บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อสรุปในการวิจัย

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้น มีกำลังด้านออก 5.35 kW ที่ชิ้นงาน ภาคอินเวอร์เตอร์ใช้เอสซีอาร์เป็นสวิตช์ ทำงานที่ความถี่ 3.5 kHz อิมพีแดนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำได้มีการออกแบบให้เหมาะสมสามารถต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ได้โดยตรง ขดลวดเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพ 82.5 % ตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0.36 ได้ทำการแก้ตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นเป็น 0.54 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่อง 74.0 % มีค่าตัวประกอบกำลังทางด้านขาเข้า 0.95 ประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส 0.97 ผลจากการทดสอบกับชิ้นงานที่เป็นเหล็กผสมคาร์บอน 0.45 % ลักษณะทรงกระบอกตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มม. เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะสามารถเพิ่มอุณหภูมิชิ้นงานขึ้นถึง 305° C ภายในระยะเวลา 1.30 นาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการลดความเครียดในแท่งเหล็ก

ในการทดสอบเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้น ภาคอินเวอร์เตอร์ใช้เอสซีอาร์เป็นสวิตช์นั้นมี turn off time ของเอสซีอาร์ที่ได้ระบุไว้ 15 µs จากผลการทดสอบ พบว่า ในภาวะชั่วครู่ขณะเริ่มเดินเครื่องจะมี safety margin time ของช่วงเวลาการหยุดนำกระแสเท่ากับ 15 µs และภาวะอยู่ตัวขณะทำงานจะมี safety margin time ของช่วงเวลาการหยุดนำกระแสเท่ากับ 30 µs ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงผลที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

1) การออกแบบและสร้าง
ขดลวดเหนี่ยวนำ

ขดลวดเหนี่ยวนำถูกออกแบบและสร้าง ให้มีค่าอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมกับกระแสและแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้หม้อแปลง ผลจากการวัดพารามิเตอร์ของขดลวดเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้นนี้มีค่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ โดยได้ค่าจากการวัดดังนี้ ค่าความต้านทานของชิ้นงานเท่ากับ 1.324 โอห์ม ความต้านทานของขดลวดเหนี่ยวนำเท่ากับ 0.28 โอห์ม ค่าริแอคแตนซ์โดยรวมเท่ากับ 0.1921 mH ซึ่งทำให้ตัวประกอบกำลังของขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 0.36

ประสิทธิภาพเท่ากับ 82.5 % จะเห็นว่า ค่าตัวประกอบกำลังของขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าต่ำ จึงได้ทำการแก้ตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นโดยใช้ตัวเก็บประจุ ดังจะได้กล่าวต่อไปในภาคอินเวอร์เตอร์

ภาคอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์เป็นแบบกึ่งบริดจ์ ใช้เอสซีอาร์เป็นสวิตช์ทำงานที่ความถี่ 3.5 kHz อาศัยการคอมมิวเตทโดยโหลด ซึ่งต้องมีตัวประกอบกำลังแบบนำหน้า เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลังของขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าต่ำ จึงใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่ปรับค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นและเป็นแบบนำหน้าให้มีค่าเท่ากับ 0.54 และทำหน้าที่ร่วมกับตัวเหนี่ยวนำในวงจร เกิดเป็นวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

เพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาดของเอสซีอาร์ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่เอสซีอาร์ จึงต้องมีวงจรสนับเบอร์ โดยสนับเบอร์แบบอนุกรมทำหน้าที่ลด di/dt ของเอสซีอาร์ และวงจรสนับเบอร์แบบขนาน ทำหน้าที่ลด dv/dt คร่อมเอสซีอาร์

ในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ใช้หลักการออกแบบโดยใช้ ac complex analysis ซึ่งง่ายต่อการออกแบบและให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริง ส่วนการปรับค่าละเอียดเพื่อให้ได้ผลขั้นสุดท้ายตามต้องการ ทำโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองการทำงาน

วงจรเรียงกระแส

ด้านขาเข้าของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเป็นวงจรแบบบริดจ์ชนิด 3 เฟส 50 เฮิรตซ์ แรงดันระหว่างสาย 380 โวลต์ ร่วมกับวงจรกรองผ่านต่ำที่ใช้ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุได้ค่าแรงดันไฟตรงขาออก 506 โวลต์ โดยมีความถี่ในการกระเพื่อม 300 เฮิรตซ์ และมีความถี่การสวิตช์จากเอสซีอาร์ 3.5 kHz ปนร่วมอยู่ด้วย โดยมีค่ายอดถึงยอดของการกระเพื่อม 2.1 โวลต์ ส่วนกระแสออก 13.84 แอมแปร์ มีค่ายอดถึงยอดของกระแส 4.3 แอมแปร์

