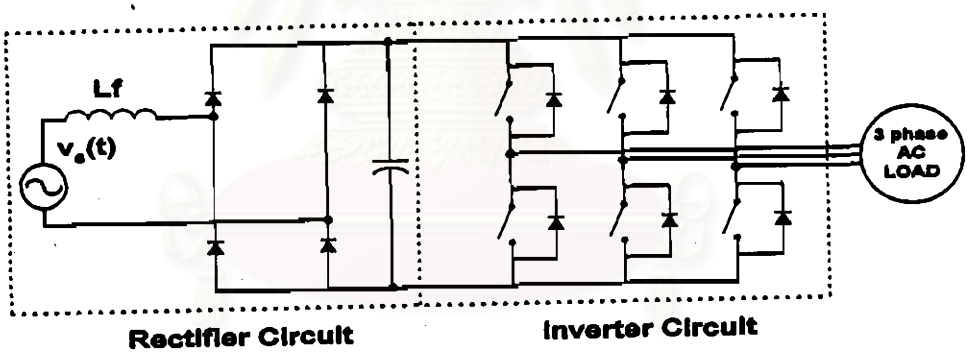
บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเบื้องต้น

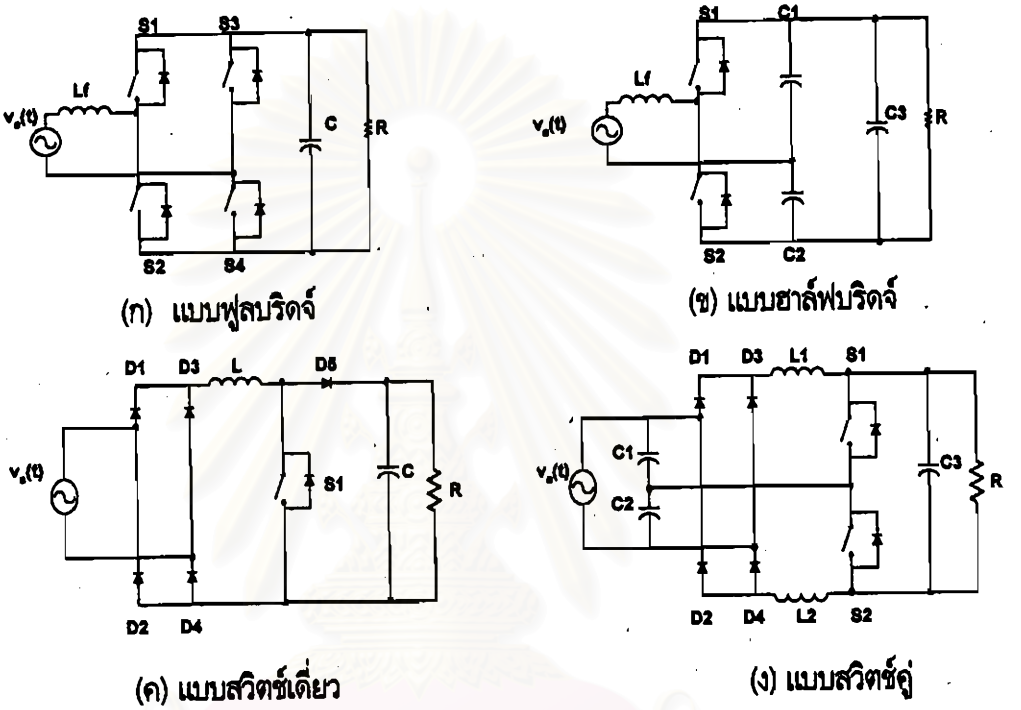
ในวงการอุตสาหกรรมที่ต้องพึ่งพาเครื่องจักรกล ในการสร้างผลผลิต ระบบขับเคลื่อนซึ่งประกอบไปด้วย มอเตอร์เหนี่ยวนำได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ซึ่งการที่จะปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำให้ได้ตามต้องการนั้น จะใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ในการควบคุม วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่พบอยู่ทั่วไป ซึ่งมีอินพุทเป็นแรงดันไฟสลับ 1 เฟส ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ประกอบด้วยวงจรสองส่วนคือ วงจรส่วนหน้าได้แก่ วงจรเรียงกระแส ซึ่งใช้ไดโอด 4 ตัวต่อแบบบริดจ์ เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับ 1 เฟส เป็นแรงดันไฟตรง และวงจรส่วนหลังได้แก่ วงจรอินเวอร์เตอร์ 3เฟส ที่ใช้สวิตช์ทั้งหมด 6 ตัว เพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟตรง กลับเป็นแรงดันไฟสลับ 3 เฟส แล้วจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ



รูปที่ 1.1 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีอินพุทเป็นแรงดันไฟสลับ 1 เฟส

วงจรเรียงกระแส ก่อให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกปะปนเข้ามากับกระแสด้านเข้าของวงจร สาเหตุหนึ่งมาจากลักษณะการทำงานของไดโอดเรียงกระแสที่ยอมให้กระแสไหลผ่านก็ต่อเมื่อขนาดของแรงดันด้านเข้าของวงจรเรียงกระแสมีค่ามากกว่าแรงดันทางด้านออก ส่งผลให้รูปคลื่นของกระแสทางด้านเข้าผิดเพี้ยนไปจากรูปไซน์ กระแสฮาร์มอนิกนี้เอง จะสร้างปัญหาโดยการเข้าไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆในระบบ เช่น ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเกินในคาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่กับระบบ เกิดการเพี้ยนของแรงดันที่รับจากระบบการไฟฟ้า ตลอดจนเข้าไปรบกวนการทำงานของระบบสื่อสารเป็นต้น

สำหรับแนวทางการแก้ไขปัญหาทางหนึ่งอาจทำได้โดยการสร้างวงจรเรียงกระแสที่ไม่ผลิตกระแสฮาร์มอนิก หรือผลิตออกมาในปริมาณที่น้อย ซึ่งเราเรียกวงจรเรียงกระแสลักษณะดังกล่าวว่า วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ (Switch-Mode Rectifier) ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายแบบดังแสดงในรูปที่ 1.2

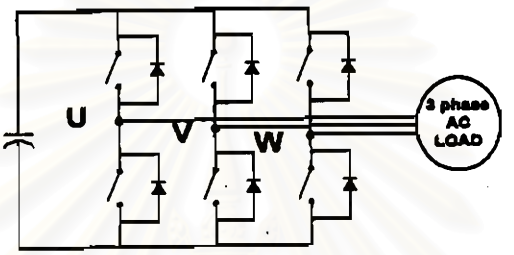


รูปที่ 1.2 วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์แบบต่างๆ

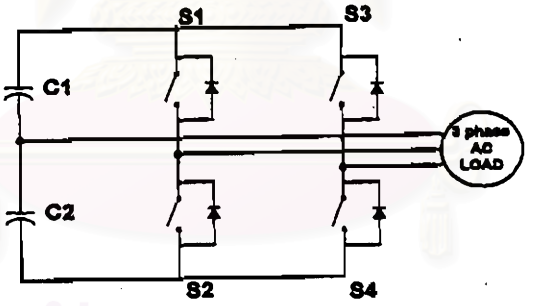
วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ในแต่ละแบบต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์แบบฟูลบริดจ์และแบบฮาล์ฟบริดจ์แม้จะมีคุณสมบัติในการปรับปรุงรูปคลื่นกระแสทางด้านเข้าให้มีรูปร่างใกล้เคียงไซน์ได้ดีแต่ก็จำเป็นต้องใช้การควบคุมที่ค่อนข้างยุ่งยาก โดยต้องมีการตรวจจับกระแสหรือแรงดันทางด้านแหล่งจ่ายมาใช้ในการควบคุมการสวิตช์ ส่วนวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์แบบสวิตช์เดี่ยวแม้จะมีวิธีการควบคุมที่ง่ายและใช้สวิตช์กำลังเพียง 1 ตัวแต่โครงสร้างของวงจรโดยรวมทำให้ไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบแพ็กเกจที่มีอยู่ในปัจจุบัน อีกทั้งจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟตรงด้านออกที่มีค่าสูง เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง ส่วนวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์แบบสวิตช์คู่นั้นจะเป็นวงจรที่มีวิธีการควบคุมรูปคลื่นกระแสทางด้านเข้าที่ง่าย รวมทั้งการที่ใช้สวิตช์กำลัง 2 ตัวผลัดกันทำงานจะทำให้ค่าระลอกของกระแสด้านเข้าจะมีขนาดเล็กกว่าวงจรแบบ

สวิตช์เดี่ยวทำให้ง่ายในการออกแบบวงจรกรอง นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบในการเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบแพ็กเกจได้ และแรงดันบัสไฟตรงที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้วงจรทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องก็ยังมีค่าต่ำกว่าวงจรที่ใช้สวิตช์เดี่ยวอีกด้วย จึงเป็นวงจรที่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในโครงงานวิจัยนี้

ส่วนในภาควงจรอินเวอร์เตอร์นั้น วงจรที่มีใช้กันทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ แบบฟูลบริดจ์ และแบบวีหรือแบบฮาล์ฟบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.3



(ก) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์



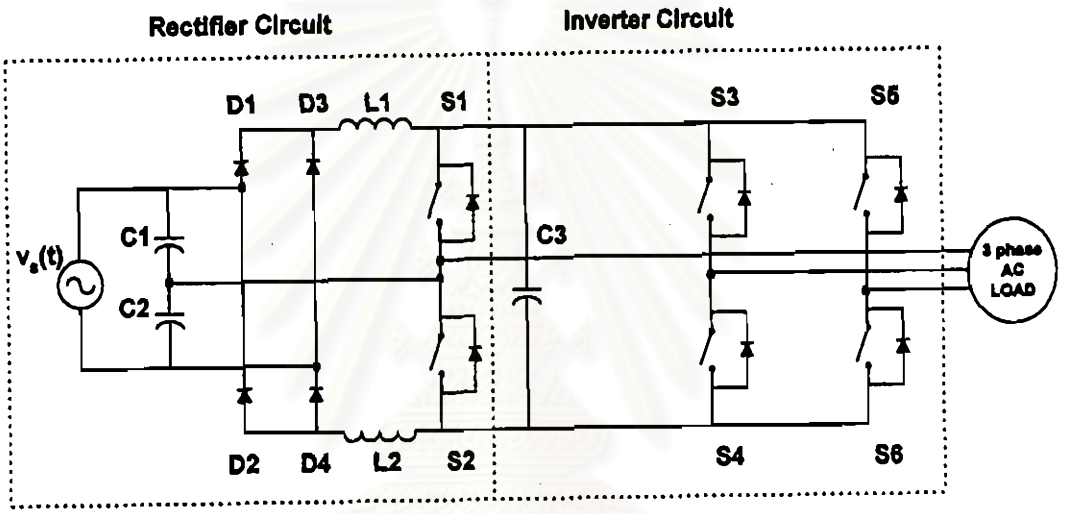
(ข) วงจรอินเวอร์เตอร์แบบวีหรือแบบฮาล์ฟบริดจ์

รูปที่ 1.3 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบต่างๆ

วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์จะใช้สวิตช์กำลังจำนวน 6 ตัวซึ่งมากกว่าวงจรอินเวอร์เตอร์แบบวีหรือแบบฮาล์ฟบริดจ์ ที่จะใช้เพียง 4 ตัวเท่านั้น แต่วงจรแบบวีนี้จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมแรงดันที่จุดกึ่งกลางแรงดันบัสไฟตรงที่อาจมีการเลื่อนค่าขึ้นลง ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของกระแสที่จ่ายออกจากตัวเก็บประจุ C1 และ C2 อีกทั้งยังจำเป็นที่จะต้องใช้แรงดันบัสไฟตรงที่สูงกว่าแบบฟูลบริดจ์ถึง 2 เท่า แต่ถ้าหากเราทำการออกแบบวงจรเพื่อใช้ในการขับมอเตอร์ที่มีแรงดันด้านเข้าไม่สูงนัก แรงดันบัสไฟตรงที่จำเป็นต้องใช้ก็จะไม่สูงมากนัก

จะเห็นได้ว่าวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ จะต้องใช้สวิตช์กำลังเพิ่มขึ้นมาจากวงจรเรียงกระแสแบบปกติ 1–4 ตัว ตามรูปที่ 1.2 ซึ่งเมื่อเราพิจารณาวงจรรวมโดยนำวงจรเรียงกระแสแบบวิธี

สวิตช์นี้ต่อร่วมกับวงจรอินเวอร์เตอร์ในส่วนหลังก็จะมีจำนวนสวิตช์รวม7 - 10 ตัวจากข้อเสียของวงจรรวมที่จำเป็นต้องใช้สวิตช์จำนวนมากขึ้นนี้เอง เราจึงเสนอแนวความคิดในการพัฒนาวงจรรวมดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์แบบสวิตช์คู่ที่มีการใช้สวิตช์กำลังร่วมกันกับวงจรอินเวอร์เตอร์ ทำให้เราสามารถลดจำนวนสวิตช์ที่ใช้ลงเหลือ 6 ตัว และยังสามารถเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่มีลักษณะเป็นแพ็กเกจ เช่น IPM (Intelligent Power Module) ได้ด้วย



รูปที่ 1.4 โครงสร้างของวงจรรวมที่มีลักษณะเสมือนต่อแบบวี

วงจรรวมที่นำเสนอในโครงการนี้จะมีข้อดีสรุปได้ดังนี้คือ

1) สามารถปรับปรุงรูปคลื่นของกระแสทางด้านเข้าให้มีรูปร่างใกล้เคียงรูปไซน์

2) จำนวนสวิตช์ที่ใช้ในวงจรรวมลดลง

3) สามารถเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง แบบแพ็กเกจได้ทำให้วงจรโดยรวมมีขนาดเล็กลง

4)โครงสร้างและการควบคุมการทำงานของวงจรไม่ยุ่งยากจนเกินไป

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

พัฒนาสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสที่มีลักษณะเสมือนต่อแบบวี ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1) สามารถป้อนกำลังไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 220 V_{L-L} 370 W

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) สามารถปรับปรุงรูปคลื่นของกระแสด้านเข้า ให้มีค่ากระแสฮาร์มอนิกที่อันดับต่างๆ ไม่เกินค่ามาตรฐาน IEC 61000-3-2 Class A ดังตารางที่ 1.1
3) สามารถลดจำนวนสวิตช์ที่ใช้ในการสร้างวงจร

ตารางที่ 1.1 ค่าจำกัดของกระแสฮาร์มอนิกสำหรับอุปกรณ์ใน Class A

Harmonic order n	Maximum permissible harmonic current (A)
Odd harmonics	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 < n < 39$	0.15 15/n
Even harmonics	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 < n < 40$	0.23 8/n

1.3 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาคุณสมบัติของวงจรเรียงกระแสแบบที่มีการปรับปรุงรูปคลื่นกระแสด้านเข้า
2. ศึกษาวิธีการในการควบคุมวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ 3 เฟส ที่ใช้สวิตช์เพียง 4 ตัว
3. จำลองการทำงานของวงจรโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงาน
4. ศึกษาและพัฒนาวงจรควบคุม
5. ศึกษาคุณสมบัติของ อุปกรณ์สวิตช์กำลัง แบบ intelligent power module (IPM)
6. ออกแบบและทดลองสร้างวงจรในแต่ละส่วน

7. แก้ไขปรับปรุงวงจรในแต่ละส่วน
8. นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบกัน และทำการทดลองเพื่อแก้ไขส่วนบกพร่อง
9. ทำการทดสอบวงจรทั้งหมด และทดลองใช้งาน
10. ประเมินผล และเขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบใหม่ เพื่อใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดเล็กในอุตสาหกรรมได้ โดยที่วงจรเรียงกระแสในส่วนหน้าผลิตกระแสฮาร์มอนิกในปริมาณที่ไม่เกินค่ามาตรฐาน IEC 61000-3-2 class A
2. ช่วยลดปัญหาฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังอันเกิดเนื่องจากระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยไม่ทำให้อินเวอร์เตอร์มีราคาแพงขึ้น
3. ผลการศึกษา วิจัย และพัฒนา สามารถที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย