



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14
The 14th Electrical Engineering Network 2022

EENET 2022

25-27 MAY 2022 Hilton Phuket Arcadia Resort & Spa, Phuket

CONFERENCE TOPICS

1. Electrical Power (PW)
2. Electronics, Circuit and Communication (EC)
3. Power Electronics (PE)
4. Computer and Information Technology (CP)
5. Control Systems and Instrumentation (CT)
6. Digital Signal Processing (DS)
7. Energy and Energy Saving (ES)
8. Innovation and Invention (IN)
9. General Electrical Engineering (GN)
10. Special Session on Electrical Engineering (SS)

PE-306	ผลกระทบของการเริ่มหมุนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบนิ่มนวลที่ส่งผลต่อแรงบิดแม่เหล็ก วีระ ธัญยาภิรักษ์ สุริยา แก้วอาษา วิจิตร กิณเรศ และ อานันท์วัฒน์ คุณากร	145
PE-308	การจำลองวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสทดสอบกับโหลดแบบพาสซีฟ ที่ใช้การปรับความถี่ในการสวิตช์ สันติสุข สว่างกล้า และ ประสพโชค โห้ทองคำ	149
PE-310	การออกแบบและปรับปรุงวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าสำหรับปรับเปลี่ยนความสว่างของหลอดแอลอีดี บุญช่วย เจริญผล และ อภิราช รัตนอุดมพิสุทธิ	153
PE-311	การประยุกต์ใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์อนุกรมชนิดครึ่งบริดจ์ในการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ สำหรับงานเปลี่ยนตลับลูกปืนมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ สามารถ ยะเชียงคำ จักรพันธ์ โท่นรุ่งช้าง ชาญณรงค์ โกมิทร์ ชาญยุทธ์ กาญจนพิบูลย์ สุชาติ จันทร์จรมานิตย์ เอกชัย ชัยดี ศุภลักษณ์ ศรีตา อุเทน คำน่าน และ อนนท์ นำอิน	157

บทความรับเชิญ

CP-416	การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการย้อมสีธรรมชาติด้วยสารประจุบวกและบำบัดน้ำทิ้ง ด้วยวิธีการตกตะกอนทางไฟฟ้าสำหรับผลิตภัณฑ์ผ้าฝ้ายทอมือ ญาณิศา โกมลสิริโชค สราวุธ อินสุวรรณ สุริยนต์ สูงคำ จีรวรรณ แซ่เล่า และ นพพร พัชรประภิติ	161
CP-401	ระบบตรวจวัดและควบคุมคุณภาพน้ำผ่านแพลตฟอร์มไอโอที สมมาตร พรหมพุด และ ขวลิต ปัญญาอิสระ	169
CP-402	การประยุกต์เทคโนโลยีไอโอทีสำหรับควบคุมพีแอลซีแบบเรียลไทม์ด้วยเว็บแอปพลิเคชัน สมมาตร พรหมพุด และ นพรุจ เขียวนาค	173
CP-405	ระบบการเข้าห้องพักและบริการของโรงแรมด้วยคิวอาร์โค้ด ปิยพล ยืนยงสถาวร และ ยุพดี หัตถสิน	177
CP-406	Program Development for Condition Assessment of Power Transformer Using Dissolved Gas Analysis Methods Ekkachai Chaidee and Kamonlak Chaidee	181
CP-407	แอปพลิเคชันจำลองสภาพแวดล้อมสำหรับการออกกำลังกายบนอุปกรณ์มือถือผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง สาธิษฐ์ หงษ์ซัง ชโยชา ขวลิตสุวรรณ และ ภาสพิชญ์ ชูใจ	185
CP-408	หุ่นยนต์เคลื่อนที่ติดตามบุคคลบนพื้นฐานการตรวจหาวัตถุ ประดับ แยมแสง ธาณี สมวงศ์ และ บรรจบ แสนเจริญ	189
CP-410	การจำแนกชนิดของมะม่วงจากใบโดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันแนล ณรงค์ เมตไตรพันธ์ หิรัญกฤษฏ์ โสตุร์ตัน และ ณัฐพล อุ๋นยัง	193



การจำลองวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสทดสอบกับโหลดแบบพาสซีฟ ที่ใช้การปรับความถี่ในการสวิตช์

Simulation of AC-AC Matrix Converter with Tested the Passive Loads using Adjusting the Switching Frequency

สันติสุข สว่างกล้า¹ และ ประสพโชค ให้ทองคำ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 0-2457-0068 E-mail: santisuk@siam.edu

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

96 หมู่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม โทรศัพท์ 0-2441-6000 E-mail: prasopchok.hot@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ทำการแปลงผันแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแบบไซน์ซอชอยดอลหนึ่งเฟสไปเป็นแรงดันไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่สามารถปรับค่าได้ ซึ่งได้ทำการจำลองกับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยมีการปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ด้วย เพื่อดูสมรรถนะของวงจร ในการจำลองได้ทำการวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านอินพุตและเอาต์พุตรวมทั้งค่าฮาร์มอนิกและ THD ที่ค่าความถี่ในการสวิตช์ที่เปลี่ยนไปด้วย

คำสำคัญ: เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์, เอซี-เอซี คอนเวอร์เตอร์, พีดีบีบลิวเอ็มคอนเวอร์เตอร์

Abstract

This paper presents a single-phase AC-AC matrix converter that convert the utility single-phase sinusoidal supply voltage into a single-phase variable output voltage. The results are the simulation with MATLAB/Simulink program and tested with the resistor series with the inductor. The switching frequency can be adjusted for the monitor of the performance of this converter. Waveforms of input and output voltages and currents of the Single-phase AC-AC matrix converter are observed. Moreover, the harmonic analysis and total harmonic distortion (THD) are measured for various the switching frequency.

Keywords: Matrix Converter, AC-AC converter, PWM converter

1. บทนำ

วงจรเอซีทูเอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับอินพุตหนึ่งเฟสเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเอาต์พุตหนึ่งเฟสโดยตรง ซึ่งมีงานวิจัยแพร่หลายมากมาย แต่ยังไม่

สามารถที่จะทำการปรับความถี่เอาต์พุตได้หลากหลาย โดยวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์สามารถประยุกต์ใช้ในงานได้มากมายหลายด้าน ดังเช่นในงานวิจัยต่างๆ [1-8] ทั้งที่สามารถปรับความถี่ได้และไม่ได้แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่สามารถปรับความถี่เอาต์พุตได้โดยจะทำการจำลองวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสกับโหลดแบบพาสซีฟที่สามารถปรับค่าความถี่เอาต์พุตได้ รวมทั้งทำการวัดรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ตลอดจนวัดค่าฮาร์มอนิกและค่า THD ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งได้ทำการทดสอบกับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ ด้วยการปรับค่าอัตราการมีอคดูเลตได้ และสามารถปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ที่ค่า 1kHz, 3kHz, และ 5kHz เพื่อดูสมรรถนะของวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสและงานด้านต่างๆ ได้ต่อไป

2. ลักษณะของวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 1 โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตเป็น

$$v_{in}(t) = V_{im} \sin \omega_i t \quad (1)$$

และมีค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเท่ากับ

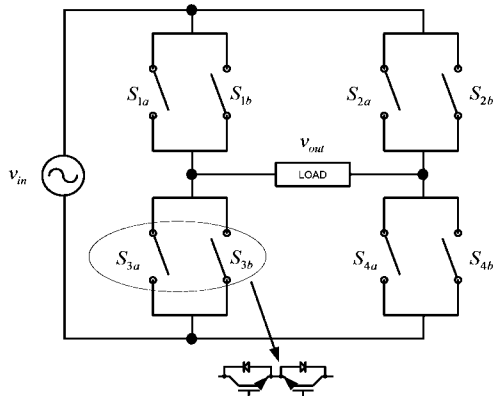
$$v_{out}(t) = V_{om} \sin \omega_o t \quad (2)$$

โดยที่ค่าความถี่เอาต์พุตที่ใช้งานมีค่าเท่ากับ

$$f_o = f_m - f_i \quad (3)$$

สวิตช์จะทำหน้าที่ตัดต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าอินพุตเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตที่สามารถปรับความถี่และอัตราการมีอคดูเลตได้ โดยมีการทำงานดังสมการที่ 4 ดังนี้

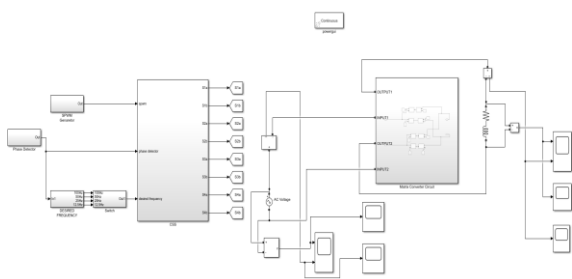
$$v_o(t) = \begin{cases} v_i(t) & S_1 \text{ \& } S_4 \text{ are ON} \\ -v_i(t) & S_2 \text{ \& } S_3 \text{ are ON} \\ 0 & S_1 \text{ \& } S_2 \text{ are ON} \\ 0 & S_3 \text{ \& } S_4 \text{ are ON} \end{cases} \quad (4)$$



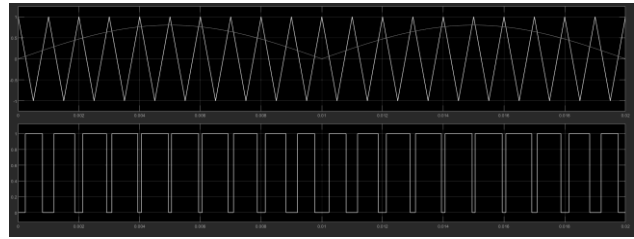
รูปที่ 1 วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

3. การจำลองการทำงานของวงจรเอช-เอช คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

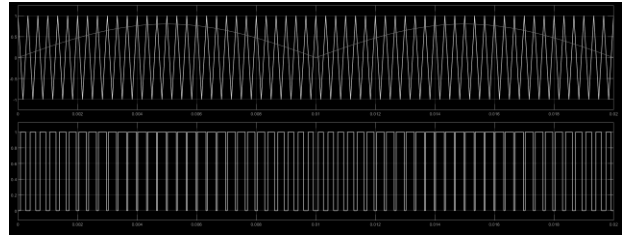
การจำลองวงจรเอช-เอช เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 2 โดยใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการจำลองการทำงานของวงจร สัญญาณพีคดับลิแวนซ์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรมันแสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งมีการปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ด้วยการปรับค่าความถี่ของสัญญาณพาหะ คือ สัญญาณสามเหลี่ยมที่ค่าความถี่เท่ากับ 1kHz, 3kHz, และ 5kHz เพื่อศึกษาถึงผลของการปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ว่ามีผลอย่างไรต่อคุณลักษณะของวงจรเอช-เอช เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนี้



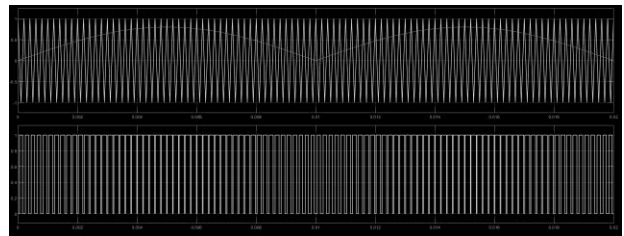
รูปที่ 2 วงจรที่ใช้ในการจำลองของวงจรเอช-เอช คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส



(ก) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 1kHz



(ข) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 3kHz



(ค) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 5kHz

รูปที่ 3 สัญญาณพีคดับลิแวนซ์ที่ใช้ในการจำลองที่ความถี่เอาท์พุทเท่ากับ 50Hz อัตราการมอดดูเลตเท่ากับ 0.8 ที่ค่าความถี่ในการสวิตช์ต่างๆ

4. ผลการจำลองวงจรเอช-เอช เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสกับโหลดแบบพาสซีฟ

การจำลองวงจรเอช-เอช เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนี้ได้ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220Vrms, 50Hz ให้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์ โดยทำการทดสอบกับโหลดแบบพาสซีฟ คือ ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 โอห์มกับ 10 มิลลิเฮนรี่ และทำการปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ที่ค่า 1kHz, 3kHz, และ 5kHz ตามลำดับ ซึ่งได้ทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แล้วทำการบันทึกผลการจำลอง คือ รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านอินพุทและเอาท์พุท พร้อมทั้งสเปกตรัมฮาร์มอนิกที่ค่าความถี่เอาท์พุทเท่ากับ 50Hz ที่ค่าอัตราการมอดดูเลตเท่ากับ 0.2-1.0 ได้ผลการจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 4 และ 5 ที่ค่าความถี่ในการสวิตช์ต่างๆ นอกจากนั้นได้ทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า THD กับค่าความถี่ในการสวิตช์ที่เปลี่ยนแปลงไปที่ค่าอัตราการมอดดูเลตต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 6 พบว่าค่า THD ของกระแสไฟฟ้าทั้งทางด้านอินพุทและเอาท์พุทมีค่าลดลงตามค่าความถี่ในการสวิตช์ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอัตราการมอดดูเลต ซึ่งทำให้พิจารณาได้ว่าค่าสมรรถนะของกระแสไฟฟ้าดีขึ้นเมื่อค่าความถี่ในการสวิตช์เพิ่มขึ้น แต่ในส่วนแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทนั้นมีสไปร์คเกิดขึ้นเนื่องจากผลของค่า

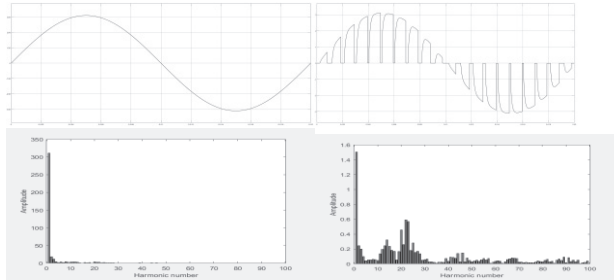
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

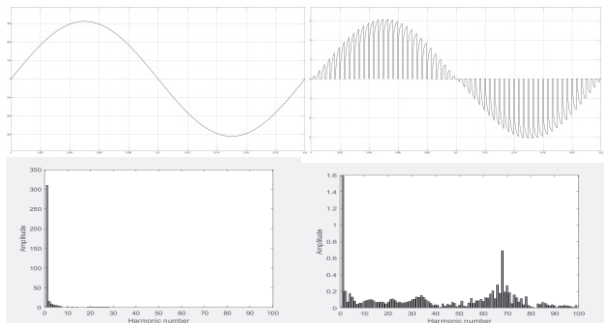
14th Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)



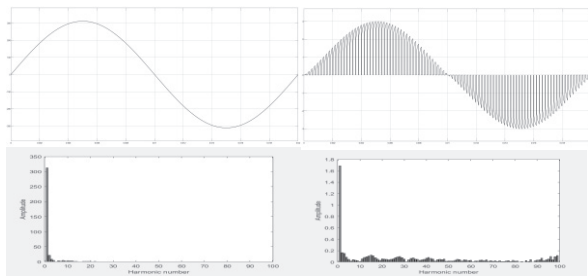
ความถี่ขั้วนำและการสวิตช์จึงทำให้ค่า THD มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นในวงจรจึงจำเป็นต้องมีการใส่วงจรกรองเข้าไป ซึ่งจะพิจารณาต่อไป



(ก) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 1kHz

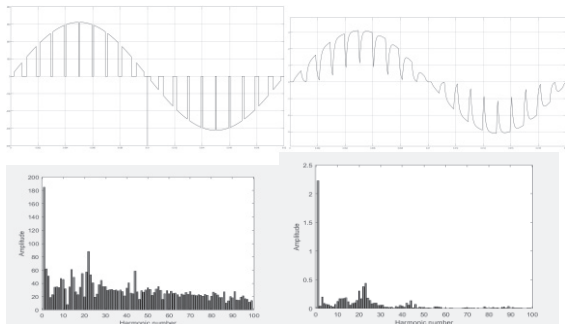


(ข) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 3kHz

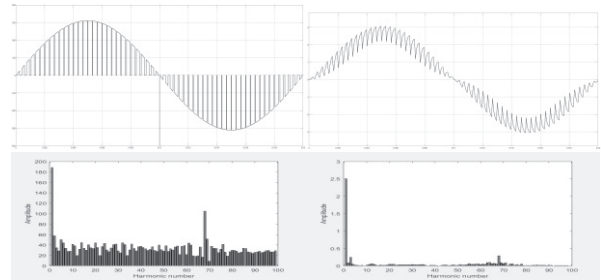


(ค) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 5kHz

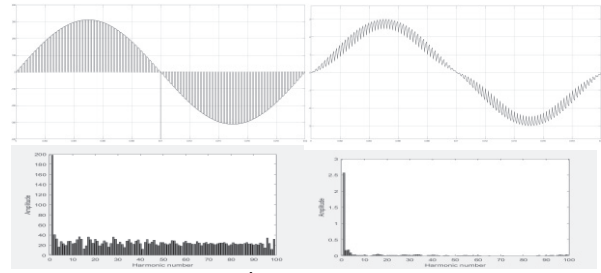
รูปที่ 4 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านแหล่งจ่ายไฟฟ้า พร้อมด้วยสเปกตรัมฮาร์มอนิกที่ความถี่เอาต์พุต 50Hz อัตราการมีอคตูลดเท่ากับ 0.8 ที่ค่าความถี่ในการสวิตช์ต่างๆ (ขวา : แรงดันไฟฟ้า, ซ้าย: กระแสไฟฟ้า)



(ก) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 1kHz

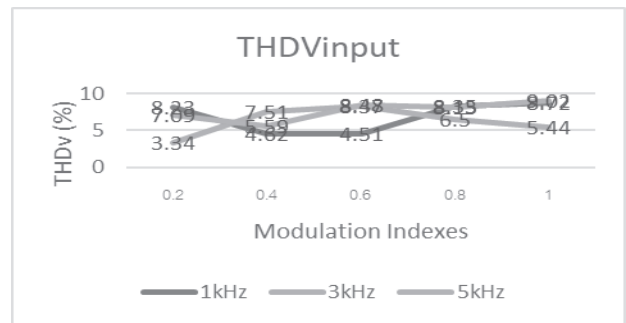


(ข) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 3kHz

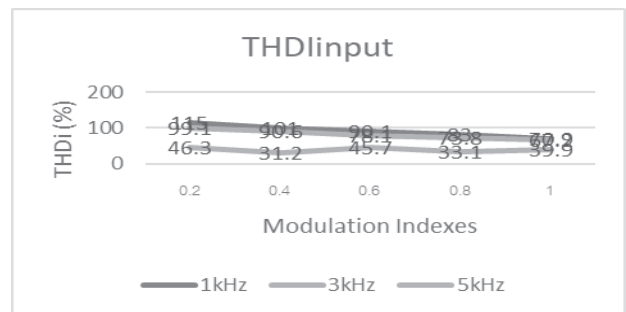


(ค) ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 5kHz

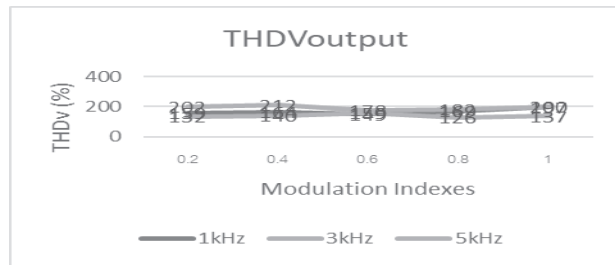
รูปที่ 5 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตพร้อมด้วยสเปกตรัมฮาร์มอนิกที่ความถี่เอาต์พุต 50Hz อัตราการมีอคตูลดเท่ากับ 0.8 ที่ค่าความถี่ในการสวิตช์ต่างๆ (ขวา : แรงดันไฟฟ้า, ซ้าย : กระแสไฟฟ้า)



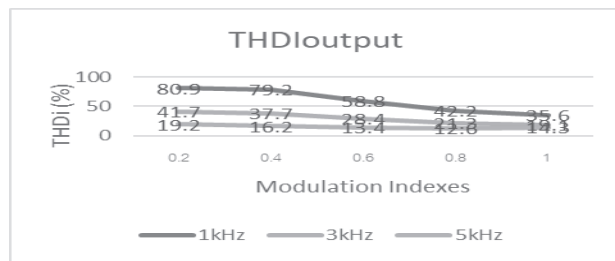
(ก) ค่า THD ของแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต



(ข) ค่า THD ของกระแสไฟฟ้าด้านอินพุต



(ก) ค่า THD ของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต



(จ) ค่า THD ของกระแสไฟฟ้าด้านเอาต์พุต

รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่ในการสวิตช์กับค่า total harmonic distortion (THD) ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ความถี่เอาต์พุตเท่ากับ 50Hz ที่ค่าอัตราการมอดูเลตต่างๆ

5. สรุป

จากการผลการจำลองของวงจรเอช-เอช เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่มีการปรับค่าความถี่ในการสวิตช์ทดสอบกับโหลดแบบพาสซีฟ พบว่าค่าความถี่ในการสวิตช์มีผลต่อค่าฮาร์มอนิกและค่า THD ของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าทั้งทางด้านอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งแสดงว่ามีผลต่อค่าสมรรถนะของวงจรคอนเวอร์เตอร์ด้วยเมื่อค่าความถี่ในการสวิตช์สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามลักษณะของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีค่าสไปรค์เกิดขึ้นซึ่งเป็นเรื่องที่จะต้องทำการแก้ไขและปรับปรุงการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์นี้ต่อไป เพื่อขจัดแรงดันไฟฟ้าสไปรค์นี้เพื่อจะได้เป็นการทำให้สมรรถนะของวงจรนี้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Mazratul Firdaus Mohd Zin, Noraliza Hamzah, and Mohammad Nawawi Seroji, "A Study on THD Reduction by Active Power Filter Applied Using Closed-loop Current Controlled AC-AC SPMC Topology", 2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquim (ICSGRC 2012).

[2] A Anand Kumar and P.R. Thakura, "Hardware Development and Implementation of Single Phase Matrix Converter as a Cycloconverter and as an Inverter", 2014 IEEE 6th India International conference on Power Electronics (ICPE), 2014

[3] K.Muneesh Raja, K.Vijayakumar, and S.Kannan, "Matrix Converter Based Solar Photo Voltaic System for Reactive Power Compensation using Sinusoidal Pulse Width Modulation", 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, 2014.

[4] Giampaolo Buticchi, Davide Barater, Carlo Cocari, and Giovanni Franceschini, "Single-phase series active power filter with transformer-coupled matrix converter", IET Power Electronics, 2016 Vol.9, Iss.6, pp. 1279-1289.

[5] M. Rivera, S.Rojas, P.Wheeler, and J.Rodriguez, "A Predictive Control Strategy for a Single-Phase AC-AC Converter", 7th Power Electronics, Drive Systems & Technologies Conference (PEDSTC 2016), 16-18 Feb. 2016, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

[6] Sumant Kumar Dalai and Dipak Kumar Dash, "Analysis of single phase matrix converter with regenerative capabilities of Single phase induction motor", 2017 International Conference on Smart Technologies for Smart Nation (Smart Techcon), 2017.

[7] Byamakesh Nayak, Banishree Misra, and Rupa Mishra, "Performance Improvement of Single Phase Matrix Converter using Band Pass Filter for Induction Heating", 2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications (CSCITA), 2017

[8] Masood Moghaddami, and Arif I. Sarwat, "Single-Phase Soft-Switched AC-AC Matrix Converter With Power Controller for Bidirectional Inductive Power Transfer Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, vol.54, No.4, July/August, 2018.