วงจรควบคุมและป้องกัน

เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำสะดวก และป้องกันความผิดพลาดหรือผิดพร่องที่จะเกิดความเสียหายแก่วงจรภายในเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะมีวงจรควบคุมและป้องกัน ซึ่งประกอบด้วย

-วงจรควบคุมการปิด-เปิดเครื่อง ทำหน้าที่ควบคุมการตัดต่อไฟฟ้า

กระแสสลับด้านขาเข้าของเครื่อง

-วงจรป้องกันกระแสเกินพิกัด ทางด้านแหล่งจ่ายไฟตรงของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ตั้งค่าไว้ 16 แอมแปร์

-วงจรป้องกันแรงดันสูงกว่าและต่ำกว่าพิกัด ทำหน้าที่จำกัดช่วงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของเครื่องไว้ที่ + และ - 10% ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

-วงจรป้องกันเฟสหาย ทำหน้าที่ตัดไฟฟ้ากระแสสลับที่เข้าเครื่องเมื่อเฟสใดเฟสหนึ่งหายไป

-วงจรป้องกันอุณหภูมิเกิน ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของขดลวดเหนี่ยวนำสูงจนเกินไป

2) <u>การวิเคราะห์การทำงานของวงจร</u>

จากการวิเคราะห์การทำงานที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้ทราบขนาดและรูปร่างของกระแสและแรงดันของอุปกรณ์ต่างๆของวงจร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดและออกแบบอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในวงจร ได้ผลดังแสดงในรูป บทที่ 3 ผลดังกล่าวได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากบทที่ 4 พบว่า ผลที่ได้ใกล้เคียงกัน

<u>ปัญหาและข้อเสนอแนะในการปรับปรุง</u>

1) เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้น ให้กำลังงานด้านขาออกไม่สูงมากนัก ทำให้การใช้งานทำได้แต่เพียงการลดความเครียดในแท่งเหล็ก(annealing) แต่ถ้าสามารถพัฒนาต่อไปได้จนสามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น การหลอมโลหะโดยการเหนี่ยวนำ(Induction Melting) ทำให้จะต้องมีการขยายกำลังงานขาออกให้มีค่าสูงมากขึ้น อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ก็ต้องเปลี่ยนให้สามารถทนกระแสและแรงดันได้สูงมากขึ้น วงจรอินเวอร์เตอร์ก็ควรเปลี่ยนจากวงจร Half Bridge มาเป็นวงจร Full Bridge

2) เนื่องจากเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่สร้างขึ้นไม่มีหม้อแปลงขาออกทำหน้าที่แยกโดด เหตุผลดังได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ดังนั้นเมื่อไม่สามารถมีหม้อแปลงทางด้านขาออกได้ ควรจะมีหม้อแปลง 3 เฟสทางด้านขาเข้า เพื่อทำการแยกโดดสัญญาณต่าง ๆ และปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลองด้วย

3) ควรจะมีการทดสอบทางด้านโลหะเพิ่มเติมจากเดิม โดยพิจารณาโครงสร้างของชิ้นงานที่เป็นเหล็กเมื่อทำการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน กับพิจารณา

โครงสร้างเดิมของชิ้นงาน เมื่อทำการเปรียบเทียบโครงสร้างชิ้นงานแล้ว มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

4) เมื่อพิจารณา safety margin time ของเอสซีอาร์ในภาวะชั่วครู่ จะเห็นได้ว่า เวลาดังกล่าวค่อนข้างสั้น ซึ่งส่งผลให้ตัวประกอบกำลังของโหลดมีค่าสูง เมื่อเทียบกับ safety margin time ของเอสซีอาร์ ในภาวะอยู่ตัวจะมีค่ามาก ทำให้ตัวประกอบกำลังของโหลดมีค่าต่ำ ดังนั้นเพื่อให้ตัวประกอบกำลังของโหลดที่ภาวะอยู่ตัวมีค่าสูงเช่นเดียวกับภาวะชั่วครู่ แก้ไขได้โดย ที่ภาวะอยู่ตัวทำการแปรค่าความถี่ที่ใช้งานให้มีค่าสูงขึ้น เพื่อให้ safety margin time ภาวะอยู่ตัวสั้นลง ซึ่งจะเป็นผลให้ตัวประกอบกำลังที่ภาวะอยู่ตัวสูงขึ้นเช่นเดียวกับตัวประกอบกำลังที่ภาวะชั่วครู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย