบคุมเรโซแนนซ์ดังภาพที่ 2

2.3 การควบคุมแรงดันเอาต์พุต

การควบคุมแรงดันเอาต์พุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบชุดโดยการเขียนฟังก์ชันถ่ายโอนของแรงดันเอาต์พุตต่อกระแสตัวเหนี่ยวนำด้านอินพุต i_{L_1} $G_P(s)$ ดังในสมการ (2)

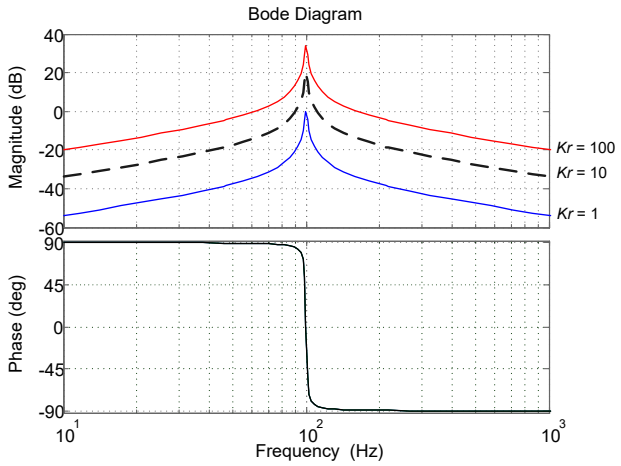
$$G_P(s) = \frac{\overline{V}_g}{\sqrt{2}\overline{V}_O} \cdot \frac{R_O}{R_O C_O s + 1} \qquad (2)$$

เมื่อ $\overline{V}_g$ คือค่ายอดของแรงดันไฟสลับด้านอินพุตวงจร (V)

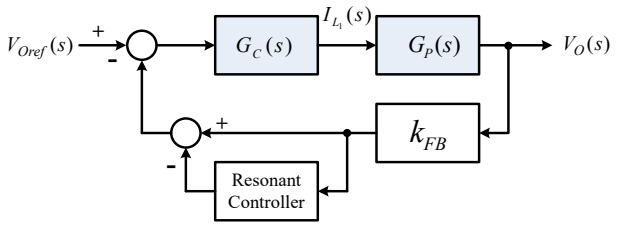
$\overline{V}_O$ คือค่าแรงดันเอาต์พุตที่สภาวะคงตัว (V)

R_O คือค่าความต้านทานของโหลดที่พิกัด (Ω)

C_O คือค่าความจุของตัวเก็บประจุด้านเอาต์พุต (F)



ภาพที่ 2 โบดพล๊อตของตัวควบคุมเรโซแนนซ์



ภาพที่ 3 ไดอะแกรมการควบคุมแรงดันเอาต์พุต

ในบทความนี้ใช้ตัวควบคุมพีไอเป็นตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตโดยมีฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมพีไอแสดงดังสมการที่ (3) และเขียนไดอะแกรมระบบควบคุมดังภาพที่ 3

$$G_C(s) = K_P + \frac{K_I}{s} \qquad (3)$$

เมื่อ K_P คือค่าอัตราขยายเทอมสัดส่วน

K_I คือค่าอัตราขยายเทอมอินทิกรัล

จากระบบควบคุมแรงดันเอาต์พุตในภาพที่ 3 จะละเลยส่วนของการควบคุมกระแสโดยสมมติว่าการควบคุมกระแสนั้นกระแสที่เกิดขึ้นสามารถติดตามค่าคำสั่งกระแสได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งค่าคำสั่งกระแสนั้นจะได้จากตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงนั่นเอง การออกแบบตัวควบคุมพีไอเพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตจะใช้วิธีการออกแบบเชิงความถี่โดยกำหนดค่าความถี่ตัดข้ามของระบบควบคุมแรงดันวงเปิดมีค่าเท่ากับ 10-15 Hz เพื่อไม่ให้กระแสด้านอินพุตของวงจรเกิดการผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณไซน์ และกำหนดค่ามุมเผื่อเฟสให้มีค่าเท่ากับ 70 องศา

เพื่อไม่ให้เกิดการพุ่งเกินของแรงดันมากไปกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลดแบบทันที

