บทที่ 9

สรุปผลเปรียบเทียบและข้อเสนอแนะ

แหล่งจ่ายกำลังแบบสวิตช์ที่สร้างขึ้น มีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มความหนาแน่นกำลัง โดยพยายามเพิ่มความถี่การสวิตช์ขึ้น ในกรณีที่ความถี่การสวิตช์อยู่ในช่วงประมาณ 100 kHz สามารถที่จะใช้สวิตช์ปกติประเภทมอสเฟตวงจรแปลงผันไฟตรงที่สร้างขึ้นใช้โครงสร้างแบบบริดจ์อสมมาตร โดยที่ประสิทธิภาพของวงจรยังอยู่ในช่วงประมาณ 75% แต่ถ้าต้องการให้ความหนาแน่นกำลังสูงขึ้น ความจำเป็นต้องเพิ่มความถี่สวิตช์ให้สูงกว่า 100 kHz โดยเปลี่ยนรูปแบบสวิตช์ปกติเป็นสวิตช์กระแสศูนย์ซึ่งในการทดลองและออกแบบได้ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ทำงานที่ความถี่ประมาณ 300 kHz และใช้โครงสร้างวงจรแบบกึ่งบริดจ์ เนื่องจากวงจรแบบบริดจ์อสมมาตรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์มีปัญหาเรื่องกระแสไฟตรงผ่านหม้อแปลง ผลของการสวิตช์ที่ความถี่สูงขึ้นรวมทั้งวงจรแปลงผันกำลังที่แตกต่างกันจะแสดงผลแตกต่างกันทั้งเงื่อนไขการออกแบบ และผลลัพธ์ที่ได้ดังนี้คือ

9.1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบ

9.1.1 ประสิทธิภาพของวงจรทั้งสอง จากการทดสอบวงจรทั้งสองแบบ กรณีวงจรที่ใช้สวิตช์ปกติ ประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ในช่วงจ่ายโหลดไม่เกิน 100 W ซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ ประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ในช่วงจ่ายโหลดประมาณ 80 W ซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน วงจรที่ใช้สวิตช์ปกติจะมีประสิทธิภาพค่อนข้างคงตัวเมื่อแปรโหลดไป เทียบกับวงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ประสิทธิภาพจะไม่คงตัวเมื่อแปรโหลดไป

9.1.2 การคงค่าแรงดันด้านออก จากการทดสอบวงจรทั้งสองเพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปด้วยความถูกต้อง กรณีวงจรที่ใช้สวิตช์ปกติต้องคิดที่โหลดเปลี่ยนจาก 0 W ไปที่

ประมาณ 100 W ซึ่งจะได้การคงค่าแรงดันด้านออกของวงจรทั้งสองแบบเปรียบเทียบกันดังนี้

	สวิตช์ปกติ	สวิตช์กระแสศูนย์
$\Delta V_{o1} / V_{o1}$	(0.01/ 4.93) x 100 = 0.2%	(0.2/ 4.6) x 100 = 4.3%
$\Delta V_{o2} / V_{o2}$	(0.48/10.42) x 100 = 4.6 %	(0.5/12.25) x 100 = 4.1%
$\Delta V_{o3} / V_{o3}$	(2.53/ 4.97) x 100 = 50.9%	ใช้วงจรคงค่าแรงดันแบบเชิงเส้นเพิ่มเติม
$\Delta V_{o4} / V_{o4}$	(4.12/12.11) x 100 = 34 %	(2.05/12.3) x 100 = 16%

การคงค่าแรงดันด้านออกของวงจรสวิตช์ปกติจะมีการคงค่าแรงดันด้านออกดีสำหรับแรงดันด้านออก V_{o1} (+5V) การคงค่าแรงดันด้านออกปานกลางสำหรับแรงดันด้านออก V_{o2} (+12V) การคงค่าแรงดันด้านออกจะไม่ดีนักสำหรับแรงดันด้านออก V_{o3} (-5V) และ V_{o4} (-12V) ในขณะที่วงจรสวิตช์กระแสศูนย์ การคงค่าแรงดันด้านออกจะมีค่าปานกลางทั้งแรงดันV_{o1}(+5),V_{o2} (+12V) ไม่ดีสำหรับแรงดันด้านออกที่กัดจิงต้องใช้วงจรคุมค่าแรงดันแบบเชิงเส้นเพิ่มเติม -5V และไม่ดีนักสำหรับแรงดัน V_{o4} (-12V)

