บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น

ในปัจจุบันเทคโนโลยีและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง อาทิเช่น วงจรเรียงกระแส อินเวอร์เตอร์ ฯลฯ ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในวงการอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังดังกล่าว ก็ได้ก่อให้เกิดฮาร์มอนิกขึ้นมาในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจะสร้างปัญหาโดยการเข้าไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ (F. Z. Peng, 1990) เช่น อาจก่อให้เกิดกระแสเกินในคาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่กับระบบ ตลอดจนกระทั่งเข้าไปรบกวนต่อการทำงานของระบบสื่อสาร เป็นต้น

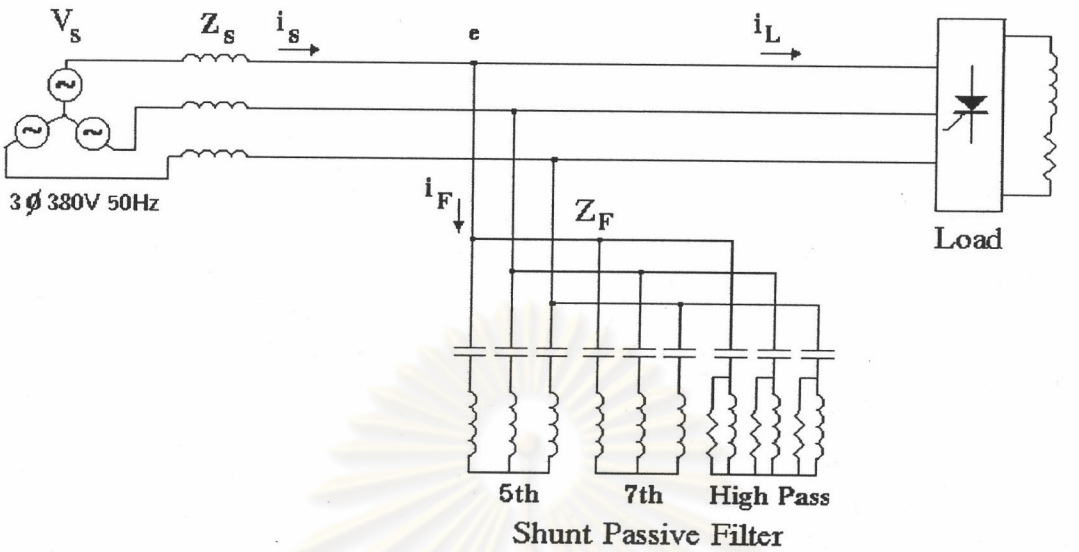
สำหรับแนวทางในการแก้ปัญหาของฮาร์มอนิกที่ผ่านมา ก็ได้มีการนำเอาวงจรกรองแบบพาสซีฟเข้ามาติดตั้ง เพื่อที่จะกรองกระแสฮาร์มอนิกออกไปจากระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.1(ก) ซึ่งสามารถเขียนแสดงเป็นวงจรสมมูลหนึ่งเฟสได้ดังรูปที่ 1.2(ก) แต่การใช้วงจรกรองแบบพาสซีฟก็ยังมีข้อจำกัดอยู่ ได้แก่

1.ลักษณะสมบัติการกรองของวงจรกรองแบบพาสซีฟขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่ายกำลัง(Z_s)ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หากโครงสร้างของระบบกำลังมีการเปลี่ยนแปลง

