บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำงานของอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดแหล่งจ่ายกระแส ส่วนที่สำคัญก็คือการควบคุมกระแสดีซีลิงค์ ให้มีค่าคงที่และต่อเนื่องและการสร้างสัญญาณการเหลื่อมกันระหว่างการทำงานของคู่มอสเฟต T_1, T_2 ซึ่งเป็นสภาวะที่โหลดมีสภาวะกระแสและแรงดันเป็นบวก และคู่การทำงานของมอสเฟต T_3, T_4 ซึ่งเป็นสภาวะที่โหลดมีสภาวะกระแสและแรงดันเป็นลบ ซึ่งการหาค่าความเหมาะสมของช่วงเวลาของการเหลื่อมกันของสัญญาณจะพิจารณาค่าของ Switching on time และ Switching off time ของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นหลัก สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ได้เพิ่มค่าของช่วงเวลาไต่ขึ้น (Rise time) ของสัญญาณพัลซ์ที่ใช้สำหรับขับมอสเฟตด้วยเพื่อป้องกันความเสียหายของวงจรจากการเปิดออกของแหล่งจ่ายกระแส โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมแบบลูปปิดเพื่อควบคุมให้กระแสดีซีลิงค์ให้มีค่าคงที่และมีความต่อเนื่อง

ชิ้นงานต่างชนิดกันก็จะมีคุณสมบัติทางแม่เหล็กและทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะมีผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติของชิ้นงานด้วย ในการทดลองได้ทำการเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำขึ้นและลดค่าความเหนี่ยวนำลงซึ่งก็จะทำให้ความถี่เรโซแนนซ์เปลี่ยนแปลง อินเวอร์เตอร์ที่มีระบบการควบคุมความถี่ของการสวิตซ์ที่สภาวะเรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติที่ได้นำเสนอ ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการขับสวิตซ์ของอินเวอร์เตอร์ให้มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ ของโหลด ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการตั้งย่านการขับสวิตซ์อัตโนมัติที่ 10 kHz - 30 kHz ดังนั้นถ้าความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดอยู่ในย่านที่ตั้งความถี่ในการสวิตซ์แบบอัตโนมัติไว้ ก็สามารถที่จะนำมาหลอมได้โดยจะเกิดการส่งถ่ายกำลังงานสูงสุดเพราะอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ แต่กำลังงานที่เกิดขึ้นที่ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อนจะไม่เท่ากันซึ่งจะขึ้นอยู่กับโหลด ดังนั้นถ้าเราต้องการควบคุมให้เกิดกำลังงานที่ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อนเท่ากันก็ทำได้โดยควบคุมให้กระแสดีซีลิงค์ เปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มค่าขึ้นหรือลดค่าลงตามโหลดแบบอัตโนมัติ ข้อจำกัดของระบบควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลอยู่ที่ความเร็วในการประมวลผลของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง สำหรับการทดลองเมื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก็จะทำให้คุณสมบัติทางแม่เหล็กและทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปโดยจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าลดลงดังนั้นจะส่งผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดสูงขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับหลักการดังกล่าว โดยในขณะที่เริ่มต้นวัดอุณหภูมิที่ขดลวดเหนี่ยวนำ(กรณีไม่ได้ใส่ชิ้นงาน และไม่ใช้ระบบควบคุมความถี่เรโซแนนซ์อัตโนมัติ) ณ ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อควบคุมกระแสดีซีลิงค์ ให้คงที่ค่าที่ต่ำ เมื่อจับสัญญาณกระแสและแรงดันที่ขดลวดเหนี่ยวนำจะอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ แต่เมื่อเพิ่มการควบคุมกระแสดีซีลิงค์ ให้มีค่าสูงขึ้นจะพบว่าเมื่อวัดสัญญาณ

ที่ขดลวดเหนี่ยวนำสัญญาณกระแสล้าหลังสัญญาณแรงดันเนื่องจากอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นจากอุณหภูมิห้อง สภาวะนี้เกิดจากความถี่ในการสวิทชิ่งของอินเวอร์เตอร์มีค่าต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ของโหลด และเมื่อทำการเพิ่มการควบคุมกระแสดีซีลิงค์ให้มีค่าสูงขึ้นอีก เมื่อวัดสัญญาณที่ขดลวดเหนี่ยวนำสัญญาณกระแสล้าหลังสัญญาณแรงดันเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่ขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อโหลดได้รับความร้อนจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำลดลงจึงมีผลทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นได้ทำการทดลองหลอมตะกั่วที่อุณหภูมิ 500 $^{\circ}C$ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ที่ระบบควบคุมความถี่เรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดการหลอมละลายตะกั่วใช้เวลา 60 วินาที เมื่อวัดสัญญาณกระแสและแรงดันที่ขดลวดเหนี่ยวนำพบว่าระบบมีความสามารถในการควบคุมความถี่ในการสวิทชิ่งของอินเวอร์เตอร์ให้ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของโหลดตลอดรอบของการหลอมตะกั่ว ซึ่งในการทดลองทั้งระบบทั้งหมดไม่ใช้น้ำหล่อเย็นผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในด้านการพัฒนาฮาร์ดแวร์ควรที่จะใช้สวิตซ์กำลังที่ทนกระแสได้สูงกว่า MOSFET IRFP 460 เพราะในช่วงที่โหลดเกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าจะทำให้ค่าความต้านทานสมมูลของวงจรมีค่าลดลงและมีผลทำให้กระแสไหลไปที่โหลดมีค่าเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองการตอบสนองของวงจรควบคุมกระแสแบบลูปปิดอาจทำให้เกิดกระแสกระชากได้ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสวิตซ์กำลังควรที่จะเลือกใช้ MOSFET ที่ทนกระแสได้สูงกว่านี้ หรืออาจจะใช้สวิตซ์กำลัง IGBT แทนได้แต่ต้องเปลี่ยนชุดขับกำลังใหม่ และควรเพิ่มชุดป้องกันแรงดันเกินที่โหลดด้วยเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสวิตซ์กำลัง สำหรับการควบคุมกระแสแบบลูปปิดมีข้อเสียคือจะทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์ทางด้านอินพุทต่ำ วิธีแก้ไขคือใช้วงจรเรียงกระแสแบบไดโอดฟูลบริดจ์จากนั้นทำการควบคุมกระแสดีซีลิงค์ที่อินเวอร์เตอร์แทนก็จะช่วยแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ทางด้านขาเข้าได้ สำหรับการออกแบบโหลดควรเพิ่มค่า Quality Factor ขึ้นไปอีก เพราะจะทำให้กำลังงานที่ได้มีค่าสูงขึ้น ในส่วนของเฟสล็อกลูปจะถูกจำกัดย่านความถี่เรโซแนนซ์แบบอัตโนมัติเนื่องจากความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 วิธีการแก้ไขปัญหาคือควรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC หรือใช้ DSP แทน