บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเบื้องต้น

อุตสาหกรรมการผลิตสายไฟฟ้าชนิดเคลือบฉนวนนั้น ขบวนการเคลือบฉนวนสายไฟฟ้าถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการผลิต เพื่อที่จะให้ได้สายไฟฟ้าที่มีคุณภาพดี ในขบวนการดังกล่าวจะต้องมีขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งคือ การทำให้อุณหภูมิของลวดตัวนำอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิของฉนวนก่อนที่จะทำการเคลือบ ทั้งนี้ก็เพื่อทำให้การขึ้นรูปของฉนวนที่หุ้มสายไฟฟ้าเป็นไปด้วยดี การที่จะเพิ่มอุณหภูมิของลวดตัวนำอลูะมิเนียมมีได้หลายวิธี เช่น การให้ความร้อนโดยการพาความร้อนจากแหล่งพลังงานภายนอก การให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมโดยการเหนี่ยวนำ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมโดยการเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นวิธีการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยไม่ต้องมีการสัมผัสระหว่างแหลงพลังงานกับชิ้นงาน ทั้งนี้เพราะความร้อนจะเกิดขึ้นเองในชิ้นงาน กล่าวคือ พลังงานไฟฟ้าจากขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกส่งไปยังชิ้นงานโดยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งวิธีการดังกล่าวเมื่อนำมาใช้ในการให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมในขบวนการเคลือบฉนวนสายไฟฟ้าจะมีข้อดีที่พอสรุป ได้ดังนี้

1.ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ชิ้นงานจะมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอและรักษาให้คงที่ได้ง่าย

2.ผิวของชิ้นงานจะสะอาดปราศจากการปนเปื้อนทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดี

3.ให้ความสะดวก รวดเร็วในการผลิต

4.สามารถกำหนดความลึกในการให้ความร้อนได้

5.สภาพแวดล้อม สะอาด ปลอดภัย ปราศจากมลพิษ

จากข้อดีดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำจะมีความเหมาะสมกับการให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมในขบวนการเคลือบฉนวนสายไฟฟ้า เนื่องจากจะทำให้คุณภาพของสินค้าและสภาวะแวดล้อมดีขึ้นเหมาะสมกับขบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ

การให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนที่ชิ้นงานโดยการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งค้นพบโดย Michael Faraday ในปี คศ.1831 [P.G Simpson 1966] โดยค้นพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจรของขดลวดปฐมภูมิ จะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นทางขดลวดทุติยภูมิ ถ้าขดลวดทุติยภูมิเป็นวงจรปิด และต่อมา Lenz และ Neumann ได้พบว่ากระแสเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะไหลในทิศทางที่ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กต้านกับสนามแม่เหล็กที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ หลักการเหล่านี้ได้นำไปใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์

และหม้อแปลงเป็นต้น กระแสที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำที่เกิดกับอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นมักก่อให้เกิดความร้อนที่เกิดจากการสูญเสีย อย่างเช่น กระแสไหลวน (Eddy Current) ที่เกิดขึ้นกับแกนของหม้อแปลงและมอเตอร์ แต่ปรากฏการณ์นี้กลับสามารถนำมาใช้ประโยชน์ที่สำคัญสำหรับการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานโดยการเหนี่ยวนำ เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับทำหน้าที่จ่ายพลังงานเข้าสู่ขดลวดเหนี่ยวนำ ขดลวดเหนี่ยวนำจะสร้างสนามแม่เหล็กคล้องผ่านชิ้นงานทำให้เกิดกระแสไหลวนรอบชิ้นงาน ถ้ากระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำนี้มีค่าเท่ากับ I และความต้านทานเสมือนในทิศทางการไหลของกระแสเป็นเส้นทางปิดของชิ้นงานมีค่าเท่ากับ R ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวจะมีค่าเท่ากับ I^2R จะเห็นได้ว่าความร้อนเกิดขึ้นที่ชิ้นงานจะเกิดจากการส่งผ่านพลังงานไปชิ้นงานโดยการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กโดยไม่มีการสัมผัสกันทางไฟฟ้าระหว่างขดลวดกับชิ้นงาน และยังเป็นการสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นกับชิ้นงานโดยตรง การให้ความร้อนด้วยวิธีนี้จึงสามารถกำหนดตำแหน่งและลักษณะการให้ความร้อนได้ง่าย

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่วิจัยและพัฒนาขึ้นนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมในการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นประมาณ 60^oC ก่อนที่จะนำลวดตัวนำอะลูมิเนียมเข้าสู่ขั้นตอนการเคลือบฉนวน เครื่องสามารถปรับกำลังออกที่ชิ้นงานในช่วง 100 - 30 เปอร์เซนต์ โดยการปรับความถี่การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ในช่วงประมาณ 19.5 - 22.5 กิโลเฮิรตซ์ ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นปรับปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำในลวดตัวนำอะลูมิเนียม

การให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำนั้น ความร้อนที่ชิ้นงานจะเกิดจากกำลังสูญเสีย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลในชิ้นงานเกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดเหนี่ยวนำที่มีไฟฟ้ากระแสสลับไหลผ่าน อิมพีแดนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมองเห็นจะขึ้นอยู่กับความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ โครงสร้างของขดลวดเหนี่ยวนำและชิ้นงาน ตลอดจนคุณสมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กของขดลวดเหนี่ยวนำและชิ้นงาน ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจะเป็นตัวแปรที่สำคัญมาก กล่าวคือประสิทธิภาพของขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าเพิ่มขึ้นกับความถี่ ในขณะที่ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าลดลง

เพื่อให้เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำมีขนาดเล็ก ขดลวดเหนี่ยวนำควรจะมีประสิทธิภาพและค่าตัวประกอบกำลังสูง อย่างไรก็ดีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้งสองกับความถี่มีความขัดแย้งกัน ดังนั้นจึงควรเลือกความถี่ให้เหมาะสมที่สุด โดยควรให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพก่อน และมีการพิจารณาค่าตัวประกอบกำลังร่วมด้วย กล่าวคือจะเลือกความถี่เพื่อให้ประสิทธิภาพมีค่าที่ยอมรับได้ ส่วนค่าตัวประกอบกำลังนั้นสามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ตัวเก็บประจุในการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง หรืออาจจะทำได้โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลัง

เพียงพอ การแก้ปัญหาโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดใหญ่จะต้องใช้เงินลงทุนสูง แต่จะใช้งานได้สะดวกในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดและขนาดของชิ้นงาน ส่วนการแก้ปัญหาโดยการใช้ตัวเก็บประจุในการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังของขดลวดเหนี่ยวนำจะทำให้สามารถลดขนาดของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับลงได้มาก แต่การทำงานของเครื่องจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของชิ้นงานค่อนข้างมาก ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สะดวกสำหรับงานที่ต้องการมีการเปลี่ยนขนาดหรือชนิดของชิ้นงาน สำหรับการใช้งานของเครื่องที่พัฒนาขึ้นได้มีการกำหนดชนิดและขนาดของลวดตัวนำที่ใช้เป็นชิ้นงานไว้แล้ว จึงสามารถเลือกวิธีเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังของขดลวดเหนี่ยวนำโดยใช้ตัวเก็บประจุซึ่งจะทำให้ขนาดของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่มีกำลังออกที่กำหนดเล็กลงได้

วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของขดลวดเหนี่ยวนำเป็นตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำที่มีกระแสล้าหลังแรงดัน ลักษณะดังกล่าวของขดลวดเหนี่ยวนำมีความเหมาะสมสำหรับอินเวอร์เตอร์ที่ทำงานแบบเรโซแนนซ์ในภาคแรงดันศูนย์ แต่อย่างไรก็ดีที่ความถี่การทำงานของอินเวอร์เตอร์ ค่าตัวประกอบกำลังจะมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงได้ออกแบบค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์กับตัวเหนี่ยวนำปรับค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงขึ้น แต่ยังมีมุมล้าหลังของกระแสที่เพียงพอสำหรับการทำงานอย่างเหมาะสมของอินเวอร์เตอร์

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

เพื่อศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดเหนี่ยวนำและชิ้นงานเท่ากับ 4.2 kVA สามารถปรับกำลังออกที่ชิ้นงานได้ในช่วง 100 - 30 เปอร์เซนต์โดยการปรับความถี่การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ในช่วงประมาณ 19.5 - 22.5 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อให้ความร้อนแก่ลวดตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 60 ^{o}C จากอุณหภูมิห้อง

<u>ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย</u>

1 กำลังงานด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ประมาณ 2.4 กิโลวัตต์

2 แรงดันด้านเข้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แรงดันแหล่งจ่าย 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์

3 สามารถปรับความถี่เพื่อปรับกำลังออกที่ชิ้นงานจาก 100 - 30 เปอร์เซนต์

4 ขดลวดเหนี่ยวนำมีความยาว 20 เซนติเมตร

5 ชิ้นงานเป็นลวดตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร

6 อุณหภูมิของลวดตัวนำอะลูมิเนียมตีเกลียวเพิ่มขึ้นประมาณ 60 ^{o}C จากอุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1 ค้นคว้า,ศึกษาหาข้อมูลของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

2 วิเคราะห์และออกแบบวงจรในแต่ละส่วนโดยใช้แบบจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3 สร้าง,ทดลองและปรับปรุงแก้ไขวงจรในแต่ละส่วน

4 นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบรวมกันและทดสอบวงจรทั้งหมด

5 แก้ไขปรับปรุงส่วนต่างๆ ที่บกพร่อง

6 ประเมินผลและสรุปเก็บข้อมูล

7 เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1 ได้เรียนรู้เทคนิคและปัญหาในการพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

2 เป็นการพัฒนาการออกแบบวิศวกรรมในเชิงอุตสาหกรรม

3 ทราบถึงคุณสมบัติที่ดีของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ สามารถใช้เป็นแนวทางออกแบบทดสอบในการพัฒนาต่อไป

4 ผลการศึกษาวิจัย พัฒนาสามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม

5 สามารถผลิตขึ้นใช้ในเองภายในประเทศ ซึ่งจะเป็นการประหยัดเงินตราในการสั่งซื้อจากต่างๆ ประเทศ