หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 คำนำ

จากผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 5 พอสรุปได้ผลการศึกษาวิจัยทั่วไป โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ก. วงจรควบคุม

ข. วงจรกำลัง

ค. วงจรป้องกัน

นอกจากนี้จะกล่าวถึงปัญหาในการดำเนินการทดลองวิจัย และข้อเสนอแนะอันเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนาที่จะมีต่อไป

7.2 วงจรควบคุม

วงจรควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบมาให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ดังผลสรุปจากการทดลองดังนี้ คือ

ความถี่ของสัญญาณออกทั้ง 3 : 50 Hz คงที่ ให้ช่วงกว้างครึ่งไซเกิลบวกและลบเท่ากัน

การหน่วงเวลา : สามารถหน่วงเวลาได้ตั้งแต่ 1.6 ms จนถึง 8.4 ms (หรือ 30° จนถึง 150°)

7.3 วงจรอินเวอร์เตอร์

7.3.1 จากผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเป็นไปตามที่ออกแบบ สรุปได้ดังนี้

วงจรคอมมิวเตต : สามารถคอมมิวเตตกระแสไทรีสเตอร์ได้สูงสุด 15 แอมแปร์

แรงดันไฟฟ้าออก ($V_{o1} = V_{o2} = V_{o3}$) : 110 V_{p-p} รูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความกว้างพัลส = 6 ms (120°)

กำลังไฟฟ้าออก : 350 VA

7.3.2 จากผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์ สรุปได้ดังนี้

ก. ภาวะไร้โหลด

แรงดันไฟฟ้าออก V_o : 380 V_{p-p} รูปคลื่นขั้นบันไดตามที่ออกแบบ

: 260 V_{rms}

ความถี่ : 50 Hz

ข. ภาวะมีโหลด

แรงดันไฟฟ้าออก V_o : 360 V_{p-p} รูปคลื่นสี่เหลี่ยม ความกว้างพัลส์ 4 ms (72°)

กำลังไฟฟ้าออก : 200 VA ไม่สามารถรับโหลดมาก ๆ ได้ เพราะวงจรอินเวอร์เตอร์ชุดแรกจะรับโหลดมากกว่าชุดอื่น ๆ และเกิดแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงที่ยังไม่ได้ Energize ในช่วงที่หน่วงเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. สามารต่อวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ 3 เฟส ได้ โดยต่อหม้อแปลงของอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดเข้าด้วยกันแบบเดลต้า ซึ่งจะให้ผลการทดลองแต่ละเฟสเหมือนกับผลการทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด

7.4 ปัญหาในการดำเนินการวิจัย

ปัญหาสำคัญที่พบในการดำเนินการวิจัยอาจแบ่งเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้ คือ

7.4.1 จากการออกแบบวงจรคอมมิวเตต โดยเลือกใช้ตัวเก็บประจุ C 6 μF ของ RIFA ขนาด 3 μF 400 V_{dc} ต่อขนานกัน 2 ตัว และใช้ขดลวดเหนี่ยวนำ L 72 μH จากการคำนวณวงจรคอมมิวเตตนี้จะให้กระแสคอมมิวเตต I_{p2} = 13 แอมแปร์ จากการทดลองปรากฏว่า กระแสคอมมิวเตตมีค่าประมาณ 11 แอมแปร์ ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันของตัวเก็บประจุ C ; E_{cm} มีค่าประมาณ 100 โวลท์ ไม่ถึง 2 เท่าของแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ(60 โวลท์) และค่า Q แฟคเตอร์ ของวงจรไม่ทราบค่าแน่นอน เนื่องจากความต้านทาน R_i ในวงจร LC วัดค่าไม่ได้ ดังนั้นจึงได้ทดลองเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ C ใหม่ เป็น 12 μF ; 35 μF ; และ 70 μF ผลปรากฏว่าค่าตัวเก็บประจุที่ใช้งานได้ดี คือ 70 μF ให้กระแสคอมมิวเตต 15 แอมแปร์ ความกว้างของพัลส 240 μsec

7.4.2 การวัดรูปคลื่นกระแสคอมมิวเตต โดยใช้ Clamp meter จะให้รูปคลื่นกระแสคอมมิวเตตที่ผิดเพี้ยนไป ไม่เกิดการออสซิเลท คือจะมีรูปคลื่นคล้ายกับรูปคลื่นแรงดันของตัวเก็บประจุ C ซึ่งผลอันนี้ทำให้การวิเคราะห์แก้ปัญหาวงจรผิดพลาด สาเหตุที่ Clamp meter วัดรูปคลื่นไม่ได้เนื่องจาก Clamp meter ใช้วัดกระแสรูปคลื่นไซน์ในย่านความถี่ 50 - 60 Hz แต่เมื่อนำมาวัดในย่านความถี่ 7 -8 kHz ทำให้รูปคลื่นผิดไป ดังรูปที่ 7.1

รูปที่ 7.1 แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวเก็บประจุ C และรูปคลื่นกระแสคอมมิวเตต i_c จาก Clamp meter

7.4.3 ฟิวส์ที่ใช้ในการป้องกันไทรีสเตอร์มีราคาแพง จึงใช้ฟิวส์หั่ว ๆ ไป จากการทดลองเมื่อเกิดผิดพลาดในการ Turn - Off ไทรีสเตอร์ จะทำให้เมนไทรีสเตอร์เสียหายทั้งหมด เพราะฟิวส์ที่ใช้ทำงานช้า ได้ทำการทดลองตัดแปลงวงจรอินเวอร์เตอร์ในสามารถป้องกันการลัดวงจรโดยไม่ใช้ฟิวส์ปรากฏว่าตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นแบบใช้กับสตาร์ทมอเตอร์ซึ่งให้กระแสพัลสต่ำ หาซื้อขนาดใหญ่มาทดลองไม่ได้ ทำให้วงจรป้องกันลัดวงจรแบบไม่ใช้ฟิวส์ไม่ได้ผล

7.4.4 เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟของอินเวอร์เตอร์เป็นวงจรเรียงกระแส (Rectifier) 1 เฟส จะทำให้รูปคลื่นแรงดันและกระแสอินพุทไม่เรียบเป็นรูปคลื่น มีผลทำให้การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ ผิดพลาดเพราะช่วงการคอมมิวเตตอาจจะตรงต่ำแหน่งที่แรงดันลดระดับลงมีผลให้กระแสคอมมิวเตตต่ำไม่สามารถ Turn - off ไทรีสเตอร์ได้ ถึงแม้ว่าจะต่อตัวเก็บประจุ C_f ที่มีค่าสูง ๆ เพื่อกรองคลื่นก็ตาม อีกประการหนึ่งกระแสคอมมิวเตต I_{p2} ในวงจร LC จะไหลผ่านตัวเก็บประจุ C_f ที่มีความต้านทานภายในสูง ทำให้ค่ากระแสคอมมิวเตตต่ำ ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟเป็นแบบเตอรี่ 5 ชุดต่ออนุกรมกัน

7.4.5 จากทดลองวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุด หลังจากจุดชนวนไทรีสเตอร์ช่วยเพื่อคอมมิวเตตเมนไทรีสเตอร์แล้ว จะมีประจุค้างที่ตัวเก็บประจุ C ประมาณ 40 โวลท์ ดังรูปที่ 6.11 เมื่อจุดชนวนเมนไทรีสเตอร์ในไซเคิลถัดไป จะเกิดการลัดวงจรของตัวเก็บประจุ C ก่อในเกิดกระแสของตัวเก็บประจุ C สูงมาก ประมาณ 40 แอมแปร์ ไหลผ่านไทรีสเตอร์อย่างรวดเร็ว ซึ่งปัญหานี้เมื่อใช้ไทรีสเตอร์ TIC 126 หรือ 2N6403 หรือ 2N6404 ปรากฏว่าเมื่อไทรีสเตอร์ทำงานได้ลักคร่ชณะโหลด 50% จะเกิดการลัดวงจรที่เมนไทรีสเตอร์ T1 กับ T4 และ T3 กับ T2 ทำให้เมนไทรีสเตอร์เสียหายใช้การไม่ได้ ปัญหานี้ได้แก้ไขเป็นระยะเวลานานเพื่อให้สามารถรับโหลดเต็มที่ได้

7.4.6 อุปกรณ์ไทรีสเตอร์ TIC 126 หรือ 2N6403 หรือ 2N6404 ทนต่อกระแสพัลสสูง ๆ ไม่ได้ ทำให้ชำรุดเสียหายทุกครั้งที่ทดลอง ดังนั้นจึงได้สั่งซื้อไทรีสเตอร์จากต่างประเทศของ GE รุ่น C234D ปรากฏว่าวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดทำงานได้ดี

7.4.7 กระแสคอมมิวเตตในครึ่งไซเคิลแรก I_{p1} มีค่ามากกว่ากระแสคอมมิวเตตในช่วงครึ่งไซเคิลหลัง I_{p1} ประมาณ 1.5 - 1.8 เท่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ Q แฟคเตอร์

7.4.8 ในภาวะมีโหลดของวงจรอินเวอร์เตอร์ปรากฏว่า รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าออกมีรูปคลื่นเป็นสี่เหลี่ยม ความกว้างของพัลส 4 ms (72°) ดังรูป 6.16 ทั้งนี้เนื่องจากว่า มีแรงดันไฟฟ้าไปตกคร่อมที่ขดลวดของหม้อแปลงที่ยังไม่ได้ Energize ในช่วงที่หน่วงเวลา จากการวัดค่าอินดัคแทนซ์ของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงแต่ละตัวได้ค่าประมาณ 400 mH ถ้าคิดเป็นอิมพีแดนซ์จะได้เท่ากับ 125 โอหม์ ดังนั้นวงจรอินเวอร์เตอร์ จึงไม่สามารถรับโหลดมาก ๆ ได้ เพราะว่าถ้ารับโหลดมาก ๆ จะทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์ชุดที่ 1 มีกระแสไทรีสเตอร์สูง ซึ่งอาจจะทำให้วงจรคอมมิวเตตไม่สามารถ Turn - Off ไทรีสเตอร์ได้

7.5 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการออกแบบสร้าง และทดสอบวงจรอินเวอร์เตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอเสนอแนะบางประการ สำหรับผู้ที่สนใจจะศึกษาและพัฒนาวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หลักการคอมมิวเตตแบบใหม่ ที่ไม่ต้องประจุไฟในแก่ตัวเก็บประจุก่อน ดังนี้

7.5.1 ในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ ควรเลือกใช้ไทรีสเตอร์ที่ใช้กับวงจรอินเวอร์เตอร์เฉพาะ โดยมีช่วงเวลาหยุดนำกระแสสั้น ๆ เพื่อว่าวงจรคอมมิวเตตจะได้มีขนาดเล็ก ซึ่งจะหาซื้อตัวเก็บประจุ C ได้ง่าย ราคาไม่แพง ถ้าสามารถใช้ตัวเก็บประจุแบบคอมมิวเตตได้ จะทำให้วงจรคอมมิวเตตมีประสิทธิภาพมากขึ้น

7.5.2 การวัดรูปคลื่นกระแสคอมมิวเตต ; กระแสโหลด ; กระแสไทรีสเตอร์ ควรใช้ความต้านทานที่มีค่าต่ำ ๆ ที่สามารถทนกระแสได้ต่ออนุกรมกับวงจร แล้วทำการวัดค่า ซึ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงและเฟสถูกต้อง อย่างไรก็ตามความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร LC มีผลทำให้กระแสคอมมิวเตตลดลงเล็กน้อย

7.5.3 วงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดนี้ สามารถดัดแปลงเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการป้องกันการลัดวงจรโดยไม่ใช้ฟิวส์[10] โดยใช้ตัวเก็บประจุที่ให้กระแสพัลสได้สูง(Commutating Capacitor)

7.5.4 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ ควรใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ จะดีกว่าเพราะเหตุว่าสามารถที่จะโปรแกรมเปลี่ยนแปลงการควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ง่ายและยังสามารถที่จะปรับความถี่ได้ด้วย

7.5.5 เนื่องจากมีประจุค้างที่ตัวเก็บประจุ C มาก เมื่อจุดชนวนไทรีสเตอร์ในช่วงไซเคิลถัดไป ทำให้เกิดกระแสลัดวงจรที่ตัวเก็บประจุ C ดังนั้นจึงควรลดกระแสนี้โดยต่อขดลวดเหนี่ยวนำอนุกรมกับตัวเก็บประจุ C โดยให้ค่าอินดัคแทนซ์รวมของวงจร LC มีค่าเท่าเดิม

7.5.6 เนื่องจากวงจรอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดทำงานอิสระต่อกัน สามารถที่จะต่อวงจรอินเวอร์เตอร์เป็นแบบ 3 เฟส ได้โดยต่อหม้อแปลงของอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดเข้าด้วยกันแบบเดลต้า จะให้แรงดันออก 110 V_{p-p} ; 3 Ø ; 50 Hz

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย