

ภาคผนวก

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ยงยุทธ นาราชกูร์ และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์ “หลักการของไตรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบการต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่ายดิซีเข้ากับไลน์การไฟฟ้า” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 เล่มที่ 17 กรกฎาคม-ธันวาคม 2551 หน้า 93-104



วารสาร

วิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสยาม

ISSN 1513-4652

ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 เล่มที่ 17 กรกฎาคม - ธันวาคม 2551

สารบัญ

- 1 การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับจัดการข้อมูลจากอาร์เอสเอส
วสุชาติ วัฒนชัย
- 6 การศึกษากระบวนการตีพิมพ์ออนไลน์แบบมีคีย์โดยอาศัยการทำแบบจำลองระเบียบวิธีเชิงในตัวอย่าง
สุรศักดิ์ สุรนันทน์
- 19 ความแข็งแรงดึงและโครงสร้างจุลภาคของรอยต่ออูมิเนียม 8063-T1 ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อมการเชื่อมด้วย
การเสียดทานแบบกวนหลายรูปแบบ
กิตติพงษ์ กิมพงษ์, นภาพิป์ แลงซ้าย และ ลงกรานต์ บางศรีเนย์ทิพย์
- 26 การบริหารจัดการคลังศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางกีฬาระหว่างสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สนั่น เต็มศิริสุนทร
- 36 การวิเคราะห์กราฟฟีนิงหน่วยน้ำพักของลุ่มน้ำภาคเหนือ
พีรวัฒน์ ปลาเงิน
- 43 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของแผ่นกมวางบนพื้นโดยวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ด้วยชิ้นส่วนทรงกระบอกกลาง
ประเสริฐ อิมประเสริฐ
- 51 การศึกษามลของอากาศจากท่อสู่มอเตอร์ประสิทธิภาพการดีในไฮโดรเจนหลายชั้น
วิศิษฐ์ สีลาเสถียรกุล
- 56 การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของพื้นข้อต่อคุณภาพลดตึงเครียดขึ้นงานอูมิเนียม
ศิริวัชร์ คอสงกุล
- 61 วงจรทรงความถี่หลายหน้าที่รูปแบบกระแสที่ให้อุปกรณ์ของวงจรทรงความถี่สูงผ่านแบบไม่สูญเสีย
มนต์วี ต้นตุลยกนก และ กิติพันธ์ พงษ์มณี
- 67 การเปลี่ยนแปลงองค์การเพื่อความเป็นเลิศกรณีศึกษา บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)
จิโรจน์ จีระประภาณนท์
- 75 การศึกษาผลการลดความดันการฉีดเชื้อเพลิงที่มีผลต่อความเสถียรเปลวเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ
ลาหะ โยมเจริญ และ อมรเทพ โยธาทน
- 79 การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องการร่างและเขียนแบบภาพประกอบอุปกรณ์เครื่องกล
สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ในระดับปริญญาตรี
พิทักษ์พงษ์ บุญประสม และ สมบัติ เชื้อวงษ์สกุล
- 85 การอุปมาอุปไมยเพื่อการวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันของผู้รับเหมาก่อสร้าง
เฉลิมเกียรติ วงศ์นิษฐศรี
- 93 หลักการของไฮดรอลิกอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบการต่อต้านแรงดันของแรงดันไฟฟ้า
อภิญญา นารายณ์ และ วิภาวิทย์ นาทพันธ์
- 105 รูปแบบบทความ
- 110 แบบฟอร์มขอส่งบทความ

หลักการของไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบการต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่าย ดีซีเข้ากับไลนการไฟฟ้า

The Principle of a Single-Phase Thyristor Inverter for Utility Interactive DC-Source System

ยงยุทธ นาราชฎูร์ และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอหลักการของไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบการต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่ายดีซีเข้ากับไลนการไฟฟ้าโดยใช้ไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเป็นวงจรเชื่อมต่อบetween แหล่งจ่ายดีซี 84 V เข้ากับแหล่งจ่ายเอซี 100 V เป็นกรณีศึกษาของบทความนี้ ไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์ถูกควบคุมให้ทำงานในโหมดไลนคอมมิวเตทซึ่งมีย่านการควบคุมของมุมจุดชนวนจาก 90° ถึง 180° การทำงานของวงจรจะถูกจำลองแบบด้วยโปรแกรม PSpice ได้รับคลื่นแรงดันและกระแสต่าง ๆ ในวงจร จากนั้นคลื่นแรงดันและกระแสเหล่านี้จะถูกวิเคราะห์โดยใช้ FFT ซึ่งสามารถนำไปสู่การคำนวณหากำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (P_o) กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีการไฟฟ้า (P_s) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด (P_L) ในที่สุด การทำงานของระบบที่นำเสนอได้ถูกยืนยันความถูกต้องด้วยผลจากการจำลองแบบ ซึ่งนำเสนอไว้อย่างละเอียดในบทความนี้

Abstract

This paper presents the principle of a single-phase thyristor inverter for a utility interactive dc-source system. A single-phase thyristor inverter, that connects the 84 V dc-source with the 100 V ac-source is studied. The thyristor inverter is operated as a line-commutated mode, which has a control range of firing angle from 90° to 180° . The operation of this circuit is simulated by using PSpice, when the voltage and current waveforms

are obtained. The waveforms are analyzed by FFT leading to the calculation of inverter power (P_o), ac source power (P_s) and load power (P_L). The operation of the proposed system is verified by its suitable simulation results, which are presented in detail in this paper.

1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานจากไลนการไฟฟ้าโดยทั่วไปใช้ไฟฟ้าเอซีทั้งระบบ 1-เฟส และ 3-เฟส ดังนั้นโหลดของระบบไฟฟ้าจึงเป็นโหลดเอซี แต่อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งอื่นบางแหล่งได้ไฟฟ้าดีซี เช่นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจมากในยุคปัจจุบัน [2-4] เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันได้มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งนับวันราคายิ่งสูงขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนั้นยังมีพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้โดยใช้แบตเตอรี่ก็อยู่ในรูปของไฟฟ้าดีซีเช่นเดียวกัน ปัญหาจึงอยู่ที่ว่าเมื่อต้องการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีร่วมจ่ายโหลดเอซีตัวเดียวกันและเวลาเดียวกันกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลนการไฟฟ้านั้นจะมีวิธีการอย่างไร ใช้อุปกรณ์อะไร สามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบเชื่อมต่อนี้เพื่อจ่ายโหลดร่วมกันนี้ได้ได้อย่างไร

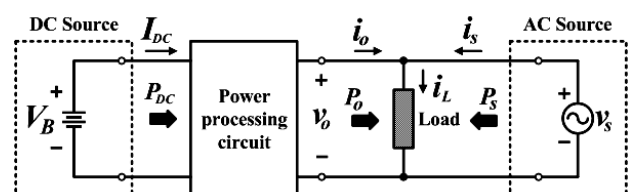
พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของไฟฟ้าดีซีเมื่อต้องจ่ายโหลดร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีจากไลนการไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์และเทคนิคในการเชื่อมต่อที่เหมาะสม [1] โดยในบทความนี้ได้นำเสนอ 1-เฟสไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์แบบไลน

