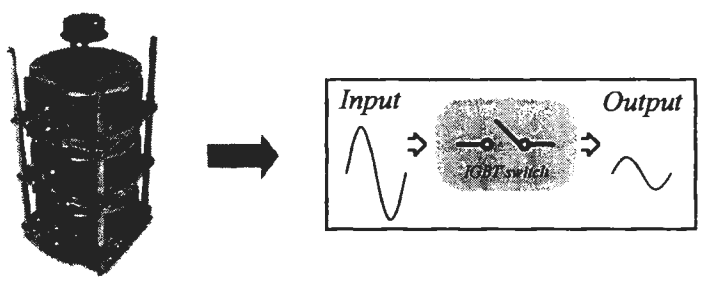
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ในงานที่ต้องการปรับระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟสลับโดยที่ไม่ต้องสร้างแหล่งจ่ายเพิ่มเติม นอกเหนือจากแหล่งจ่ายไฟสลับที่มีอยู่ อุปกรณ์ที่นิยมใช้คือ หม้อแปลงแบบออโต้ซึ่งสามารถปรับแรงดันด้านออกได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงความถี่ ลักษณะเฉพาะของหม้อแปลงแบบออโต้ที่มีแกนเหล็กและขดลวดเป็นส่วนประกอบหลักนั้นทำให้ตัวมันมีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่เทอะทะและซ่อมแซมได้ยาก งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันไฟสลับ-ไฟสลับรูปแบบหนึ่งที่เรียกว่า เอซีซอปเปอร์ มาใช้ทดแทนหม้อแปลงแบบออโต้แบบ 3 เฟส โดยข้อดีคือน้ำหนักเบา ขนาดเล็ก และซ่อมแซมได้ง่าย

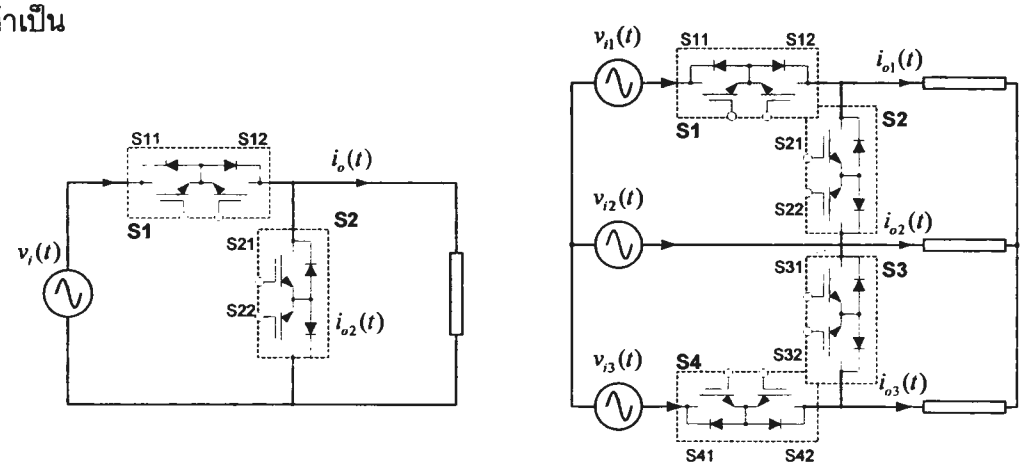


รูปที่ 1.1 การนำวงจรเอซีซอปเปอร์มาใช้ทดแทนหม้อแปลงแบบออโต้แบบ 3 เฟส

ที่ผ่านมาวงจรควบคุมแรงดันไฟสลับ(AC voltage controller)จะใช้สวิตช์ความเร็วต่ำจำพวกเอสซีอาร์หรือไตรแอค ทำหน้าที่แปลงผันไฟสลับ-ไฟสลับที่ความถี่เดียวกัน การควบคุมแบบนี้มีข้อเสียคือ ตัวประกอบกำลังต่ำ มีฮาร์มอนิกอันดับต่ำและอันดับสูงทั้งทางด้านเข้าและด้านออก เมื่อต้องการกำจัดฮาร์มอนิกวงจรกรองพาสซีฟที่ใช้จะมีขนาดใหญ่ ข้อเสียเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการควบคุมแบบมอดูเลตความกว้างของพัลส์(Pulse Width Modulation)กับวงจรแปลงผันไสลับ-ไฟสลับที่ใช้สวิตช์ความเร็วสูง ที่เรียกว่า วงจรเอซีซอปเปอร์(AC chopper)[1-10] งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตจะกล่าวถึงการปรับปรุงโครงสร้างของวงจรให้ง่ายในการสร้างและควบคุม เช่น ปรับปรุงโครงสร้างให้สามารถใช้สวิตช์นำกระแสสองทางและบล็อกแรงดันทางเดียวได้[1,2,4] จากเดิมที่ต้องใช้สวิตช์บล็อกแรงดันสองทางและนำกระสองทาง[3,6] ทำให้ลดจำนวนสวิตช์และความยุ่งยากในการควบคุมลง แต่วงจรแบบนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถต่อเป็นแบบ 3 เฟส 4 สายได้ ประเด็นที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการสร้างวงจรเอซีซอปเปอร์คือ การสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์(commutation) เนื่องจากว่าตัวของวงจรนั้นไม่มีทางเดินกระแสหมุนเวียนเสรี(freewheeling paths) จากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นจะใช้วงจรสนับเบอร์[1,8] เป็นตัวรองรับพลังงานขณะสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์ และการใช้เทคนิคการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์[3] ที่เรียกว่าการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์แบบกระแส(current commutation) วิธีนี้จะมีลำดับการขับนำสวิตช์ที่สอดคล้องกับทิศทางของกระแสโหลดเพื่อสร้างเส้นทางเดินสำหรับกระแสโหลดขณะ

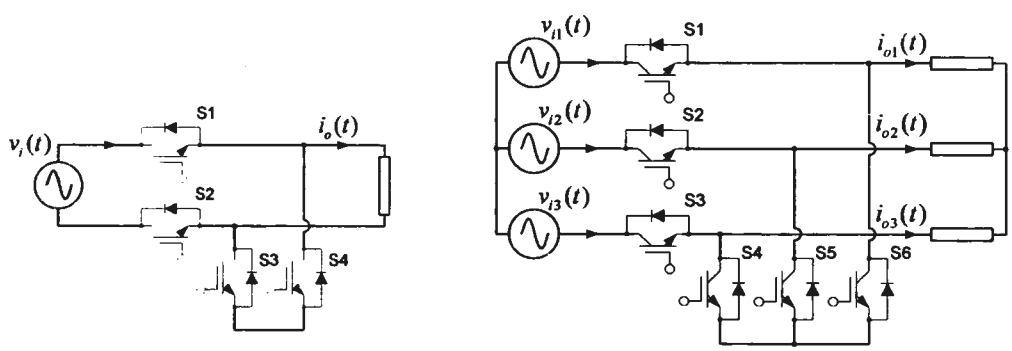
สับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์ สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จะมีการเพิ่มเทคนิคการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์แบบแรงดัน[11] ที่ใช้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบเมทริกซ์มาใช้กับวงจรเอซีซอปเปอร์ เพื่อช่วยให้คุณสมบัติการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์มีความปลอดภัยขึ้น โดยวิธีนี้จะมีลำดับการขับนำสวิตช์สอดคล้องกับทิศทางของแหล่งจ่ายเพื่อสร้างเส้นทางเดินสำหรับกระแสโหลด และวิธีนี้ยังไม่มีการนำไปใช้กับวงจรเอซีซอปเปอร์เลย

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตที่กล่าวถึงเฉพาะวงจร 1 เฟสหรือ 3 เฟส 3 สาย อาจเป็นเพราะว่าโหลดที่มีการใช้งานอยู่มักเป็น 1 เฟส,3 เฟส 3สายหรือมอเตอร์แบบ 3 เฟส 3 สายเท่านั้น แต่หากต้องการแหล่งจ่ายที่สามารถใช้งานได้ทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส การสร้างวงจรที่เป็นแบบ 3 เฟส 4 สายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น



ก) วงจร 1 เฟส ข) วงจร 3 เฟส

รูปที่ 1.2 วงจรเอซีซอปเปอร์ที่ใช้สวิตช์สองทาง

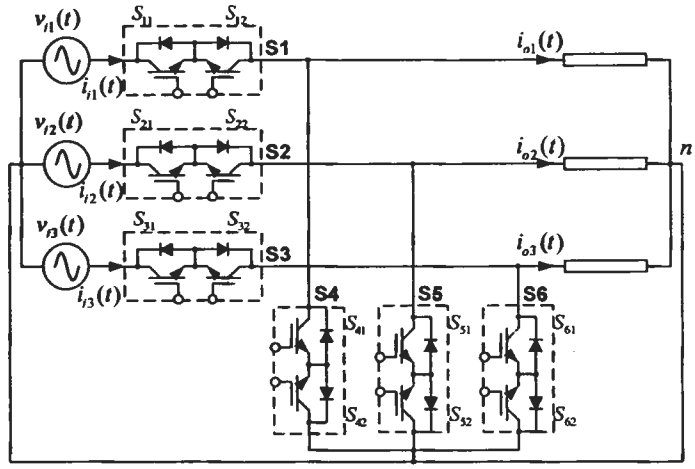


ก) วงจร 1 เฟส ข) วงจร 3 เฟส

รูปที่ 1.3 วงจรเอซีซอปเปอร์ที่ใช้สวิตช์ทางเดียว

จากการศึกษาพบว่าการสร้างวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สายนั้นจำเป็นที่ต้องใช้สวิตช์สองทาง วงจรจึงจะทำงานแบบ 3 เฟส 4 สายได้ และจากที่วงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สายที่ใช้สวิตช์สองทางนั้นจะไม่มีทางเดินกระแสหมุนเวียนเสรี ทำให้จำเป็นต้องมีรูปแบบในการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์เพื่อป้องกันการเกิดแรงดันเกินทางด้านออกและป้องกันการเกิด

กระแสลัดวงจรทางด้านเข้าเช่นเดียวกับวงจรเอซีซอปเปอร์ที่ใช้สวิตช์สองทางแบบ 1 เฟสและแบบ 3 เฟส 3 สาย



รูปที่ 1.4 วงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ที่ใช้สวิตช์สองทาง

ปัญหาประการหนึ่งสำหรับการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์แบบกระแสและแบบแรงดัน ก็คือสัญญาณที่ใช้อ้างอิงในการกำหนดรูปแบบของสัญญาณขับนำสวิตช์ ที่พิจารณาจากเครื่องหมายของสัญญาณอ้างอิงว่ามากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์ อาจมีความไม่แน่นอนขณะกำลังผ่านศูนย์ เนื่องจากถูกรบกวนหรือเพราะความไม่แม่นยำของอุปกรณ์ก็ตาม ทำให้รูปแบบของสัญญาณขับนำผิดพลาด เป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันค่าสูงหรือกระแสลัดวงจรในวงจรได้ การแก้ปัญหานี้ยังไม่มีงานวิจัยใดกล่าวถึงเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของสัญญาณอ้างอิงขณะกำลังผ่านศูนย์ด้วยวิธีสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์แบบผสม (Mixed commutation)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษา ออกแบบและสร้างวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ที่มีความถี่ด้านออกเท่ากับด้านเข้าและสามารถปรับขนาดของแรงดันแบบทอนระดับ เพื่อใช้ทดแทนหม้อแปลงแบบออโต้ 3 เฟส

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษา ออกแบบและสร้างวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ขนาด 3.3 kVA แรงดันด้านเข้า 380 V ความถี่ 50 Hz กระแสโหลดสูงสุด 5 A และสามารถปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านออกเป็นแบบทอนระดับ

1.4 นิยามสัญลักษณ์

$v_{i1}(t), v_{i2}(t), v_{i3}(t)$: แรงดันด้านแหล่งจ่ายเฟส 1,2,3 ที่เวลาใดๆตามลำดับ

$i_{i1}(t), i_{i2}(t), i_{i3}(t)$: กระแสด้านแหล่งจ่ายเฟส 1,2,3 ที่เวลาใดๆตามลำดับ

$v_{o1}(t), v_{o2}(t), v_{o3}(t)$: แรงดันด้านโหลดเฟส 1,2,3 ที่เวลาใดๆตามลำดับ

$i_{o1}(t), i_{o2}(t), i_{o3}(t)$: กระแสด้านโหลดเฟส 1,2,3 ที่เวลาใดๆตามลำดับ

V_{ip}, I_{ip} : แรงดันและกระแสด้านแหล่งจ่ายสูงสุด

V_{op}, I_{op} : แรงดันและกระแสด้านโหลดสูงสุด

ω : ความถี่เชิงมุม

f_s, T_s : ความถี่การสวิตช์และคาบการสวิตช์

f_c : ความถี่หักมุม

D : วัฏจักรงาน

L_o, C_o : ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุของวงจรกรองด้านออก

L_i, C_i : ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุของวงจรกรองด้านเข้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ความรู้ที่ได้จากวงจรเอซีซอปเปอร์แบบต่างๆ
2. ความรู้ที่ได้จากการออกแบบและสร้างวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย
3. สามารถนำวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ไปใช้งานได้

1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ศึกษาวงจรเอซีซอปเปอร์แบบต่างๆ จากบทความวิจัย
2. ศึกษาวิธีการสับเปลี่ยนกระแสระหว่างสวิตช์
3. จำลองการทำงานของวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย ด้วยโปรแกรม Matlab
4. สร้างวงจรวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย และวงจรควบคุม
5. ทดลองวงจรวงจรเอซีซอปเปอร์แบบ 3 เฟส 4 สาย
6. เก็บข้อมูลและสรุปผล
7. เขียนวิทยานิพนธ์