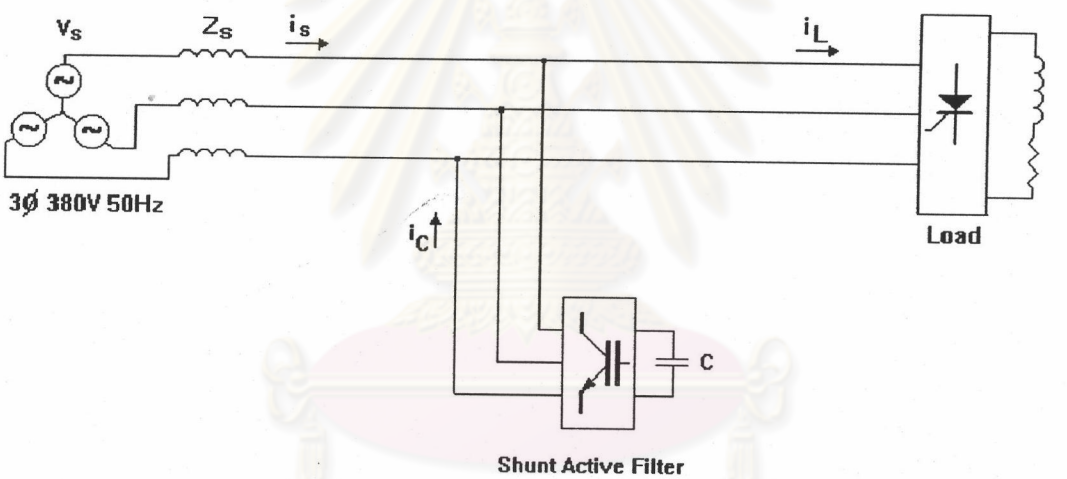
2.วงจรกรองจะมีผลของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานกับ Z_s เมื่อมองจากทางด้านโหลด ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นด้วยกระแสฮาร์มอนิกจากโหลด ก็อาจจะทำให้เกิดกระแสสูงไหลระหว่างแหล่งจ่าย กับวงจรกรองแบบพาสซีฟ นอกจากนี้แล้วยังมีผลให้เกิดแรงดันสูงตกคร่อมโหลดและทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบเสียหายได้อีกด้วย (F. Z. Peng,1990) (M. Takeda, 1987)

3.อาจเกิดกระแสเกินค่าพิกัดไหลในตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ในกรณีที่แรงดันจากแหล่งจ่ายมีส่วนของฮาร์มอนิกปะปนเข้ามาด้วย (กิติพจน์ สิทธิเลิศพิศาล, 2539)

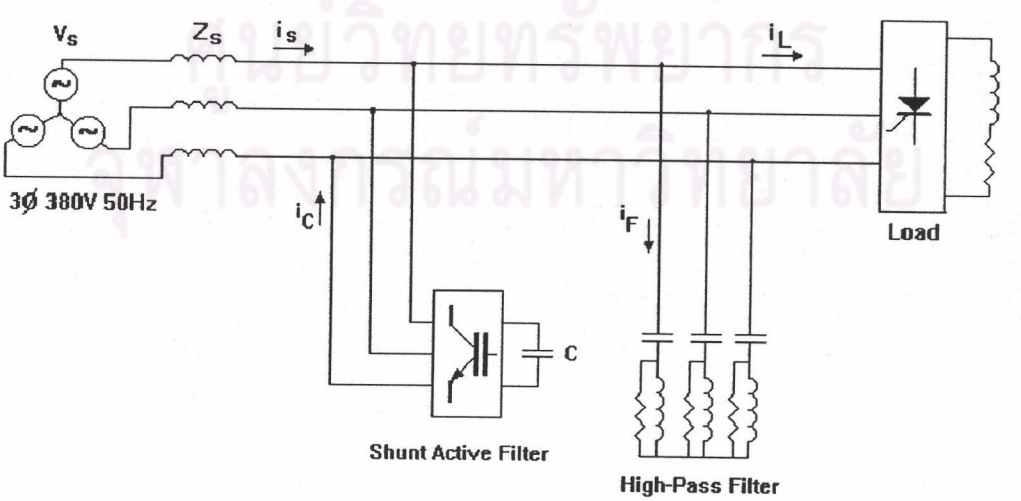
จากข้อจำกัดของวงจรกรองแบบพาสซีฟดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนานำเอาวงจรกรองแบบแอกทีฟเข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาฮาร์มอนิกดังแสดงในรูปที่ 1.1(ข) และสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลหนึ่งเฟสได้ดังรูปที่ 1.2(ข)



(ก) ระบบที่ใช้วงจรกรองกำลังแบบพาสซีฟ



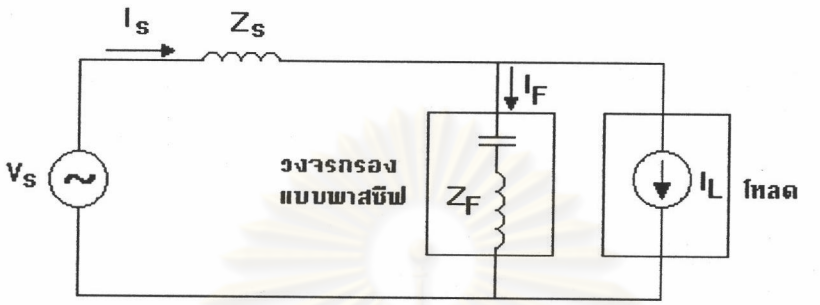
(ข) ระบบที่ใช้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน



(ค) ระบบที่ใช้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานที่ต่อร่วมกับวงจรกรองแบบพาสซีฟ

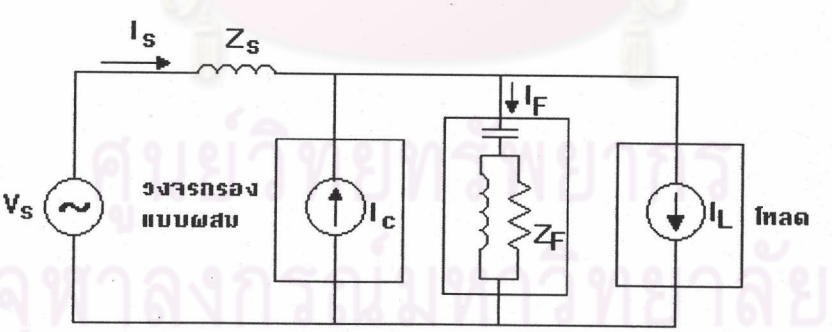
รูปที่ 1.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้วงจรกรองในลักษณะต่าง ๆ

วงจรกรองแบบแอกทีฟจะต่อขนานกับโหลด และจะทำตัวเสมือนแหล่งจ่ายกระแสที่จะทำหน้าที่ในการผลิตกระแสในส่วนของฮาร์มอนิก ขึ้นมาหักล้างกระแสฮาร์มอนิกที่เกิดจากโหลด ทำให้กระแสจากแหล่งจ่ายมีรูปร่างใกล้เคียงไซน์มากขึ้น (F. Z. Peng, 1990)



(ก) วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของวงจรกรองแบบพาสซีฟ

(ข) วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของวงจรกรองแอกทีฟแบบขนาน



(ค) วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของวงจรกรองแอกทีฟแบบขนานที่ต่อร่วมกับวงจรกรองแบบพาสซีฟ

รูปที่ 1.2 วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของระบบที่ใช้วงจรกรองในลักษณะต่าง ๆ

อย่างไรก็ตามการใช้วงจรกรองแบบแอกทีฟอย่างเดียวจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังมีขนาด kVA สูง ราคาแพง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการเสนอวงจรกรองแอกทีฟแบบขนานที่ต่อร่วมกับวงจรกรองแบบพาสซีฟ (M. Takeda, 1987) ดังแสดงในรูปที่ 1.1(ค)

และสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูลหนึ่งเฟสได้ตามรูปที่ 1.2(ค) โดยที่การกำจัดฮาร์มอนิกของวงจรกรองแอกทีฟและวงจรกรองพาสซีฟในวงจรกรองแบบไฮบริดดังกล่าวจะไม่แยกส่วนกัน (วงจรกรองแอกทีฟกำจัดฮาร์มอนิกทุกความถี่) จึงทำให้เกิดปัญหาสำคัญประการหนึ่งขึ้นในวงจรกรองแบบไฮบริดดังกล่าวได้แก่ การที่กระแสชดเชยซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยวงจรกรองแอกทีฟบางส่วนไหลย้อนกลับไปยังวงจรกรองพาสซีฟ เนื่องมาจากวงจรกรองพาสซีฟจะทำตัวเป็นอิมพีแดนซ์ค่าต่ำที่ความถี่ฮาร์มอนิกที่ต้องการกำจัด ซึ่งอาจทำให้เกิดกระแสเกินในวงจรกรองพาสซีฟ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เสนอการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบให้วงจรกรองแอกทีฟและพาสซีฟกำจัดฮาร์มอนิกแยกส่วนกัน กล่าวคือ จะใช้วงจรกรองแอกทีฟแบบขนานทำหน้าที่กำจัดกระแสฮาร์มอนิกอันดับต่ำของระบบ โดยอาศัยการจ่ายกระแสฮาร์มอนิกชดเชยกลับเข้าไปหักล้างกับกระแสฮาร์มอนิกจากทางด้านโหลด ส่วนวงจรกรองพาสซีฟซึ่งออกแบบให้มีลักษณะเป็นวงจรกรองแบบผ่านสูง (High-pass filter) จะทำหน้าที่กรองกระแสฮาร์มอนิกอันดับสูงที่เหลือของระบบ ทำให้รูปคลื่นกระแสทางด้านแหล่งจ่ายมีลักษณะใกล้เคียงไซน์มากขึ้น

ตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่า การใช้วงจรกรองพาสซีฟร่วมกับวงจรกรองแอกทีฟแบบขนานจะมีข้อดีคือ

1.ขนาด kVA ของวงจรกรองแอกทีฟแบบขนานจะมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับวงจรกรองแอกทีฟโดยทั่วไป

2.วงจรกรองแอกทีฟจะทำการชดเชยฮาร์มอนิกในอันดับต่ำเท่านั้น จึงทำให้ง่ายต่อการสร้างเพราะไม่ต้องการระบบที่ทำงานด้วยความเร็วสูง

3.ลักษณะสมบัติการกรองฮาร์มอนิกอันดับต่ำซึ่งจะถูกกำจัดโดยวงจรกรองแอกทีฟไม่ขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย

4.ลดผลของเรโซแนนซ์แบบขนานเมื่อมองจากทางด้านโหลด

5.สะดวกต่อการใช้งานในทางปฏิบัติ เนื่องจากเป็นแบบขนาน

1.2 ขอบเขตการวิจัย

พัฒนาสร้างวงจรกรองแอกทีฟผสมแบบขนานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1.ใช้กับระบบแรงดันสามเฟสสามสาย 380 โวลต์ และโหลดเป็นวงจรเรียงกระแสสามเฟสที่จ่ายกระแสด้านออกคงตัว และมีขนาดเท่ากับ 2.5 kVA

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.สามารถกำจัดกระแสฮาร์มอนิกที่เกิดจากโหลดเพื่อทำให้ค่ากระแสฮาร์มอนิกในระบบกำลังเป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้คือ

กระแสฮาร์มอนิกอันดับต่ำกว่า 11 มีค่าไม่เกิน 7.0 %

กระแสฮาร์มอนิกอันดับสูงกว่า 11 แต่ไม่เกิน 17 มีค่าไม่เกิน 3.5 %

กระแสฮาร์มอนิกอันดับสูงกว่า 17 แต่ไม่เกิน 23 มีค่าไม่เกิน 2.5 %

ค่าองค์ประกอบความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกรวม(THD) มีค่าไม่เกิน 8.0 %

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาคุณสมบัติของวงจรกรองแบบพาสซีฟ วงจรกรองแอกทีฟแบบขนาน
2. จำลองระบบวงจรกรองแบบไฮบริดโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษา และวิเคราะห์การทำงาน โดยเน้นถึงการหาจุดที่เป็นปัญหาของระบบที่จะทำและหาแนวทางแก้ไขต่อไป
3. ค้นคว้าหาทฤษฎีที่จะใช้ในการออกแบบ โดยเน้นในส่วนของวงจรตรวจจับกระแสฮาร์มอนิก
4. ออกแบบและทดลองสร้างวงจรในแต่ละส่วน
5. แก้ไขปรับปรุงวงจรในแต่ละส่วน
6. นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบกัน และทำการทดลองเพื่อแก้ไขส่วนบกพร่อง
7. ทำการทดสอบวงจรทั้งหมด และทดลองใช้งาน
8. ประเมินผล และเขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. พัฒนาเทคนิคการกำจัดฮาร์มอนิกที่ดีกว่าแบบวงจรกรองพาสซีฟหรือแอกทีฟเพียงอย่างเดียวเพื่อลดปัญหาที่เกิดเนื่องมาจากฮาร์มอนิก
2. พัฒนาหลักการออกแบบระบบวงจรกรองแอกทีฟขนานแบบไฮบริด
3. ผลการศึกษา วิจัย และพัฒนา สามารถที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย