บทที่ 1

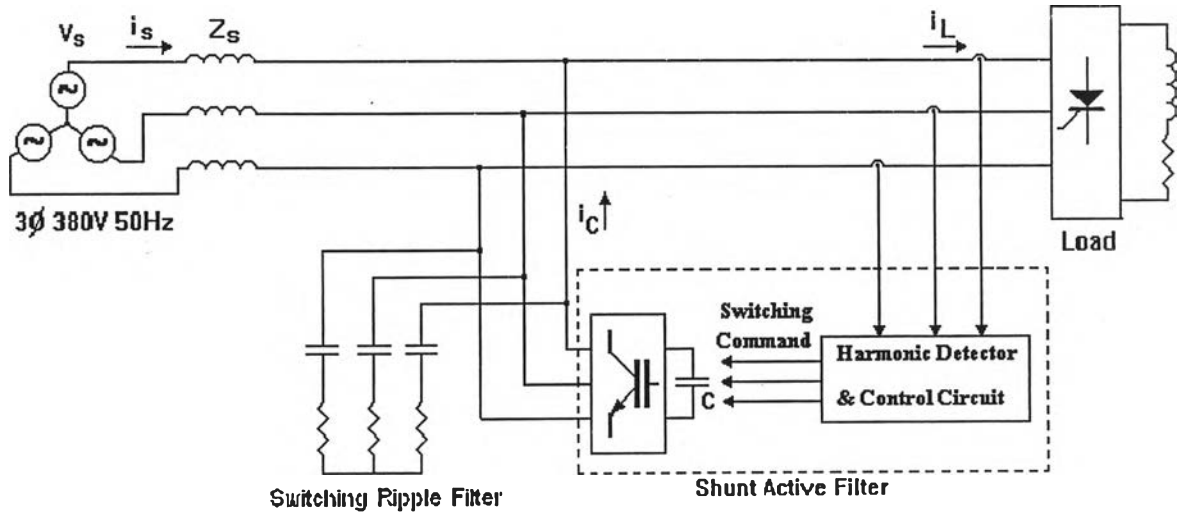
บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเบื้องต้น

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมกำลังพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังชนิดต่างๆเข้ามาใช้มากขึ้น อุปกรณ์เหล่านี้ทำให้เกิดปัญหากระแสฮาร์มอนิกในระบบกำลังซึ่งนับวันก็จะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ในอดีตได้มีการนำวงจรกรองพาสซีฟ L-C มาต่อเข้าไปในระบบเพื่อกรองฮาร์มอนิก เหล่านี้ แต่ก็ยังไม่ให้ผลที่ดีนัก อาจเกิดปัญหาเรโซแนนซ์ และคุณสมบัติการกรองยังขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย ปัจจุบันได้มีการนำเอาวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบต่างๆมาใช้ในการแก้ปัญหาฮาร์มอนิก เหล่านี้ด้วยซึ่งให้ผลการกำจัดฮาร์มอนิกที่ดีขึ้นกว่าการใช้วงจรกรองพาสซีฟแบบเดิม

วงจรกรองกำลังแอกทีฟจะต่อเข้ากับระบบกำลังเพื่อทำการกำจัดฮาร์มอนิกโดยจะตรวจจับฮาร์มอนิกในระบบ จากนั้นจะสร้างกระแสฮาร์มอนิกซึ่งมีเครื่องหมายตรงข้ามกันเข้าไปหักล้างกับกระแสโหลด ทำให้ได้กระแสทางด้านแหล่งจ่ายมีลักษณะเป็นรูปไซน์ที่ไม่มีฮาร์มอนิก หลักการทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนาน

ในการทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ การตรวจจับกระแสฮาร์มอนิกเป็นสิ่งสำคัญซึ่งกำหนดคุณลักษณะในการกำจัดฮาร์มอนิกของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ การตรวจจับกระแสฮาร์มอนิกสำหรับวงจรกรองกำลังแอกทีฟมีหลายวิธี อาทิเช่น วิธีการตรวจจับโดยใช้ทฤษฎี p-q (H. Akagi, 1983) วิธีการตรวจจับโดยใช้การแปลงแกนหมุน (M. Takeda, 1988) (สรรค์ธิพงษ์ โฆษิตเกษม, 2540) การตรวจจับฮาร์มอนิกโดยใช้วิธีวิเคราะห์สเปกตรัมซึ่งอาจจะใช้ FFT(Fast Fourier Transform) Neural Network (นเรศ เพ็ชรนิน, 2539) ฯลฯ (E. Destobbeleer, 1996) (J. S. Tepper, 1996) การตรวจจับฮาร์มอนิกโดยวิธีใช้วงจรกรองบนแกนหมุนจะมีผลตอบสนองที่ช้าเนื่องจากการใช้วงจรกรองผ่านต่ำ หรือบางวิธีอาจมีการคำนวณที่ยุ่งยากซับซ้อนดังเช่นการทำ FFT ในกรณีที่กระแสฮาร์มอนิกมีการเปลี่ยนแปลงไปกับเวลา การใช้วิธีการตรวจจับที่ให้ผลตอบสนองรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นต่อคุณลักษณะการกำจัดฮาร์มอนิกที่ดี

ในกรณีที่ระบบมีฮาร์มอนิกเฉพาะบางอันดับที่ทำให้เกิดปัญหาหรือในกรณีที่วงจรกรองกำลังแอกทีฟของเรามี kVA ที่จำกัด เราจะเลือกกำจัดฮาร์มอนิกเฉพาะอันดับที่สำคัญก็พอ (สรรค์ธิพงษ์ โฆษิตเกษม, 2540) วงจรกรองกำลังแอกทีฟในลักษณะนี้จะต้องสามารถจ่ายเฉพาะกระแสชดเชยของฮาร์มอนิกอันดับที่ต้องการกำจัด ตัวตรวจจับกระแสฮาร์มอนิกจึงต้องสามารถแยกแยะเอาเฉพาะองค์ประกอบที่ต้องการกำจัดได้ โดยไม่มีกระแสฮาร์มอนิก อันดับอื่นๆรวมทั้งกระแสความถี่มูลฐานปะปนมา แต่เดิมการตรวจจับฮาร์มอนิกเฉพาะบางอันดับนั้นเราจะใช้วิธีการแปลงสัญญาณกระแสไปอยู่บนแกนหมุนของฮาร์มอนิกที่ต้องการ แล้วกรองแยกสัญญาณที่ต้องการออกด้วยวงจรกรองผ่านต่ำ แล้วจึงแปลงแกนกลับมาเป็นสัญญาณฮาร์มอนิกที่ต้องการ (N. Nanaumi, 1996) (A. Salem nia,1996) วิธีนี้จะมีผลตอบสนองที่ขึ้นอยู่กับความถี่หักมุมของวงจรกรองผ่านต่ำ ซึ่งมีข้อเสียคือเราไม่สามารถได้คุณสมบัติการแยกแยะฮาร์มอนิกออกจากกันได้ดีควบคู่กันกับความรวดเร็วในการตอบสนอง กล่าวคือถ้าใช้ความถี่หักมุมค่าสูงผลตอบสนองจะรวดเร็วแต่การแยกแยะฮาร์มอนิกที่ต้องการออกจากฮาร์มอนิกอันดับอื่นๆและความถี่มูลฐานซึ่งอยู่ในย่านความถี่ใกล้เคียงจะทำได้ไม่ดี ในขณะที่ถ้าใช้ความถี่หักมุมค่าต่ำผลตอบสนองจะช้าแต่สามารถแยกแยะเอาเฉพาะฮาร์มอนิกอันดับที่ต้องการได้ดี โดยมีฮาร์มอนิกอื่นๆปะปนเข้ามาน้อย

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับกระแสฮาร์มอนิกโดยใช้ Recursive Discrete Fourier Transform (DFT) ซึ่งมีคุณลักษณะที่ดีหลายประการคือ

1. ให้ผลการคำนวณเป็นสัญญาณกระแสฮาร์มอนิกซึ่งสามารถนำไปใช้ได้เลย
2. มีผลตอบสนองที่รวดเร็วเหมาะสำหรับระบบที่กระแสฮาร์มอนิกมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

3. สามารถตรวจจับเฉพาะฮาร์มอนิกที่ต้องการได้ดีเหมาะสำหรับใช้กับวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่กำจัดฮาร์มอนิกเฉพาะบางอันดับและยังเหมาะสำหรับใช้กับวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่กำจัดฮาร์มอนิกทุกอันดับด้วย

4. มีการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถทำการคำนวณได้ในแบบ Real-Time และสามารถหาฟังก์ชันโอนย้ายเพื่อการวิเคราะห์ได้ด้วย

สำหรับโหลดที่เป็นแบบ 3 เฟส 3 สายสมดุล เรายังสามารถปรับปรุงการทำ Recursive DFT ให้มีความเหมาะสมกับโหลดในลักษณะนี้โดยจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่รวดเร็วขึ้นกว่าการทำ DFT ธรรมดาถึง 6 เท่า

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1. พัฒนาการตรวจจับฮาร์มอนิกด้วย Recursive DFT พร้อมทั้งทดสอบการทำงานและผลการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

2. สร้างต้นแบบวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบขนานที่มีการตรวจจับฮาร์มอนิกแบบ Recursive DFT สำหรับใช้กับระบบแรงดันสามเฟสสามสาย 380 โวลต์ และโหลดเป็นวงจรเรียงกระแสสามเฟสที่จ่ายกระแสด้านออกคงตัวมีขนาดเท่ากับ 2.5 kVA โดยวงจรกรองกำลังจะต้องสามารถเลือกกำจัดฮาร์มอนิกเฉพาะบางอันดับได้ดีและมีสภาวะชั่วครู่ที่สั้น

3. วงจรกรองกำลังแอกทีฟที่พัฒนาขึ้นต้องสามารถเลือกกำจัดฮาร์มอนิกซึ่งเกิดขึ้นจากโหลดตามที่ต้องการได้ โดยทำให้กระแสฮาร์มอนิกในระบบกำลังในอันดับที่เลือกกำจัดเป็นไปตามข้อกำหนดตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 1.1 ค่าจำกัดของกระแสฮาร์มอนิกสำหรับระบบกำลังที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

อันดับที่เลือกกำจัด (h)	ค่าจำกัด
$h < 11$	7%
$11 \leq h < 17$	3.5%
$17 \leq h < 23$	2.5%
THD(%) (เฉพาะในกรณีกำจัดหมด)	8.0%

1.3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีการประมวลสัญญาณทางดิจิตัลโดยเฉพาะการทำ DFT แบบต่างๆเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจจับกระแสฮาร์มอนิก

2. ศึกษาคุณสมบัติของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบต่างๆ

3. ใช้คอมพิวเตอร์จำลองการทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่มีการตรวจจับฮาร์มอนิกโดยใช้ Recursive DFT ที่ปรับปรุงขึ้น เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานโดยเฉพาะในด้านเสถียรภาพและผลตอบสภาวะชั่วครู่

4. สร้างต้นแบบวงจรกรองกำลังแบบขนานที่ใช้การตรวจจับกระแสฮาร์มอนิกแบบ Recursive DFT

5. ศึกษาและปรับปรุงฮาร์ดแวร์ของวงจรกรองกำลังแอกทีฟ

6. ทำการทดสอบหลักการตรวจจับฮาร์มอนิกกับวงจรกรองกำลังจริงและทดลองใช้งาน

7. ประเมินผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่ใช้วิธีการประมวลสัญญาณทางดิจิตัลมาใช้กำจัดฮาร์มอนิกและสามารถเข้าใจถึงข้อดีและข้อด้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วงจรกรองแบบอื่นๆ

2. สามารถพัฒนาวงจรกรองกำลังแอกทีฟที่สามารถกำจัดฮาร์มอนิกเฉพาะบางอันดับได้

3. ผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาสามารถที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้