9.1.3 การคงค่าแรงดันด้านเข้า จากค่าที่ได้ในการทดสอบวงจรทั้งสองเมื่อแรงดันด้านเข้าเปลี่ยนแปลง +10/-10 % ได้ค่าการคงค่าแรงดันด้านเข้าดังนี้

	สวิตช์ปกติ	สวิตช์กระแสศูนย์
$\Delta V_{o1} / V_{o1}$	0 %	11.11%
$\Delta V_{o2} / V_{o2}$	0.29%	10.2 %
$\Delta V_{o3} / V_{o3}$	0.2 %	2 %
$\Delta V_{o4} / V_{o4}$	0.08%	5.7%

จากค่าเปรียบเทียบที่แสดงให้เห็นพบว่าวงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์มีการคงค่าแรงดันด้านเข้าไม่ดีนักเมื่อเปรียบเทียบกับแบบสวิตช์ปกติ

9.1.4 แรงดันระลอก แรงดันระลอกที่เกิดขึ้นจะมีเฉพาะแรงดันยอดแหลม (spike voltage) ซึ่งจะเปรียบเทียบกันได้ดังข้อมูลข้างล่างนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	สวิตช์ปกติ		สวิตช์กระแสศูนย์	
	ไม่มีโหลด	มีโหลด	ไม่มีโหลด	มีโหลด
spike of V_{o1} (โวลต์)	+0.28/-0.24	+0.4/-0.32	+0.25/-0.12	+0.5/-0.2
spike of V_{o2} (โวลต์)	+0.28/-0.24	+0.4/-0.28	+0.25/-0.12	+0.4/-0.15
spike of V_{o3} (โวลต์)	+0.28/-0.28	+0.4/-0.6	+0.3 /-0.2	+0.3/-0.2
spike of V_{o4} (โวลต์)	+0.28/-0.24	+0.68/-0.6	+0.3/-0.2	+0.3/-0.2

แรงดันระลอกของวงจรทั้งสองแบบเกิดแรงดันออกแหลมใกล้เคียงกัน

9.1.5 การคงค่าไขว้ การคงค่าไขว้จะแสดงค่าเปรียบเทียบกันได้ดังนี้

	สวิตช์ปกติ	สวิตช์กระแสศูนย์
CR_1	-0.2%	6%
CR_2	-89%	12.5%

การคงค่าไขว้ของวงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ จะมีค่าดีกว่าในกรณีการคงค่าเมื่อเปลี่ยนแปลงโหลดที่ด้านออก V_{o1} (+5V) และปานกลางสำหรับการเปลี่ยนแปลงโหลดที่ด้านออก V_{o2} (+12V)

9.2 <u>การเปรียบเทียบเงื่อนไขการออกแบบ</u>

9.2.1 ความถี่ที่ใช้สำหรับสวิตช์ วงจรที่ใช้สวิตช์ปกติความถี่ที่ใช้ในสวิตช์จะมีค่าคงที่ แต่ในกรณีวงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ ความถี่ที่ใช้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงโดยมีคาบเวลาค่าสิ่งในช่วง

สวิตช์นำกระแสคงที่ และคาบเวลาค่าสั่งในช่วงสวิตช์หยุดนำกระแสแปรไป ทำให้ความถี่ที่ใช้ในการสวิตช์มีค่าตั้งแต่ 125 kHz ถึงความถี่ 286 kHz

9.2.2 วัฏจักรการทำงาน วงจรที่ใช้สวิตช์ปกติวัฏจักรในการทำงานจะเปลี่ยนจาก 0 ถึง 0.4 ในขณะที่วงจรที่ใช้สวิตช์กระแสศูนย์ วัฏจักรการทำงานจะเปลี่ยนจากประมาณ 1.33/8 = 0.17 ถึง 1.33/1.75 = 0.76 ซึ่งการทำงานของวงจรที่สวิตช์กระแสศูนย์จะไม่สามารถคงค่าแรงดันในช่วงแรงดันด้านเข้าสูง หรือกรณีโหลดมีค่าน้อย แต่จะมีข้อได้เปรียบที่มีวัฏจักรการทำงานสูงสุดได้ถึง 0.76 ในขณะที่ วงจรที่ใช้สวิตช์ปกติ จะมีวัฏจักรการทำงานสูงสุดเพียง 0.4 ทำให้สวิตช์ปกติรับกระแสสูงขึ้น

9.3 ปัญหาที่พบในวงจรแปลงผันเมื่อสวิตช์ที่ความถี่สูงขึ้น

9.3.1 การสูญเสียในช่วงนำกระแสของสวิตช์มอสเฟต เพื่อให้สวิตช์ทำงานในลักษณะช่วงหยุดทำงานถูกต้อง กระแสต้องแกว่งลงเป็นลบเล็กน้อยในช่วงหยุดทำงาน จึงต้องยอมให้สวิตช์มีกระแสแกว่งประมาณ 2.5 เท่าของกระแสผ่านสวิตช์แบบธรรมดา ทำให้เกิดความเค้นแก่สวิตช์ในช่วงนำกระแสสูงกว่า

9.3.2 วงจรกรองไม่เล็กลงเป็นอัตราส่วนกับความถี่ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจรกรองได้แก่ ตัวเก็บประจุ พบว่ากรณีสวิตช์ที่ความถี่สูง ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลท์ (Electrolyte Capacitors) จะมีคุณสมบัติยังคงเป็นตัวเก็บประจุที่ความถี่ประมาณ30-100kHz

9.3.3 หม้อแปลงความถี่สูง ในการออกแบบหม้อแปลงเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความสูญเสียในแกนที่มี Core loss ต่ำ และในการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการสะสมความร้อนในแกนจนแกนหมดคุณสมบัติทางแม่เหล็ก (Thermal runaway) จึงจำเป็นต้องออกแบบให้แกนมี B_{max} ต่ำลงทำให้แกนไม่เล็กลงในอัตราส่วนของความถี่ที่เพิ่มขึ้น

9.3.4 ความเค้นของเวลาฟื้นตัวของไดโอด ไดโอดที่มีจำหน่ายในตลาดที่หาได้มีค่าเวลาฟื้นตัว 200-300 ns การสูญเสียในส่วนนี้ก็เป็นข้อจำกัดในการเพิ่มความถี่ในการสวิตช์ขึ้น

9.4 ข้อจำกัดในการเพิ่มความหนาแน่นกำลังให้สูงขึ้น

จากอุปกรณ์ฟิลเตอร์ คือตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุที่ไม่เป็นอุดมคติจึงทำให้ขนาดไม่เล็กลงเป็นอัตราส่วนกับความถี่ที่เพิ่มขึ้นนอกจากนี้ วงจรในส่วนควบคุมถ้าสามารถหาอุปกรณ์ที่เป็น SMD ก็สามารถทำให้วงจรกะทัดรัดขึ้น และยังจะเป็นการเพิ่มคุณสมบัติที่ดีให้กับวงจรคือลดการรบกวนในภาคต่างๆ ลงได้ เนื่องจากลายวงจรในแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดสั้นลง

9.5 ข้อเสนอแนะ

9.3.1 หม้อแปลงความถี่สูงถ้ามามารถหาแกนเนื้อสาร N 47 ของบริษัท Siemens มาใช้ก็จะสามารถลดขนาดของหม้อแปลงได้อีก

9.3.2 ไดโอดที่ใช้ขนานกลับทางสำหรับมอสเฟต ถ้าสามารถหาให้มีเวลาฟื้นตัวต่ำจะทำให้สามารถสวิตช์ที่ความถี่สูงขึ้นได้

9.3.3 วงจรแผ่นพิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง ยังสามารถปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลงได้อีก และถ้าอุปกรณ์ในส่วนนี้วงจรควบคุมเป็นอุปกรณ์ SMD ก็จะทำให้ขนาดวงจรเล็กลงกว่านี้มาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย