บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับปัญหาฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลัง รวมถึงแนวทางวิธีการแก้ไขและขีดจำกัดของวิธีการแก้ไขปัญหาฮาร์มอนิกในวิธีต่าง ๆ และได้นำเสนอวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม เพื่อใช้ในการลดกระแสฮาร์มอนิก โดยวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมจะประพฤติตัวเป็นเสมือนความต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายและโหลด ซึ่งในงานวิจัยนี้เราสามารถทำให้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมทำงานเสมือนค่าความต้านทานได้มีค่าถึงประมาณ 65 - 75 โอห์ม ซึ่งมีค่าสูงเพียงพอสำหรับกั้นการไหลของกระแสฮาร์มอนิกในระบบไฟฟ้ากำลังทั่วไป นอกจากนี้เรายังชี้ให้เห็นถึงปัญหาการแกว่งของระบบซึ่งเกิดจากการประวิงเวลาในส่วนการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ และได้ทำการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยละเอียด ซึ่งช่วยในการออกแบบระบบให้มีเสถียรภาพ เราได้แก้ปัญหานี้โดยการใช้ความถี่ในการสวิตช์สูงขึ้นจาก 6 kHz ไปเป็น 10 kHz

นอกจากนั้นแล้ววงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ยังสามารถใช้ในการรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ตามที่ต้องการในกรณีที่ค่าระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายมีค่าลดลงได้ด้วย โดยวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมจะประพฤติตัวเป็นเสมือนตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายและโหลด ในงานวิจัยนี้เรายังได้วิเคราะห์ถึงขีดความสามารถในด้านการรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดนี้โดยละเอียด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในกรณีที่เรารักษาระดับแรงดันไม่ได้เรายังคงสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของระบบให้ดีขึ้นได้

จากหลักการที่ค่ากำลังงานที่ไหลผ่านเข้าออกจากวงจรกรองกำลังแอกทีฟใน 1 คาบเวลาเท่ากับศูนย์ อินเวอร์เตอร์แบบไร้ส่วนป้อนแรงดันบัสไฟตรงซึ่งแตกต่างจากอินเวอร์เตอร์ทั่วไปได้ถูกนำมาใช้งานให้เป็นวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม การควบคุมแรงดันบัสไฟตรงรวมทั้งการควบคุมแรงดันของวงจรกรองกำลังแอกทีฟเพื่อลดกระแสฮาร์มอนิกและรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดนั้นกระทำโดยไมโครคอนโทรเลอร์ทั้งหมด ดังนั้นระบบจึงมีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง และสามารถพัฒนาต่อไปได้โดยง่าย

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถลดค่ากระแสฮาร์มอนิกของระบบไฟฟ้าให้มีค่า THD ประมาณ 5% ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน (IEEE std 519-1992) แล้ว จะเห็นได้ว่าอยู่ในกรอบที่กำหนดไว้

ตารางที่ 7.1 ปริมาณกระแสโหลดและค่ากระแสจากแหล่งจ่ายที่ความถี่ฮาร์มอนิกลำดับต่างๆ

order	i_L (%)	i_L [A]	i_S (%) ที่ K = 65	i_S [A]
1	100	0.80	100	1.83
5	33.13	0.265	3.85	0.070
7	11.93	0.095	1.47	0.026
11	13.78	0.110	0.61	0.011
13	5.54	0.044	0.01	0.000
THD(%)	10.52		4.80	

และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลไปยังแหล่งจ่ายตามตารางที่ 7.1 แล้ว จะเห็นได้ว่าวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมสามารถลดกระแสฮาร์มอนิกได้มากกว่า 50% ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้เมื่อคิดขนาด kVA ที่จำเป็นในการลดกระแสฮาร์มอนิกจะคำนวณได้ว่ามีค่าประมาณ 32 VA คือ

$$3\times v_c \times i_s = 3\times THD[\%]\times i_s \times K \times i_s = 3\times \frac{4.8}{100}\times 1.83\times 65\times 1.83 \approx 32\,VA$$

ซึ่งมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับขนาด kVA ของโหลด ผลการทดสอบในส่วนการชดเชยระดับแรงดันตกคร่อมโหลดก็แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ดีตามต้องการ ซึ่งขนาด kVA ของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมที่จำเป็นในการทำงานนี้คิดได้เป็น 20% ของ kVA ของโหลด (ตามค่าจำกัดของขนาดแรงดันที่ตั้งไว้ที่ 20% ของค่าพิกัด)

จากข้อสรุปผลการทดลองทั้งหมดที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ว่าวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ ทำงานได้ถูกต้องตามทฤษฎีที่ได้พัฒนาขึ้น อีกทั้งยังนำไปใช้ได้จริงในทางปฏิบัติต่อไป

ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. ในการนำเอาวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมมาใช้งาน จะต้องนำมาใช้ร่วมกับวงจรกรองกำลังพาสซีฟแบบขนาน ถ้าทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรกรองกำลังพาสซีฟแบบขนาน มีค่าต่ำลง (ค่า Q ของวงจรกรองมีค่าสูง) ค่าอัตราขยาย K ของวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมก็สามารถที่จะใช้ค่าต่ำลงได้ ซึ่งเมื่อค่าอัตราขยาย K มีค่าต่ำลง ก็จะเป็นการช่วยลดผลของการเกิดแกว่งของกระแสอันเนื่องมาจากผลของการประวิงเวลาได้

2. ในการนำเอาวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมไปใช้ในงานจริง ควรจะต้องพิจารณาถึงการตัดต่อวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมเข้าออกจากระบบกำลัง ดังนั้นจึงควรพัฒนาระบบให้มีส่วนที่ทำหน้าที่ในการตัดต่อระบบวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมเข้าออกจากระบบกำลังรวมอยู่ด้วย

3. เนื่องจากวงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม จะอาศัยอินเวอร์เตอร์แบบไร้ส่วนป้อนแรงดันบัสไฟตรงในการสร้างแรงดันชดเชยต่างๆ ซึ่งการใช้อินเวอร์เตอร์แบบไร้ส่วนป้อนแรงดันบัสไฟตรงทำให้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมไม่สามารถที่จะประพฤติตัวต่อความถี่หลักมูลเสมือนค่าความต้านทานได้ (ข้อจำกัดที่จะต้องรักษาค่าเฉลี่ยของกำลังงานไฟฟ้าในช่วง 1 คาบเวลาให้มีค่าเป็นศูนย์) ทำให้ระบบไม่สามารถที่จะรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ในกรณีระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายมีค่าสูงเกินไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้ระบบสามารถที่จะรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ในกรณีระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายมีค่าสูงเกินนั้น จะต้องทำการปรับปรุงส่วนของอินเวอร์เตอร์ให้สามารถที่จะดึงหรือจ่ายพลังงานเข้าหรือออกจากแหล่งจ่ายได้

4. ในส่วนของแรงดันที่สร้างขึ้นมา เพื่อลดกระแสฮาร์มอนิก และ รักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลด แรงดันที่สร้างขึ้นจะมีองค์ประกอบฮาร์มอนิกที่ความถี่ของการสวิตช์ปนออกมาด้วย ดังนั้นจึงควรมีส่วนวงจรกรองเพื่อที่จะกรององค์ประกอบความถี่ในการสวิตช์นี้ออกไป