คอมพิวเตอร์ที่ควบคุมให้ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้สำหรับการเชื่อมต่อนี้ [5] ซึ่งสามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีเพื่อร่วมจ่ายโหลดเอซีพร้อมกันกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลนาร์ไฟฟ้าได้โดยการควบคุมมุมจุดชนวนในย่าน $90^\circ \sim 180^\circ$ โดยที่กัลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีจะมีค่าต่ำสุดเมื่อปรับมุมจุดชนวนของไทรสเตอร์ในอินเวอร์เตอร์ให้มีค่าเท่ากับ 90° และกัลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนของไทรสเตอร์จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนนี้ให้มีค่าเท่ากับ 180° ในการร่วมกันจ่ายโหลดของระบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะควบคุมให้ลำดับความสำคัญในการจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีก่อน นั่นหมายความว่าถ้ากัลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมีค่าเท่ากับกัลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีสามารถจ่ายได้พอดีก็ไม่จำเป็นต้องใช้กัลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลนาร์ไฟฟ้า หรือถ้ากัลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมากกว่ากัลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีสามารถจ่ายได้ ในกรณีนี้โหลดจะดึงกัลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลนาร์ไฟฟ้าเข้ามาช่วยเสริมโดยอัตโนมัติ แต่ถ้ากัลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการน้อยกว่ากัลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีสามารถจ่ายได้ กัลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกป้อนเข้าแหล่งจ่ายเอซีของไลนาร์ไฟฟ้าหรือสามารถขายคืนพลังงานไฟฟ้ส่วนส่วนที่เหลือชิ้นนี้ให้กับการไฟฟ้ได้ ระบบที่นำเสนอในบทความนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคการจัดการพลังงานไฟฟ้ในระบบที่ใหญ่ขึ้นในอุตสาหกรรมได้กล่าวคือสามารถนำระบบดังกล่าวนี้ไปช่วยจ่ายโหลดในช่วงพีคโหลด (ช่วงเวลาที่การไฟฟ้คิดค่าพลังงานไฟฟ้แพงกว่า) โดยในช่วงออฟโหลด (ช่วงเวลาที่การไฟฟ้คิดค่าพลังงานไฟฟ้ถูกกว่า) ก็เก็บพลังงานไว้ก่อนโดยใช้แบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้ในช่วงพีคโหลด

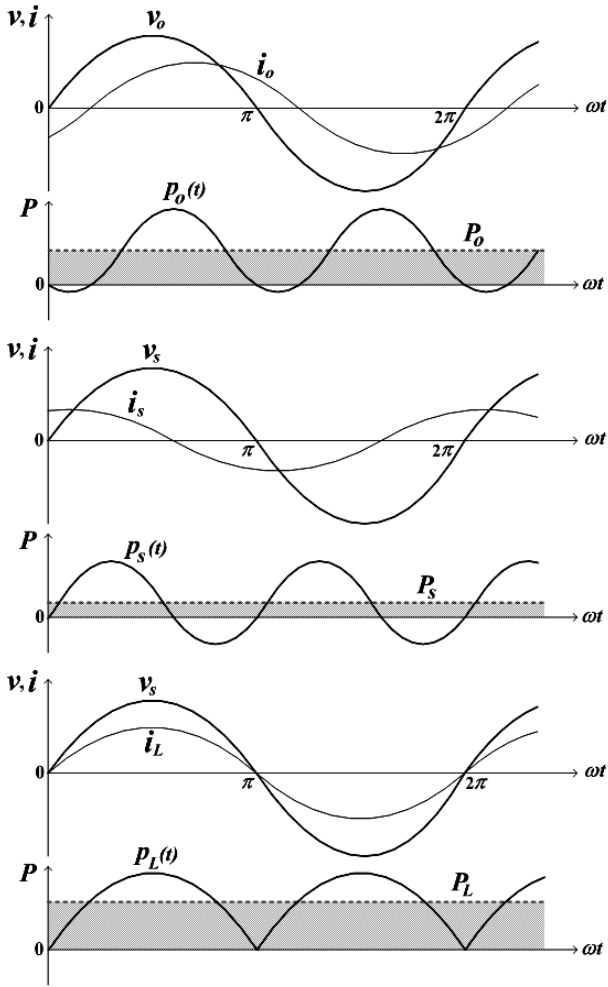
2. แนวคิดในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายเอซีและดีซี

ในการที่จะเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดทางด้านเอซีของแหล่งจ่ายเอซีและดีซีได้นั้นจะต้องมีวงจรที่ใช้ในการจัดการกัลังไฟฟ้า (power processing circuit) ระหว่างสอง

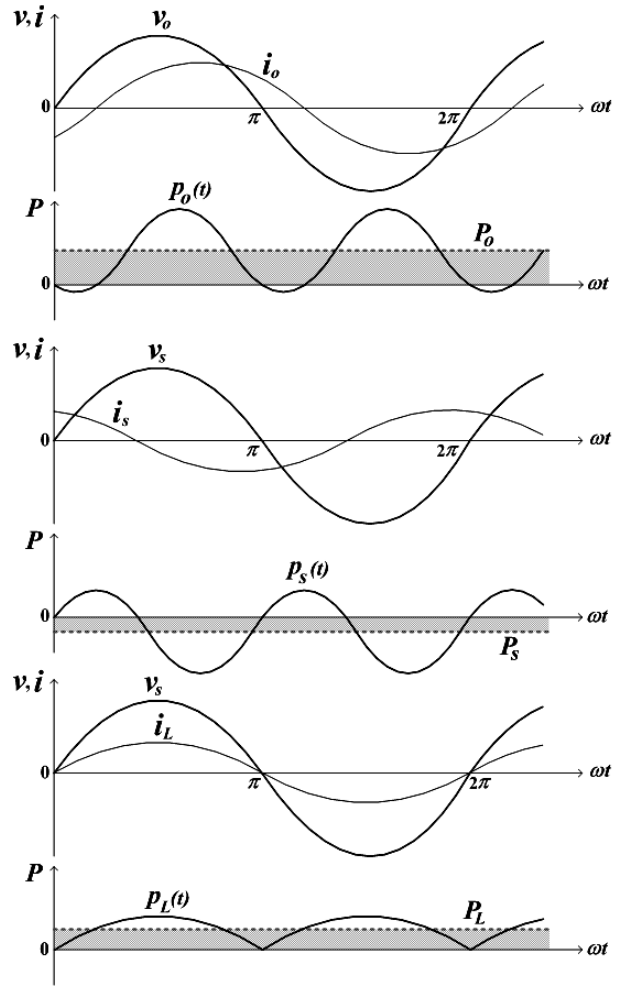
แหล่งจ่ายดังกล่าว โดยสามารถแสดงแนวคิดได้ดังรูปที่ 1 กัลังไฟฟ้าสามารถไหลผ่านวงจรที่ใช้ในการจัดการกัลังไฟฟ้าได้สองทิศทางขึ้นอยู่กับการจัดการของวงจร ถ้าจัดการให้กัลังไฟฟ้าสามารถไหลจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีได้ ก็คือวงจรทำหน้าที่เป็นเรกติฟายเออร์ ในทางกลับกันถ้าวงจรนี้จัดการให้กัลังไฟฟ้าสามารถไหลจากด้านดีซีไปยังด้านเอซีได้ ก็คือวงจรทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์ สำหรับบทความนี้จะทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการจัดการกัลังไฟฟ้านี้ให้ทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์เพื่อให้กัลังไฟฟ้าดีซีจากแบตเตอรี่สามารถไหลไปยังด้านเอซีเพื่อร่วมจ่ายโหลดพร้อมกับแหล่งจ่ายเอซีไลนาร์ไฟฟ้าได้ แนวคิดในรูปที่ 1 นี้ถ้ากัลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมากกว่ากัลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีสามารถจ่ายได้ ($P_O < P_L$) โหลดจะดึงกัลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลนาร์ไฟฟ้าเข้ามาช่วยเสริม แต่ถ้ากัลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการน้อยกว่ากัลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ดีซีสามารถจ่ายได้ ($P_O > P_L$) กัลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกป้อนเข้าแหล่งจ่ายเอซีของไลนาร์ไฟฟ้า โดยที่ทิศทางการไหลของกัลังไฟฟ้าที่จ่ายผ่านมาจากแหล่งจ่ายดีซี P_O จะสอดคล้องกับชั่วของแรงดัน V_O และทิศทางของกระแส i_O ในขณะที่ทิศทางการไหลของกัลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด P_L จะสอดคล้องกับชั่วของแรงดัน V_S และทิศทางของกระแส i_L และทิศทางการไหลของกัลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีไลนาร์ไฟฟ้า P_S จะสอดคล้องกับชั่วของแรงดัน V_S และทิศทางของกระแส i_S ทิศทางการไหลของกัลังไฟฟ้าและลักษณะคลื่นของแรงดันและกระแสเหล่านี้สามารถได้ดังรูปที่ 2 สำหรับกรณี $P_O < P_L$ และรูปที่ 3 สำหรับกรณี $P_O > P_L$



รูปที่ 1 แนวคิดในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายเอซีและดีซี



รูปที่ 2 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสพร้อมกำลังไฟฟ้าตามจุดต่างๆ ในกรณี $P_o < P_L$



รูปที่ 3 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสพร้อมกำลังไฟฟ้าตามจุดต่างๆ ในกรณี $P_o > P_L$

เมื่อแหล่งจ่ายดีซีและเอชไอถูกเชื่อมต่อกันเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดดังระบบในรูปที่ 1 จะได้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดมีค่าดังสมการ

$$P_L = P_o + P_s \tag{1}$$

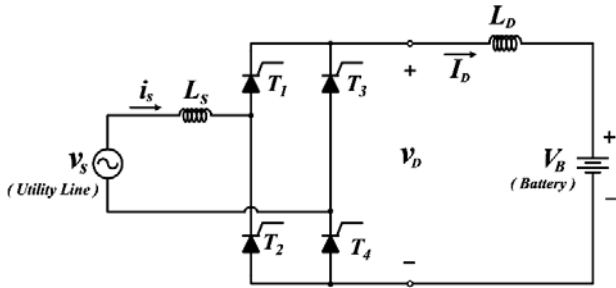
ถ้าไม่คิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในวงจร power processing จะได้ $P_o = P_{DC}$ และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดมีค่าดังสมการ

$$I_L = I_o + I_s \tag{2}$$

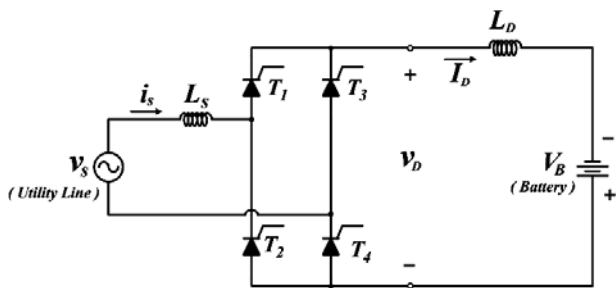
3. การทำงานของคอนเวอร์เตอร์

วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจัดการกำลังไฟฟ้าสามารถทำงานได้ทั้งเป็นเรกติฟายเออร์หรืออินเวอร์เตอร์ ขึ้นอยู่กับมุมจุดชนวน (α) ที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์นี้ วงจรกำลังของคอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟสขณะต่อใช้งานเป็นกรณีเรกติฟายเออร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 และขณะต่อใช้งานเป็นกรณีของอินเวอร์เตอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยโครงสร้างของวงจรประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 4 ตัว T_1 ถึง T_4 วงจรกำลังทางด้านดีซีของคอนเวอร์เตอร์ใช้ตัวเหนี่ยวนำ L_D ที่มีค่ามากกว่ากระแสดีซี I_D ให้เรียบ ส่วนทางด้านเอซีของวงจรต่ออยู่กับแหล่งจ่ายเอซีไลเนียร์ไฟฟ้าซึ่ง

สามารถแทนด้วยแหล่งจ่ายแรงดันอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำของแหล่งจ่าย มุมจุดชนวน (α) ที่ควบคุมการ



รูปที่ 4 คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟสขณะเป็นเร็กติไฟเออร์



รูปที่ 5 คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟสขณะเป็นอินเวอร์เตอร์

ทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์สามารถปรับได้ในย่าน $0 \sim 360^\circ$ ซึ่งจะส่งผลทำให้มุมเลื่อนเฟส θ ของคลื่นกระแสด้านเอซี i_s ล้าหลังจากคลื่นแรงดันของแหล่งจ่ายไลนการไฟฟ้ามามีค่าอยู่ในย่าน $0 \sim 360^\circ$ เช่นเดียวกัน ตลอดย่านของการปรับมุมชนวน α นี้สามารถแบ่งโหมดการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ออกเป็น 4 โหมดดังต่อไปนี้

3.1 เร็กติไฟเออร์แบบไลนคอมมิวเตท (โหมด 1)

กรณีที่ไทรสเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานเป็นเร็กติไฟเออร์แบบไลนคอมมิวเตทซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรกำลังแสดงในรูปที่ 4 เป็นกรณีที่ทำกรปรับมุมจุดชนวน α และมุมเลื่อนเฟสของกระแส θ ในย่าน $0 \sim 90^\circ$ ตัวอย่างที่มุมจุดชนวนและมุมเลื่อนเฟสของกระแสเท่ากับ 45° สามารถแสดงลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่างๆ ได้ดังรูปที่ 6(ก) จะเห็นได้ว่าขณะที่ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 กำลัง

นำกระแส เมื่อไทรสเตอร์ T_2 และ T_3 ได้รับสัญญาณขับเกตและเริ่มนำกระแส ส่งผลทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 ได้รับแรงดันไบแอสกลับเท่ากับ V_s นั้นหมายความว่าไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 คอมมิวเตทจากแรงดันไลนการไฟฟ้าม V_s จึงเรียกรวมการทำให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแสในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า “ไลนคอมมิวเตท” การทำงานดังกล่าวทำให้ส่วนประกอบมูลฐานของกระแส i_{s1} ล้าหลังคลื่นแรงดัน V_s เป็นมุมเท่ากับ 45° สามารถแสดงเฟเซอร์ไดอะแกรมและวงจรสมมูลเพื่อแสดงทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 6(ข) และ 6(ค) ตามลำดับ สำหรับกรณีนี้แรงดันดีซี V_D ที่แสดงในรูปที่ 4 จะมีค่าเป็นบวกและมีค่าเฉลี่ยเป็นฟังก์ชันของมุมจุดชนวน α ดังสมการ

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s \cos \alpha \\ &= 0.9 V_s \cos \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

โดยที่ V_s คือค่า rms ของแรงดันแหล่งจ่ายเอซีไลนการไฟฟ้าม สำหรับการดำเนินงานของคอนเวอร์เตอร์เป็นเร็กติไฟเออร์แบบไลนคอมมิวเตทจะมีกระแสดีซี I_D ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 เป็นบวกมีค่าเฉลี่ยที่สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\begin{aligned} I_D &= \frac{V_D - V_B}{R_D} \\ &= \frac{1}{R_D} (0.9 V_s \cos \alpha - V_B) \end{aligned} \quad (4)$$

กำลังไฟฟ้าดีซีที่ไหลไปชาร์จแบตเตอรี่ในวงจรรูปที่ 6(ค) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = V_D I_D = 0.9 V_s I_D \cos \alpha \quad (5)$$

กำลังไฟฟ้าแอ็คทีฟที่ไหลจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีของคอนเวอร์เตอร์ซึ่งสามารถแสดงวงจรสมมูลได้ดังรูปที่ 6(ค) และมีค่าดังสมการ

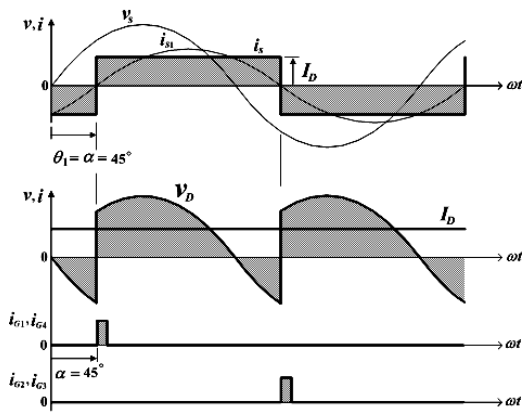
$$P = V_s I_{s1} \cos \theta \quad (6)$$

และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจะไหลจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีของคอนเวอร์เตอร์ดังรูปที่ 6(ค) มีค่าดังสมการ

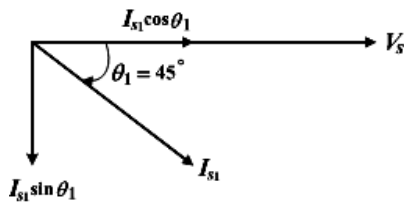
$$Q = V_S I_{S1} \sin \theta_1 \quad (7)$$

โดยที่ I_{S1} คือค่า rms ของส่วนประกอบมูลฐานของกระแส i_S ซึ่งมีลักษณะคลื่นเป็นสแควร์ดังแสดงในรูปที่ 6(ก) โดยคลื่นกระแสดังกล่าวนี้สามารถแสดงในรูปของอนุกรมฟูเรียร์ได้ดังสมการ

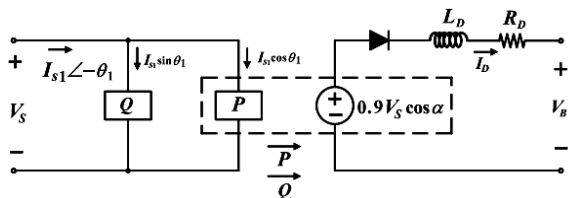
$$i_s = \frac{4}{\pi} I_D \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2n-1} \right) \sin[(2n-1)(\omega t - \alpha)] \quad (8)$$



(ก) คลื่นแรงดันและกระแสพร้อมสัญญาณควบคุมเกท



(ข) เฟเซอร์ไดอะแกรม



(ค) วงจรสมมูลแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าระหว่างด้านเอซีและดีซีของคอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 6 คอนเวอร์เตอร์ขณะทำงานเป็นเรกติฟายเออร์ที่ $\alpha = 45^\circ$ (โหมด 1)

ค่า rms ของส่วนประกอบมูลฐานของกระแส i_S นี้มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$I_{S1} = \frac{2}{\pi} \sqrt{2} I_D = 0.9 I_D \quad (9)$$

ค่า rms ของส่วนประกอบฮาร์มอนิกของกระแส i_S นี้มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$I_{Sn} = \frac{I_{S1}}{n} \quad (10)$$

ค่า rms ของกระแส i_S มีค่าเท่ากับ I_D และมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$I_S = \sqrt{I_{S1}^2 + I_{S3}^2 + I_{S5}^2 + \dots + I_{S\infty}^2} = I_D \quad (11)$$

เนื่องจากลักษณะคลื่นของกระแสจากแหล่งจ่ายเอซี i_S ไม่เป็นไซน์ ดังนั้นค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ทางด้านแหล่งจ่ายเอซีจึงสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$PF = DTF \times DPF \quad (12)$$

โดยที่ DTF คือค่า distortion factor ของกระแสจากแหล่งจ่ายเอซี i_S มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$DTF = \frac{I_{S1}}{I_S} = \frac{0.9 I_D}{I_D} = 0.9 \quad (13)$$

และ DPF คือค่า distortion factor ของกระแสจากแหล่งจ่ายเอซี i_S มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$DPF = \cos \theta_1 = \cos \alpha \quad (14)$$

ดังนั้นค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ทางด้านแหล่งจ่ายเอซีจึงมีค่าดังสมการ

$$PF = 0.9 \cos \alpha \quad (15)$$

3.2 อินเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตท (โหมด II)

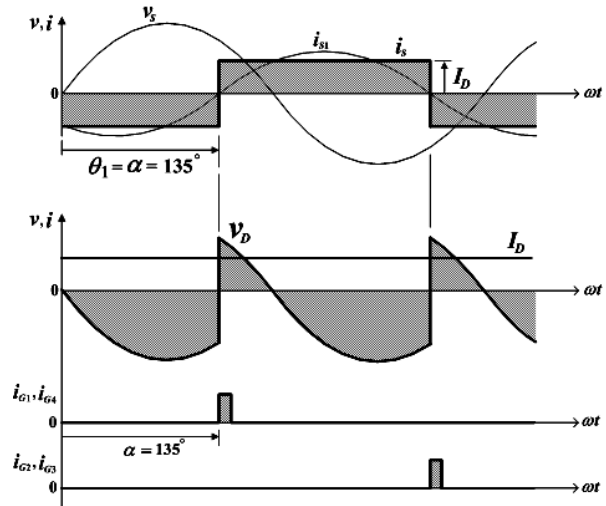
ในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์ทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตทซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรกำลังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการปรับมุมจุดชนวน α และมุมเลื่อนเฟสของกระแส θ ในย่าน $90^\circ \sim 180^\circ$ ตัวอย่างที่มุมจุดชนวนและมุมเลื่อนเฟสของกระแสเท่ากับ 135° สามารถแสดงลักษณะของคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 7(ก) จะเห็นได้ว่าขณะที่ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 กำลังนำกระแส เมื่อไทรสเตอร์ T_2 และ T_3 ได้รับสัญญาณขั้วเกทและเริ่มนำกระแส ส่งผลทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 ได้รับแรงดันไบแอสกลับเท่ากับ V_S นั้นหมายความว่าไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 คอมมิวเตทจากแรงดันไลน์กราร์ไฟฟ้า V_S จึงเรียกวธีการทำให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแสในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า "ไลน์คอมมิวเตท" การทำงานดังกล่าวทำให้ส่วนประกอบมูลฐานของกระแส i_{S1} ล้าหลังคลื่นแรงดัน V_S เป็นมุมเท่ากับ 135° สามารถแสดงเฟเซอร์ไดอะแกรมและวงจรสมมูลเพื่อแสดงทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 7(ข) และ 7(ค) ตามลำดับ สำหรับกรณีนี้แรงดันดีซี V_D ที่แสดงในรูปที่ 5 จะมีค่าเป็นลบและมีค่าเฉลี่ยเป็นฟังก์ชันของมุมจุดชนวน α ดังแสดงไว้แล้วในสมการ (3) ส่วนกระแสดีซี I_D จะมีค่าเป็นบวกมีค่าดังสมการ

$$I_D = \frac{V_D - (-V_B)}{R_D} = \frac{1}{R_D}(0.9V_S \cos \alpha + V_B) \tag{16}$$

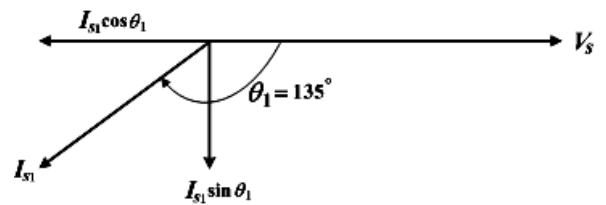
สำหรับกรณีที่ทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตทนี้ กำลังไฟฟ้าแอ็คทีฟมีค่าดังสมการ (6) จะไหลจากด้านดีซีไปยังด้านเอซีและกำลังไฟฟ้รีแอ็คทีฟที่มีค่าดังสมการ (7) จะไหลจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีของคอนเวอร์เตอร์ สามารถแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ในวงจรสมมูลรูปที่ 7(ค)

สำหรับคอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ทำงานในลักษณะไลน์คอมมิวเตทในโหมด I (โหมดเร็กติไฟเออร์) และโหมด II (โหมดอินเวอร์เตอร์) สามารถแสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลง

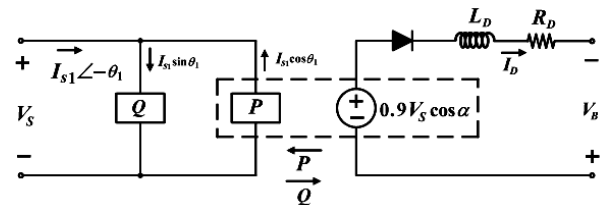
ของค่ากำลังไฟฟ้าแอ็คทีฟ (P) และกำลังไฟฟ้รีแอ็คทีฟ (Q) เมื่อปรับเปลี่ยนค่ามุมจุดชนวน (α) ได้ดังรูปที่ 8 แสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่า distortion factor (DTF), displacement power factor (DPF) และเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) เมื่อปรับเปลี่ยนค่ามุมจุดชนวน (α) ได้ดังรูปที่ 9



(ก) คลื่นแรงดันและกระแสพร้อมสัญญาณควบคุมเกท

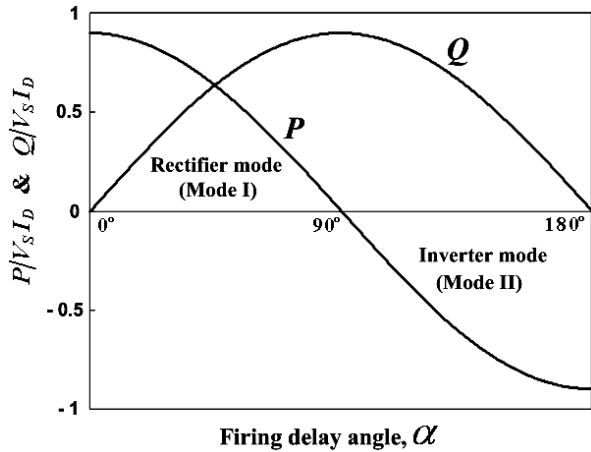


(ข) เฟเซอร์ไดอะแกรม

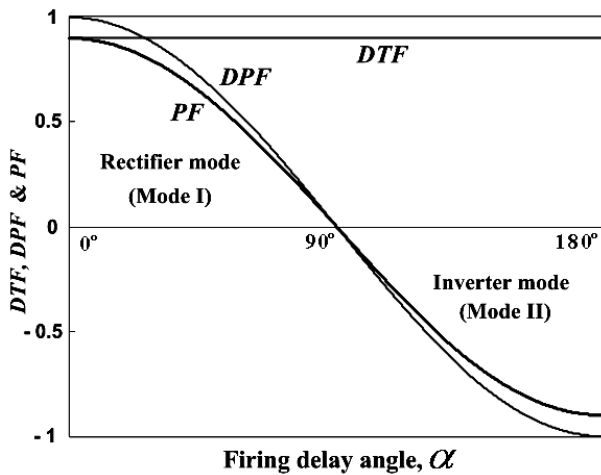


(ค) วงจรสมมูลแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าระหว่างด้านเอซีและดีซีของคอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 7 คอนเวอร์เตอร์ขณะทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ $\alpha = 135^\circ$ (โหมด II)



รูปที่ 8 ค่า Normalized ของกำลังไฟฟ้า P และ Q ขณะทำงานในลักษณะไครน์คอมมิวเตท



รูปที่ 9 ค่า DTF , DPF และ PF ขณะทำงานในลักษณะไครน์คอมมิวเตท

3.3 อินเวอร์เตอร์ที่มีการคอมมิวเตทแบบบังคับ (โหมด III)

กรณีทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีการคอมมิวเตทแบบบังคับซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรกำลังแสดงในรูปที่ 5 เป็นกรณีที่ทำกรปรับมุมจุดชนวน α และมุมเลื่อนเฟสของกระแส θ ในย่าน $180^\circ \sim 270^\circ$ ตัวอย่างที่มุมจุดชนวนและมุมเลื่อนเฟสของกระแสเท่ากับ 225° สามารถแสดงคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ได้ดังรูปที่ 10(ก) จะเห็นได้ว่าการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ในโหมดนี้ไม่สามารถใช้แรงดันจากเอซีไลนในการคอมมิวเตทได้ เนื่องจากขณะที่ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 กำลังนำกระแส เมื่อไทรสเตอร์ T_2 และ T_3 ได้รับ

สัญญาณขับเกตและเริ่มนำกระแส ส่งผลทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 ยังคงได้รับแรงดันไบแอสตรงเท่ากับ V_s จึงไม่สามารถทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 หยุดนำกระแสได้ ดังนั้นการทำงานในโหมดนี้จะต้องใช้วิธีการคอมมิวเตทแบบบังคับ จึงจะสามารถทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 หยุดนำกระแสได้ การทำงานดังกล่าวทำให้ส่วนประกอบมูลฐานของกระแส i_{s1} ล้าหลังคลื่นแรงดัน V_s เป็นมุมเท่ากับ 225° สามารถแสดงเฟเซอร์ไดอะแกรมและวงจรสมมูลเพื่อแสดงทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 10(ข) และ 10(ค) ตามลำดับ สำหรับกรณีการทำงานในโหมดนี้จะได้แรงดันด้านดีซี V_D ที่แสดงในรูปที่ 5 มีค่าเป็นลบและมีค่าเฉลี่ยเป็นฟังก์ชันของมุมจุดชนวน α ดังแสดงไว้แล้วในสมการ (3) ส่วนกระแสดีซี I_D จะมีค่าเป็นบวกมีค่าดังสมการ (16) กำลังไฟฟ้าแอ็คทีฟและรีแอ็คทีฟมีค่าดังสมการ (6) และ (7) ตามลำดับ จะไหลจากด้านดีซีไปยังด้านเอซี สามารถแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ในวงจรสมมูลรูปที่ 10(ค)

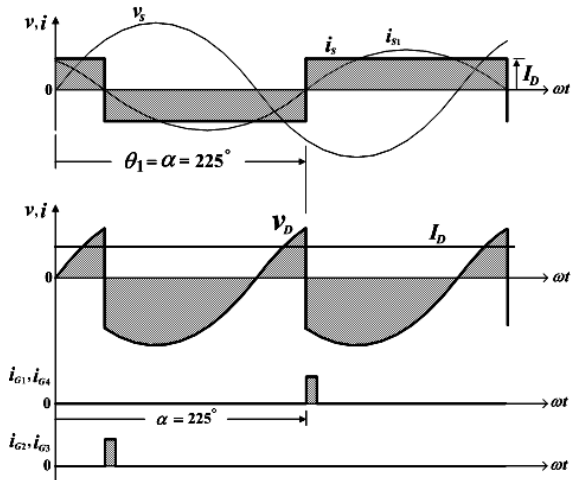
3.4 เร็กติไฟเออร์ที่มีการคอมมิวเตทแบบบังคับ (โหมด IV)

กรณีทำงานเป็นเร็กติไฟเออร์ที่มีการคอมมิวเตทแบบบังคับซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรกำลังแสดงในรูปที่ 4 เป็นกรณีที่ทำกรปรับมุมจุดชนวน α และมุมเลื่อนเฟสของกระแส θ ในย่าน $270^\circ \sim 360^\circ$ ตัวอย่างที่มุมจุดชนวนและมุมเลื่อนเฟสของกระแสเท่ากับ 315° สามารถแสดงลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่างๆ ได้ดังรูปที่ 11(ก) จะเห็นได้ว่าการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ในโหมดนี้ไม่สามารถใช้แรงดันจากเอซีไลนในการคอมมิวเตทได้ เนื่องจากขณะที่ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 กำลังนำกระแส เมื่อไทรสเตอร์ T_2 และ T_3 ได้รับสัญญาณขับเกตและเริ่มนำกระแส ส่งผลทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 ยังคงได้รับแรงดันไบแอสตรงเท่ากับ V_s จึงไม่สามารถทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 หยุดนำกระแสได้ ดังนั้นการทำงานในโหมดนี้จะต้องใช้วิธีการคอมมิวเตทแบบบังคับ จึงจะสามารถทำให้ไทรสเตอร์ T_1 และ T_4 หยุดนำกระแสได้ การทำงานดังกล่าวทำให้ส่วนประกอบมูลฐานของกระแส

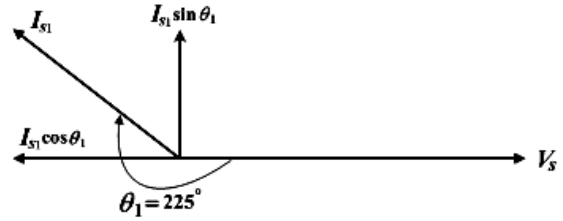
i_{s1} ล้าหลังคลื่นแรงดัน v_s เป็นมุมเท่ากับ 315° สามารถแสดงเฟเซอร์ไดอะแกรมและวงจรมุมเพื่อแสดงทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 11(ข) และ 11(ค) ตามลำดับ สำหรับกรณีนี้แรงดันดีซี V_D ที่แสดงในรูปที่ 4 จะมีค่าเป็นบวกและมีค่าเฉลี่ยเป็นฟังก์ชันของมุมจุดชนวน α ดังแสดงไว้แล้วในสมการ (3) ส่วนกระแสดีซี I_D จะมีค่าเป็นบวกมีค่าดังสมการ (2.20) กำลังไฟฟ้าแอคทีฟที่ไหลจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีมีค่าดังสมการ (6) และกำลังไฟฟารีแอคทีฟที่ไหลจากด้านดีซีไปยังด้านเอซีมีค่าดังสมการ (7) สามารถแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าได้ในวงจรมุมรูปที่ 11(ค)

สำหรับคอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ทำงานในลักษณะคอมมิวเตทแบบบังคับในโหมด III (โหมดอินเวอร์เตอร์) และโหมด IV (โหมดเรกติฟายเออร์) สามารถแสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้าแอคทีฟ (P) และกำลังไฟฟารีแอคทีฟ (Q) เมื่อปรับเปลี่ยนค่ามุมจุดชนวน (α) ได้ดังรูปที่ 12 แสดงเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงของค่า distortion factor (DTF), displacement power factor (DPF) และเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) เมื่อปรับเปลี่ยนค่ามุมจุดชนวน (α) ได้ดังรูปที่ 13

ในบทความที่น่าเสนอนี้จะเลือกใช้ไทรสเตอร์คอนเวอร์เตอร์ที่ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตท (โหมด II) เพื่อเชื่อมต่อแหล่งจ่ายดีซีให้สามารถร่วมจ่ายโหลดพร้อมกับแหล่งจ่ายเอซีไลน์การไฟฟ้า



(ก) คลื่นแรงดันและกระแสพร้อมสัญญาณควบคุมเกท

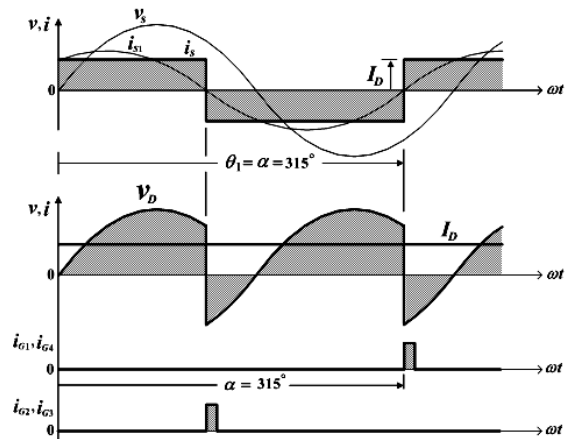


(ข) เฟเซอร์ไดอะแกรม

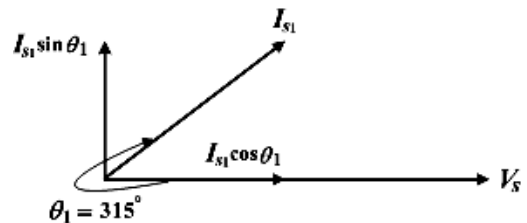


(ค) วงจรมุมแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าระหว่างด้านเอซีและดีซีของคอนเวอร์เตอร์

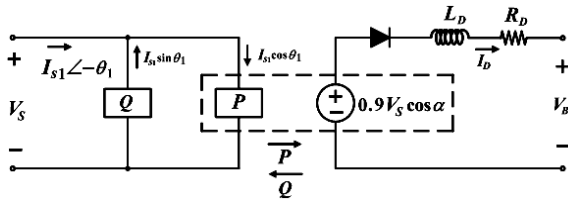
รูปที่ 10 คอนเวอร์เตอร์ขณะทำงานเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ $\alpha = 225^\circ$ (โหมด III)



(ก) คลื่นแรงดันและกระแสพร้อมสัญญาณควบคุมเกท

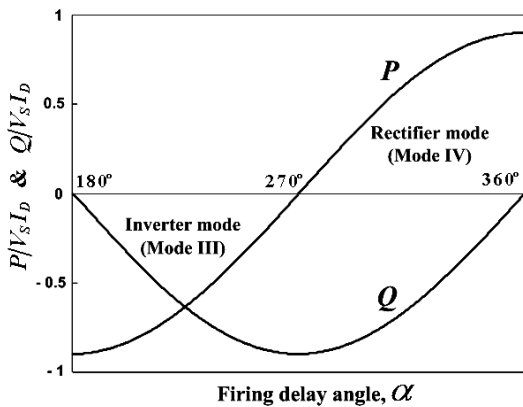


(ข) เฟเซอร์ไดอะแกรม

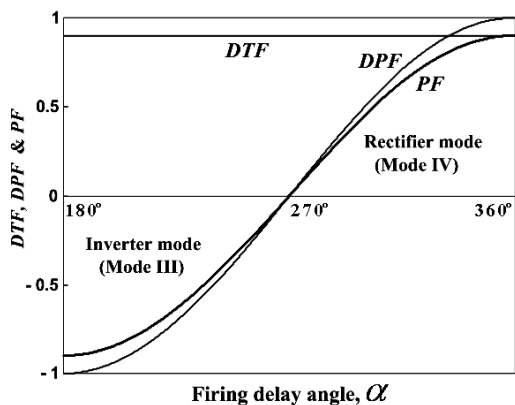


(ค) วงจรสมมูลแสดงการไหลของกำลังไฟฟ้าระหว่างด้านเอซีและดีซีของคอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 11 คอนเวอร์เตอร์ขณะทำงานเป็นเรกติไฟเออร์ที่ $\alpha = 315^\circ$ (โหมด IV)



รูปที่ 12 ค่า Normalized ของกำลังไฟฟ้า P และ Q ขณะทำงานที่มีการคอมมิวเตทแบบบังคับ

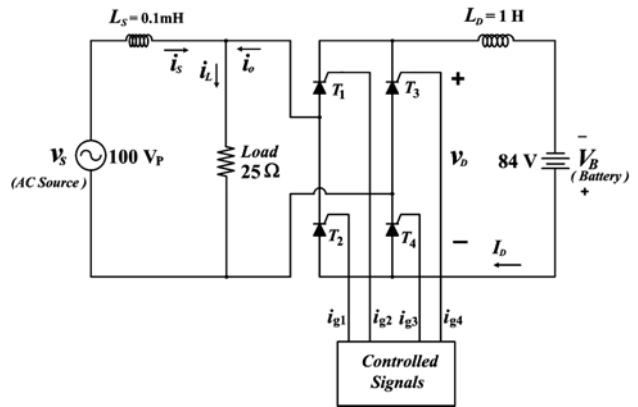


รูปที่ 13 ค่า DTF, DPF และ PF ขณะทำงานในลักษณะไลน์คอมมิวเตท

4. ผลการจำลองแบบ

เพื่อยืนยันความถูกต้องของหลักการที่นำเสนอของระบบในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างแหล่งจ่ายดีซีและ

แหล่งจ่ายเอซีจากไลนการไฟฟ้าโดยใช้ไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส จะใช้วิธีการจำลองการทำงานของระบบที่นำเสนอโดยใช้โปรแกรม PSPICE เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการในการควบคุม เพื่อพิจารณาลักษณะของรูปคลื่นตามจุดต่างๆ ในวงจรพร้อมทั้งวิเคราะห์คลื่นเหล่านี้โดยใช้การวิเคราะห์ FFT ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งนำไปสู่การได้มาซึ่งคุณลักษณะของการทำงานในการจ่ายโหลดของระบบที่นำเสนอร่วมกับแหล่งจ่ายการไฟฟ้า



รูปที่ 14 ไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่ายดีซีเข้ากับแหล่งจ่ายเอซีที่ใช้ในการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSPICE

วงจรที่ใช้ในการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอในบทความนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14 โดยที่แหล่งจ่ายดีซีประกอบด้วยแบตเตอรี่ 12 โวลท์ทั้งหมด 7 ลูกต่อในลักษณะอนุกรมได้ขนาดแรงดัน $V_B = 84 \text{ V}$ แล้วใช้ $L_D = 1 \text{ H}$ กรองกระแสดีซี I_D ให้เรียบป้อนเป็นอินพุตให้กับวงจรไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมการทำงานของไทรสเตอร์ทั้ง 4 ตัวโดยสัญญาณขับเกท $i_{g1}, i_{g2}, i_{g3}, i_{g4}$ เพื่อควบคุมมุมจุดชนวนในย่าน $90^\circ \sim 180^\circ$ ส่วนด้านแหล่งจ่ายเอซีไลนการไฟฟ้าจะใช้แรงดันเท่ากับ 100 V_p ร่วมกันจ่ายโหลดตัวต้านทาน 25Ω

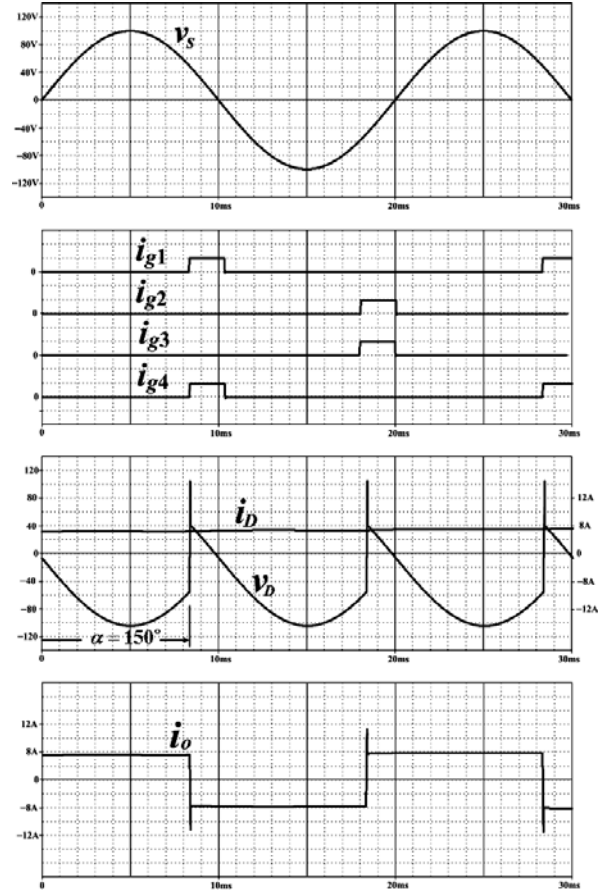
ในกรณีที่มีมุมจุดชนวน $\alpha = 150^\circ$ สามารถแสดงลักษณะสัญญาณควบคุมและลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านดีซี v_D, i_D กระแสด้านเอซี i_o ที่ได้รับดังรูปที่ 15 โดย

สัญญาณควบคุมเกทที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทรสเตอร์ทั้ง 4 ตัว $i_{g1}, i_{g2}, i_{g3}, i_{g4}$ จะต้องทำการออกแบบสัญญาณดังกล่าวเหล่านี้ให้ซิงโครไนซ์กับคลื่นแรงดันเอซี 50 Hz ของการไฟฟ้า v_s ทั้งนี้เพื่อให้อินเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับแหล่งจ่ายแรงดันเอซีที่ใช้สำหรับการหยุดนำกระแสของไทรสเตอร์ด้วย (การคอมมิวเตทจากเอซีไลน์การไฟฟ้า) ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ดังกล่าว สำหรับการการทำงานที่มุมจุดชนวน $\alpha = 150^\circ$ นี้จะได้แรงดันเฉลี่ยด้านดีซีของอินเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 V_D &= \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s \cos\alpha \\
 &= 0.9 \times \frac{100}{\sqrt{2}} \cos(150^\circ) \\
 &= -55.1 \text{ V}
 \end{aligned}$$

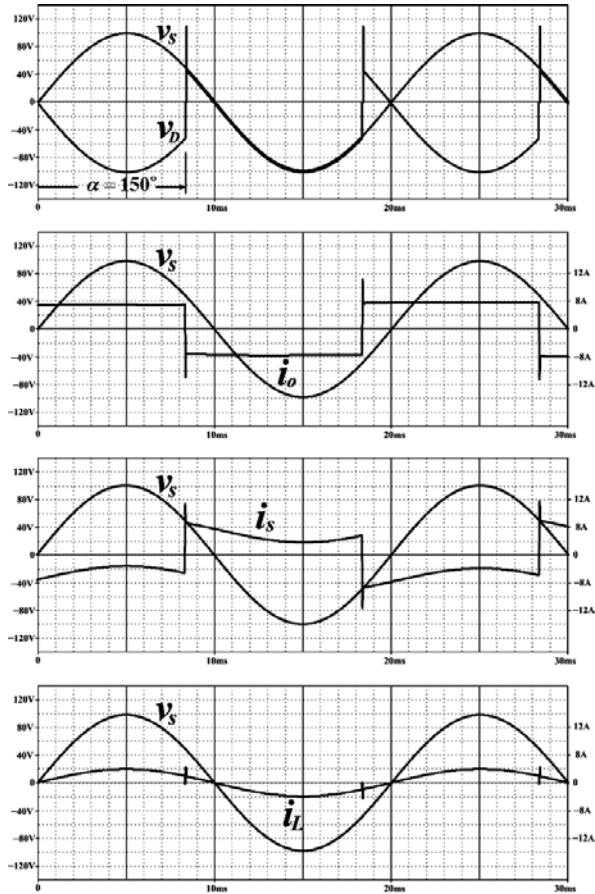
เพื่อพิจารณาทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าทางด้านเอซีทั้งหมด 3 ค่าของระบบในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างแหล่งจ่ายดีซีและแหล่งจ่ายเอซีซึ่งได้แก่กำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (P_o) กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีไลน์การไฟฟ้า (P_s) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด (P_L) ซึ่งสามารถพิจารณาจากลักษณะคลื่นของแรงดันและกระแสที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้างกล่าว โดยในรูปที่ 16 แสดงลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านเอซี v_s, i_o, i_s และ i_L ในกรณีที่มีมุมจุดชนวน $\alpha = 150^\circ$ ซึ่งการวัดกระแสที่ได้แสดงไว้ในรูปนี้สอดคล้องกับทิศทางอ้างอิงที่กำหนดในวงจรรูปที่ 14 และจะได้รับความสัมพันธ์ของกระแสทั้งสามค่าดังนี้

$$i_L = i_o + i_s$$

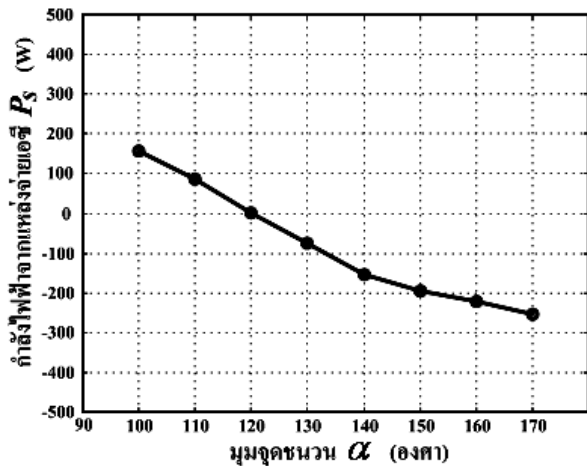


รูปที่ 15 ลักษณะคลื่น v_D, i_D, v_s, i_o พร้อมทั้งสัญญาณซิงเกทของไทรสเตอร์ทั้ง 4 ตัว จากการจำลองด้วยโปรแกรม PSPICE ในกรณี $\alpha = 150^\circ$

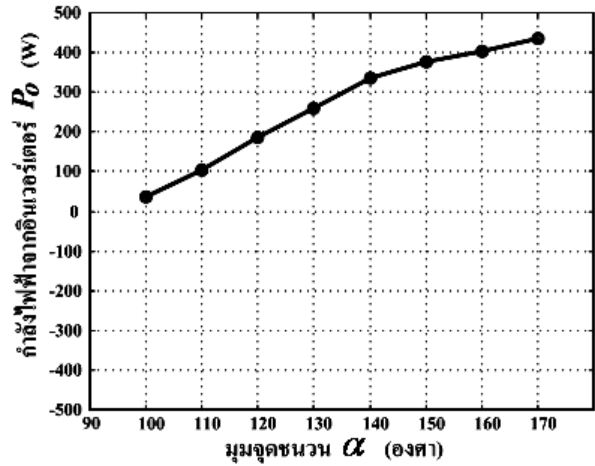
จากการวิเคราะห์หาลำดับกำลังไฟฟ้าจากคลื่นแรงดันและกระแสขณะร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างไทรสเตอร์อินเวอร์เตอร์และแหล่งจ่ายเอซีไลน์การไฟฟ้าสามารถนำค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสามค่าคือ กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีไลน์การไฟฟ้า (P_s) กำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (P_o) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด (P_L) มาพล็อตกราฟเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของค่ามุมจุดชนวน (α) ในย่าน $100^\circ \sim 170^\circ$ ได้ดังรูปที่ 17, 18 และ 19 ตามลำดับ



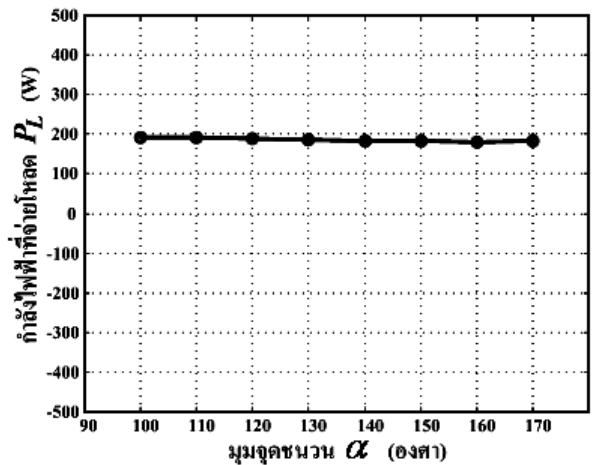
รูปที่ 16 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านเอซี v_s , i_o , i_s และ i_L จากการจำลองด้วยโปรแกรม PSPICE ในกรณีที่มุมจุดชนวน $\alpha = 150^\circ$



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซี (P_s) ขณะที่มุมจุดชนวน (α) เปลี่ยนแปลงในย่าน $100^\circ \sim 170^\circ$



รูปที่ 18 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (P_o) ขณะที่มุมจุดชนวน (α) เปลี่ยนแปลงในย่าน $100^\circ \sim 170^\circ$



รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด (P_L) ขณะที่มุมจุดชนวน (α) เปลี่ยนแปลงในย่าน $100^\circ \sim 170^\circ$

จากกราฟแสดงคุณลักษณะของกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีไบนารีการไฟฟ้า (P_s) ในรูปที่ 17 จะพบว่าเมื่อมุมจุดชนวนมีค่ามากขึ้นจะทำให้กำลังไฟฟ้าย้ายเอซีส่วนกราฟแสดงคุณลักษณะของกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ (P_o) ในรูปที่ 18 พบว่าเมื่อมุมจุดชนวนมีค่ามากขึ้นจะทำให้กำลังไฟฟ้าย้ายเอซีส่วนกราฟแสดงคุณลักษณะของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด (P_L) ในรูปที่ 19 พบว่าเมื่อมุมจุดชนวนมีค่ามากขึ้นและส่วนที่เกินจากที่โหลดใช้ไปก็จะป้อนเข้าสู่แหล่งจ่ายเอซี

5. สรุป

ระบบการต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่ายดีซีกับแหล่งจ่ายเอซีไลน์การไฟฟ้าโดยใช้ทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่นำเสนอนี้ในบทความนี้เมื่อใช้โปรแกรม PSpice ในการจำลองแบบการทำงานของวงจรและนำผลที่ได้จากการจำลองแบบมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาคุณลักษณะการทำงานของวงจรสามารถสรุปผลได้ดังนี้

(1) ทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสแบบไลน์คอมมิวเตทที่สามารถใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายดีซีและแหล่งจ่ายเอซี 50 Hz เพื่อร่วมกันจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้นั้นจะต้องทำการควบคุมให้ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์โดยการควบคุมมุมจุดชนวนของทรานซิสเตอร์ให้อยู่ในย่าน $90^\circ \sim 180^\circ$

(2) กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีและถ่ายโอนไปยังด้านเอซีของอินเวอร์เตอร์จะมีค่าต่ำสุดเมื่อปรับมุมจุดชนวนของทรานซิสเตอร์ในอินเวอร์เตอร์ให้มีค่าเท่ากับ 90° และกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนของทรานซิสเตอร์จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนนี้ให้มีค่าเท่ากับ 180°

(3) ในการร่วมกันจ่ายโหลดของระบบที่นำเสนอนี้จะให้ลำดับความสำคัญในการจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีก่อน นั่นหมายความว่าถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้พอดีก็ไม่จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าหรือถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ ในกรณีนี้โหลดจะดึงกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าเข้ามาช่วยเสริม แต่ถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกป้อนเข้าแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าหรือสามารถขายคืนพลังงานไฟฟ้าส่วนส่วนที่เหลือใช้นี้ให้กับการไฟฟ้าได้

(4) รูปคลื่นกระแสที่จ่ายมาจากอินเวอร์เตอร์มีลักษณะเป็นคลื่นสแคว์ส่งผลทำให้รูปคลื่นกระแสจากแหล่งจ่ายเอ

ซีไลน์การไฟฟ้ามีลักษณะไม่เป็นไซน์ ดังนั้นในการวิเคราะห์หากำลังไฟฟ้าที่เกิดจากคลื่นกระแสเหล่านี้จะต้องสามารถแยกองค์ประกอบหลักมูลและฮาร์โมนิกส์ให้ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ FFT ในการหาองค์ประกอบคลื่น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสยาม ภายใต้ทุน ประจำปี 25

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ยงยุทธ นาราษฎร์ และ วิริยะ พิเชฐจำเริญ “พีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายกระแสควบคุมด้วยเทคนิคไซเคิลเต็มสำหรับแหล่งจ่าย 50-Hz เพื่อใช้งานร่วมกับไลน์การไฟฟ้า” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 26 (EECON-26), 2546, หน้า 782-787
- [2] K. Hirachi, J. Yoshitsugu, L. Gamage, Y. Nishida and M. Nakaoka, “Improved Control Implementation of Single-Phase Current-Fed PWM Inverter for Photovoltaic Power Generation,” Transaction of IEE Japan, 1998, pp. 63-68.
- [3] S. Nonaka, K. Kesamaru and K. Yamasaki, “Utility Interactive Photovoltaic System with PWM Current Source Inverter,” Transaction of IEE Japan, Vol. 112-B, No. 5, pp. 439-447.
- [4] A. K. S. Bhat and S. D. Dewan, “Resonant Inverter for Photovoltaic Array to Utility Interface”, IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-24, No. 4 , July 1988.
- [5] Daniel W. Hart, Introduction to Power Electronics, Prentice Hall, 1997.