บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานจากไลน์การไฟฟ้าโดยทั่วไปใช้ไฟฟ้าเอซีทั้งระบบ 1-เฟส และ 3-เฟส ดังนั้นโหลดของระบบไฟฟ้าจึงเป็นโหลดเอซี แต่อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งอื่นบางแหล่งได้ไฟฟ้าดีซี เช่นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่น่าสนใจมากในยุคปัจจุบัน เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันได้มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งนับวันราคายิ่งสูงขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนั้นยังมีพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้โดยใช้แบตเตอรี่ก็อยู่ในรูปของไฟฟ้าดีซีเช่นเดียวกัน ปัญหาจึงอยู่ที่ว่าเมื่อต้องการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีร่วมจ่ายโหลดเอซีตัวเดียวกันและเวลาเดียวกันกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลน์การไฟฟ้านั้นจะมีวิธีการอย่างไร ใช้อุปกรณ์อะไร สามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบเชื่อมต่อเพื่อจ่ายโหลดร่วมกันนี้ได้อย่างไร

พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของไฟฟ้าดีซีเมื่อต้องจ่ายโหลดร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์และเทคนิคในการเชื่อมต่อที่เหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอา 1-เฟสไทริส เตอร์คอนเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตทที่ควบคุมให้ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้สำหรับการเชื่อมต่อนี้ ซึ่งสามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีเพื่อร่วมจ่ายโหลดเอซีพร้อมกันกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลน์การไฟฟ้าได้โดยการควบคุมมุมจุดชนวนในย่าน 90° ~180° โดยที่กำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีจะมีค่าต่ำสุดเมื่อปรับมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์ในอินเวอร์เตอร์ให้มีค่าเท่ากับ 90° และกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเมื่อปรับเพิ่มมุมจุดชนวนนี้ให้มีค่าเท่ากับ 180° ในการร่วมกันจ่ายโหลดของระบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะควบคุมให้ลำดับความสำคัญในการจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีก่อน นั่นหมายความว่าถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้พอดีก็ไม่จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้า หรือถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ ในกรณีนี้โหลดจะดึงกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าเข้ามาช่วยเสริมโดยอัตโนมัติ แต่ถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกป้อนเข้าแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าหรือสามารถขายคืนพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือใช้นี้ให้กับการ

ไฟฟ้าได้ ระบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบที่ใหญ่ขึ้นในอุตสาหกรรมได้กล่าวคือสามารถนำระบบดังกล่าวนี้ไปช่วยจ่ายโหลดในช่วงพีคโหลด (ช่วงเวลาที่การไฟฟ้าคิดค่าพลังงานไฟฟ้าแพงกว่า) โดยในช่วงออฟโหลด (ช่วงเวลาที่การไฟฟ้าคิดค่าพลังงานไฟฟ้าถูกกว่า) ก็เก็บพลังงานไว้ก่อนโดยใช้แบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้ในช่วงพีคโหลด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงหลักการในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างแหล่งจ่ายดีซีและแหล่งจ่ายเอซีการไฟฟ้า 50 Hz

1.2.2 เพื่อจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของวงจรไทริสเตอร์อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบการต่อใช้งานร่วมกันของแหล่งจ่ายดีซีเข้ากับแหล่งจ่ายเอซีการไฟฟ้า 50 Hz

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของคลื่นกระแสที่ถ่ายโอนจากแหล่งจ่ายดีซีผ่านอินเวอร์เตอร์และกระแสจากแหล่งจ่ายเอซี โดยใช้คลื่นที่ได้จากผลการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.2.4 เพื่อพิจารณาทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีและแหล่งจ่ายเอซี ที่เงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ของวงจรที่นำเสนอ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากผลการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3 คำถามการวิจัย

1.3.1 เมื่อต้องการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีร่วมจ่ายโหลดเอซีตัวเดียวกันและเวลาเดียวกันกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลน์การไฟฟ้านั้นจะมีวิธีการอย่างไร ใช้อุปกรณ์อะไร สามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบเชื่อมต่อเพื่อจ่ายโหลดร่วมกันนี้ได้อย่างไร

1.3.2 เมื่อนำไทริสเตอร์คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟส ที่ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้งานในส่วนของการเชื่อมต่อเพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถร่วมกันจ่ายโหลดเอซีพร้อมกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลน์การไฟฟ้า จะมีคุณลักษณะในการทำงานเป็นอย่างไร

1.3.3 เมื่อนำไทริสเตอร์คอนเวอร์เตอร์แบบไลน์คอมมิวเตท ที่ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้งานในส่วนของการเชื่อมต่อเพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถร่วมจ่าย

โหลดเอซีพร้อมกับแหล่งจ่ายเอซีจากไลน์การไฟฟ้า จะมีวิธีการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดได้อย่างไร

1.3.4 จะสามารถกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ในการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของวงจรไทริสเตอร์คอนเวอร์เตอร์สำหรับการเชื่อมต่อเพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถร่วมจ่ายโหลดเอซีพร้อมกับแหล่งจ่ายเอซีจากการไฟฟ้าได้อย่างไร ซึ่งจะเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องต้นแบบต่อไป

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1.4.1 วงจรไทริสเตอร์คอนเวอร์เตอร์ชนิด 1-เฟส ที่มีการคอมมิวเตทจากเอซีไลน์การไฟฟ้าสามารถควบคุมให้ทำงานเป็นได้ทั้งเร็กติฟายเออร์ (ทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจากด้านเอซีไปยังด้านดีซีของคอนเวอร์เตอร์) และอินเวอร์เตอร์ (ทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าจากด้านดีซีไปยังด้านเอซีของคอนเวอร์เตอร์) โดยการที่วงจรคอนเวอร์เตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นเร็กติฟายเออร์หรืออินเวอร์เตอร์นั้นขึ้นอยู่กับการปรับค่ามุมจุดชนวนของไทริสเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์สวิทช์ของวงจร

1.4.2 การเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีและแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้าสามารถใช้วงจรไทริสเตอร์คอนเวอร์เตอร์ที่ควบคุมค่ามุมจุดชนวนของไทริสเตอร์ให้ทำงานในโหมดอินเวอร์เตอร์ได้

1.4.3 ในการร่วมกันจ่ายโหลดของระบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะควบคุมให้ลำดับความสำคัญในการจ่ายโหลดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีก่อน นั่นหมายความว่าถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้พอดีก็ไม่จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้า หรือถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ ในกรณีนี้โหลดจะดึงกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าเข้ามาช่วยเสริม แต่ถ้ากำลังไฟฟ้าที่โหลดต้องการน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าดีซีสามารถจ่ายได้ กำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกป้อนเข้าแหล่งจ่ายเอซีของไลน์การไฟฟ้าหรือสามารถขายคืนพลังงานไฟฟ้าส่วนส่วนที่เหลือใช้นี้ให้กับการไฟฟ้าได้

1.4.4 การควบคุมปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายดีซีสามารถทำได้โดยการควบคุมมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์ในย่าน $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 เพื่อศึกษาถึงหลักการพร้อมทั้งเงื่อนไขของตัวแปรต่างๆ ในการเชื่อมต่อเพื่อร่วมกันจ่ายโหลดระหว่างแหล่งจ่ายดีซีและแหล่งจ่ายเอซีการไฟฟ้า 50 Hz

1.5.2 จำลองการทำงานของระบบที่นำเสนอด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5.3 วิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากผลการจำลองการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยเปรียบเทียบกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้เพื่อยืนยันความถูกต้องของหลักการที่นำเสนอ

1.5.4 สรุปผลการวิจัย

1.5.5 เขียนบทความวิจัยและผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

1.6 สัญลักษณ์

P_{DC} หมายถึงกำลังไฟฟ้าด้านดีซีของอินเวอร์เตอร์

P_O หมายถึงกำลังไฟฟ้าด้านเอซีของอินเวอร์เตอร์

P_L หมายถึงกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดด้านเอซี

P_S หมายถึงกำลังไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้า

Q หมายถึงกำลังไฟฟ้ารีแอ็คทีฟจากไลน์การไฟฟ้า

V_B หมายถึงแรงดันไฟฟ้าดีซีจากแบตเตอรี่

v_o หมายถึงแรงดันไฟฟ้าด้านเอซีของอินเวอร์เตอร์

v_s หมายถึงแรงดันไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้า

I_{DC} หมายถึงกระแสไฟฟ้าดีซีจากแบตเตอรรี่

i_o หมายถึงกระแสไฟฟ้าด้านเอซีของอินเวอร์เตอร์

i_{o1} หมายถึงส่วนประกอบหลักมูลของกระแสไฟฟ้าด้านเอซีของอินเวอร์เตอร์

i_s หมายถึงกระแสไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้า

i_{s1} หมายถึงส่วนประกอบหลักมูลของกระแสไฟฟ้าเอซีจากไลน์การไฟฟ้า

i_L หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด

α หมายถึงมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์ในวงจรคอนเวอร์เตอร์

θ หมายถึงมุมเลื่อนเฟสของกระแสไฟฟ้าด้านเอซี

DTF หมายถึงค่า distortion factor ของคลื่นกระแสไฟฟ้า

DPF หมายถึงค่า displacement factor ของคลื่นกระแสไฟฟ้า

PF หมายถึงค่าเพาเวอร์แฟ็คเตอร์

THD_V หมายถึงค่าความผิดเพี้ยนเนื่องจากฮาร์โมนิกส์รวมของแรงดันไฟฟ้าเอซี

THD_I หมายถึงค่าความผิดเพี้ยนเนื่องจากฮาร์โมนิกส์รวมของกระแสไฟฟ้าเอซี

1.7 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.7.1 ผู้ทำวิจัยได้เข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องที่ทำวิจัยนี้

1.7.2 นำความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยไปถ่ายทอดสู่นักศึกษาในห้องเรียน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาคุณภาพของการเรียนการสอน

1.7.3 นำความรู้ที่ได้รับจากการทำวิจัยไปตีพิมพ์เผยแพร่ อันจะนำมาซึ่งชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย

1.7.4 งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพลังงานทดแทนที่อยู่ในรูปของแหล่งจ่ายดีซีอื่น เช่น โซลาร์เซลล์