3. ผลการจำลองระบบที่นำเสนอ

เพื่อตรวจสอบแนวคิดที่นำเสนอจะใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการจำลองระบบโดยวงจรภาคกำลังมีค่าอุปกรณ์และคุณสมบัติดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติวงจรภาคกำลัง

แรงดันอินพุต V_{ac}	220 Vrms
แรงดันเอาต์พุต V_O	48 V
ค่าพิกัดกำลัง	250 W
ค่าตัวเหนี่ยวนำอินพุต L_1	3 mH
ค่าตัวเหนี่ยวนำเอาต์พุต L_2	1 mH
C_1, C_2	0.68 μF
C_O	22,000 μF
k_{FB}	1/12

ในส่วนตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตได้ทำการคำนวณค่าตัวควบคุมโดยกำหนดให้มีมุมเผื่อเฟสของระบบวงเปิด $k_{FB}G_C(s)G_P(s)$ เท่ากับ 70 องศาและค่าความถี่ตัดข้าม 10, 15, 20 และ 30 Hz โดยพารามิเตอร์ตัวควบคุมที่คำนวณได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ตัวควบคุมที่ใช้ในการจำลอง

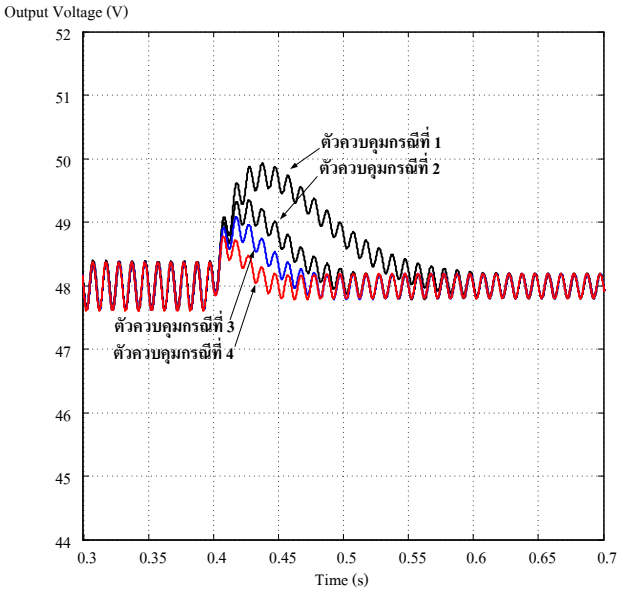
ตัวควบคุมกรณีที่	ความถี่ตัดข้าม	มุมเผื่อเฟส	ตัวควบคุม	
			K_P	K_I
1	10 Hz	70°	3.49	61.0
2	15 Hz	70°	5.19	149.83
3	20 Hz	70°	6.89	277.54
4	30 Hz	70°	10.29	649.64

สำหรับตัวกรองแรงดันกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงนั้นจะใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนของตัวควบคุมเรโซแนนซ์ดังในสมการที่ (1) โดยกำหนดพารามิเตอร์คือ ความถี่เรโซแนนซ์ เท่ากับ 100 Hz แบนด์วิดท์ตัวควบคุมรอบจุดเรโซแนนซ์เท่ากับ 1 Hz และอัตราขยายตัวควบคุมเรโซแนนซ์ K_r เท่ากับ 1

การจำลองจะทำการเปรียบเทียบผลการทำงานของระบบควบคุมกรณีใช้ตัวกรองสัญญาณเรโซแนนซ์ในลูปของการป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตกับกรณีที่ไม่ได้ใช้ตัวกรองสัญญาณ

3.1 ผลการจำลองที่สภาวะชั่วขณะ

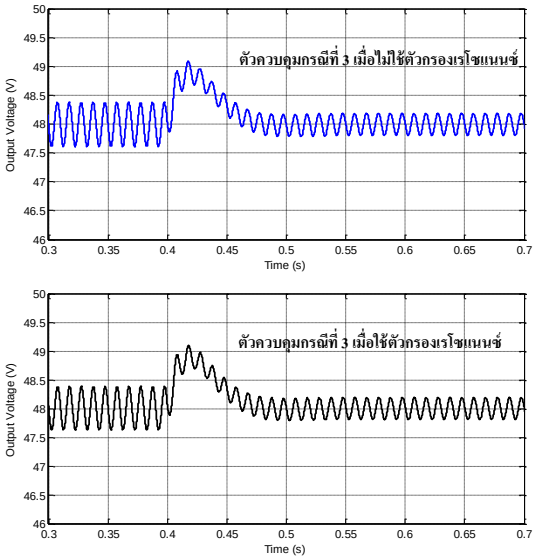
การจำลองในสภาวะชั่วขณะจะทำการเปลี่ยนโหลดที่เอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบชุคจากโดยเปลี่ยนค่าโหลดระหว่างค่าพิกัดและค่าโหลดที่ครึ่งหนึ่งของค่าที่พิกัด ในภาพที่ 4 เป็นผลการจำลองที่แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตเมื่อมีการลดกำลังของโหลดลงครึ่งหนึ่งของค่าพิกัดโดยในภาพแสดงผลตอบสนองการควบคุมกรณีใช้ตัวควบคุมกรณีที่ 1-4 ดังในตารางที่ 2 โดยไม่ใช้ตัวกรองสัญญาณเรโซแนนซ์



ภาพที่ 4 ผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยตัวควบคุมที่ 1-4 โดยไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์

จากผลการจำลองในภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมที่ออกแบบโดยกำหนดค่าความถี่ตัดข้ามของระบบวงเปิดสูงกว่าจะให้ผลตอบสนองการควบคุมที่รวดเร็วกว่า เพื่อให้เห็นผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตทั้งกรณีมีการใช้และไม่มีการใช้ตัวกรองสัญญาณเรโซแนนซ์จึงทำการจำลองผลการควบคุมโดยเลือกพารามิเตอร์ตัวควบคุมกรณีที่ออกแบบให้

ระบบวงเปิดมีค่าความถี่ตัดข้ามเท่ากับ 20 Hz ดังในภาพที่ 5 ซึ่งจากผลการจำลองพบว่าหากพารามิเตอร์ตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตเหมือนกันการใช้หรือไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์นี้จะไม่มีผลต่อผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

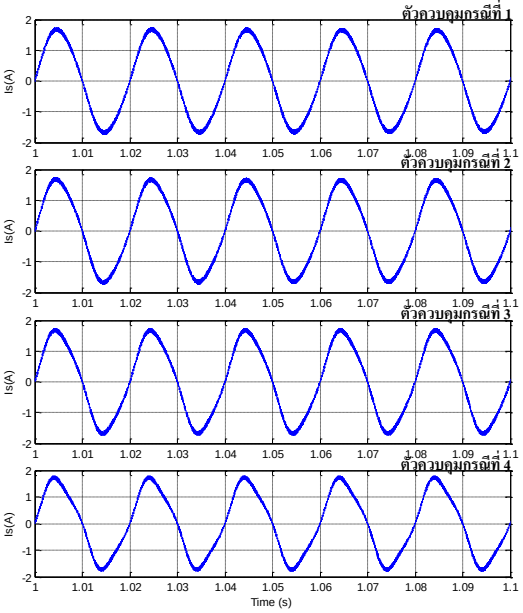


ภาพที่ 5 ผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตกรณีใช้และไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์

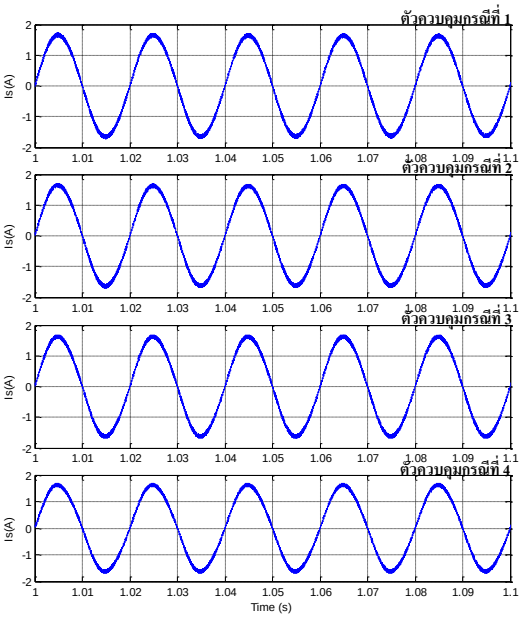
อย่างไรก็ตามการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงกรณีไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์การเลือกความถี่ตัดข้ามของระบบควบคุมวงเปิดจะไม่สามารถเลือกค่าที่สูงมากเพราะจะทำให้รูปคลื่นกระแสด้านอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงมีค่าผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณไซน์นั่นคือมีการแสฮาร์มอนิกด้านอินพุตเพิ่มขึ้น

3.2 ผลการจำลองที่สภาวะคงตัว

ในหัวข้อนี้จะเป็นผลการจำลองการควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบชุดโดยจะพิจารณาผลการควบคุมที่สภาวะคงตัวที่เกิดขึ้นกับกระแสด้านอินพุตของวงจรโดยโหลดของวงจรมีค่าเท่ากับพิกัด ในภาพที่ 6 เป็นกระแสอินพุตวงจรกรณีที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมที่ 1-4 ดังในตารางที่ 2 ซึ่งผลการจำลองยืนยันแนวคิดของการออกแบบตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตโดยเลือกค่าความถี่ตัดข้ามของระบบวงเปิดอยู่ในช่วง 10-15 Hz ซึ่งจากรูปพบว่ากระแสอินพุตกรณีใช้ตัวควบคุมแรงดันตัวควบคุมที่ 1 และ 2 จะไม่เกิดการผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตอย่างชัดเจน แต่ถ้าความถี่ตัดข้ามที่เลือกมีค่าสูงขึ้นความผิดเพี้ยนของกระแสอินพุตก็จะยิ่งมากขึ้นตาม เพื่อแสดงผลการทำงานของตัวกรองเรโซแนนซ์จึงได้ทำการจำลองระบบควบคุมวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงโดยมีการใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์ในลูปสัญญาณป้อนกลับเพื่อกรองแรงดันกระเพื่อมของแรงดันเอาต์พุตออก



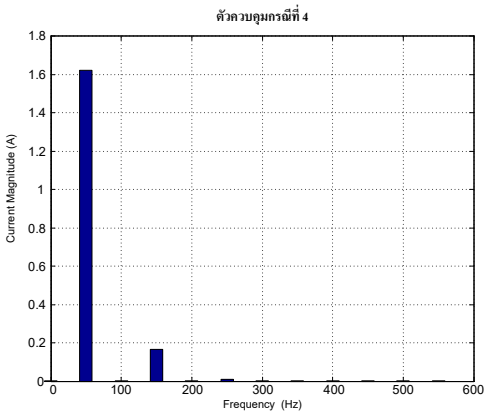
ภาพที่ 6 กระแสอินพุตวงจรเมื่อควบคุมด้วยตัวควบคุมที่ 1-4 โดยไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์



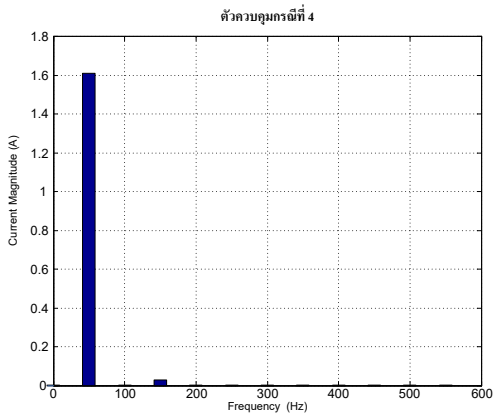
ภาพที่ 7 กระแสอินพุตวงจรเมื่อควบคุมด้วยตัวควบคุมที่ 1-4 โดยใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์

ภาพที่ 7 เป็นกระแสอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเมื่อใช้ตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตทั้ง

4 กรณีในตารางที่ 2 ซึ่งผลการจำลองพบว่าแม้ค่าความถี่ตัดข้ามที่เลือกใช้จะมีค่าสูงกว่า 15 Hz ก็ตามรูปคลื่นกระแสอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงก็ยังคงมีลักษณะรูปคลื่นเป็นสัญญาณไซน์ไม่ผิดเพี้ยนอย่างเช่นในผลการจำลองตามรูปที่ 6 เพื่อให้เห็นความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงในกรณีที่มีตัวกรองเรโซแนนซ์และไม่มีตัวกรองเรโซแนนซ์จึงได้ทำการพล๊อตฮาร์มอนิกของกระแสด้านอินพุตในสภาวะคงตัวโดยมีโหลดเท่ากับค่าพิกัดกำลังซึ่งในภาพที่ 8 เป็นฮาร์มอนิกกระแสอินพุตของวงจรกรณีที่ไม่มีตัวกรองเรโซแนนซ์และภาพที่ 9 เป็นฮาร์มอนิกกระแสอินพุตวงจรกรณีที่มีตัวกรองเรโซแนนซ์ โดยพบว่ากรณีใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์จะมีฮาร์มอนิกกระแสอินพุตที่ต่ำกว่าแบบไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์



ภาพที่ 8 ฮาร์มอนิกกระแสอินพุตวงจรเมื่อใช้ตัวควบคุมกรณีที่ 4 โดยไม่ใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์



ภาพที่ 9 ฮาร์มอนิกกระแสอินพุตวงจรเมื่อใช้ตัวควบคุมกรณีที่ 4 และใช้ตัวกรองเรโซแนนซ์

4. สรุปผล

จากผลการจำลองการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมเรโซแนนซ์ทำหน้าที่กรองแรงดันกระเพื่อมของสัญญาณป้อนกลับแรงดันเอาต์พุตของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงทำให้ลูปควบคุมแรงดันเอาต์พุตไม่มีสัญญาณกระเพื่อมปนอยู่ ส่งผลให้คำสั่งกระแสอินพุตวงจรไม่มีความถี่อื่นปะปนนอกจากความถี่มูลฐานที่มีค่าเท่ากับ 50 Hz ดังนั้นกระแสด้านอินพุตของวงจรจึงเป็นรูปคลื่นไซน์ที่มีความผิดเพี้ยนต่ำกว่ากรณีการป้อนกลับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตด้วยวิธีการเดิม นอกจากนั้นยังทำให้การออกแบบตัวควบคุมแรงดันเอาต์พุตสามารถกำหนดความถี่ตัดข้ามของระบบวงเปิดให้มีค่าที่สูงขึ้นเพื่อได้ผลตอบสนองการควบคุมแรงดันเอาต์พุตที่รวดเร็วขึ้นโดยไม่เกิดความผิดเพี้ยนของกระแสด้านอินพุต

5.เอกสารอ้างอิง

[1] Viboon, C., Yutthana, K., Uthen, K.: "Distributed control system for a parallel-connected AC/DC converters", IET Power Electron., 2013, 6,(3), pp. 446–456

[2] Kamnarn, U.; Chunkag, V.; "Power Balance Control Technique of the Modular Three-Phase AC to DC Converter with Fast Transient Response"ARTICLE Electric Power Systems Research, Volume 77, Issue 12, October 2007 , Pages .1594-1585

[3] P. Wisutmetheekorn, V. Chunkag, "DSP Based Control Implementation of an AC/DC Converter with Improved Input Current Distortion," Advances in Electrical and Computer Engineering, vol.11, no.2, pp.87-94, 2011, doi:10.4316/AECE.2011.02014

[4] S.Somkun, P. Sehakul and V. Chunkag, "Novel control Technique of Single-Phase PWM Rectifier by Compensating Output Ripple Voltage," *2005 IEEE International Conference on Industrial Technology*, Hong Kong, 2005, pp. 969-974.

[5] เจษฎา เจริญเกียรติตรัย, อุเทน คำน่าน และ วิบูลย์ ชื่นแขก, "การปรับปรุงค่าความผิดเพี้ยนโดยรวมของกระแสด้านเข้า ของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยการกำจัดผลของแรงดันกระเพื่อมในวงปิดแรงดัน", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 36 (EE-CON36), จ.กาญจนบุรี,11-13 ธันวาคม 2556, หน้า 403-406.

[6] D. Zammit, C. Spiteri Staines and M. Apap,"Comparison between PI and Current Controllers in Grid Connected PV Inverters",International Journal of Electrical Computer Electronics and Communication Engineering, vol. 8, no. 2, pp.244-229,2014

[7] N. Zhang, H. Tang and C. Yao, " A systematic method for designing a PR controller and active damping of the LCL filter for single-phase grid-connected PV inverters" *Energies*, vol. 7, no. 6, pp. 3934-3954, Jun. 2014.