

นวัตกรรมการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

INNOVATIVE OF INDUCTION HEATING.

จิระศักดิ์ วงศา¹, จิระศักดิ์ สงบุญแก้ว², วันชัย ทรัพย์สิงห์³

Jeerasak Wongsak¹, Jirasak Songbunkaew², Wanchai Subsingha³

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธนบุรี^{1,2}, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี³

jeerasakthailand@gmail.com¹, w.subsinghaa@gmail.com³

บทคัดย่อ

กระบวนการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเป็นนวัตกรรมใหม่ในการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ความร้อนแบบขดลวดความร้อน แบบใช้แก๊สและรูปแบบอื่นๆ การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำอาศัยหลักการเหนี่ยวนำโดยการป้อนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงให้กับขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไปเกี่ยวข้องกับวัสดุที่เป็นสาร Ferromagnetic ทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวนในวัสดุที่เป็นเส้นทางปิด และเกิดความร้อนขึ้นในที่สุด ปัจจุบันหลักการนี้ใช้ในการให้ความร้อนอุปกรณ์เช่น เตามแม่เหล็กไฟฟ้า กาต้มน้ำ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องชุบแข็ง เครื่องหลอมพลาสติกและเครื่องหลอมแก้ว เป็นต้น

การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในส่วนของวงจรกำลังได้แก่ วงจรแบบฮาร์ตฟริคว็ท อินเวอร์เตอร์ วงจรแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ วงจรแบบสามระดับ และวงจรแบบสวิตซ์ตัวเดียว นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาการสับสวิตซ์เพื่อลดการสูญเสียในตัวอุปกรณ์อินได้แก่ การสวิตซ์ขณะแรงดันเป็นศูนย์ (ZVS) การสวิตซ์ขณะกระแสเป็นศูนย์ (ZCS) และการสวิตซ์ขณะแรงดันและกระแสเป็นศูนย์ (ZVZCS) โหลดที่ใช้มีคุณลักษณะที่ต่างกัน ทั้งโหลดเรโซแนนซ์แบบอนุกรม โหลดเรโซแนนซ์แบบขนานและโหลดแบบกึ่งเรโซแนนซ์ การควบคุมกำลังทางไฟฟ้าในแต่ละวงจรสามารถทำได้หลากหลายวิธีได้แก่การควบคุมด้วยความถี่ การปรับมมเฟสและการควบคุมด้วยจำนวนไซเคิลของคลื่นสแควร์

จากการที่กิจกรรมโรงงานอุตสาหกรรม ร้านอาหารและตามอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัยมีการใช้พลังงานความร้อนจำนวนมาก การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำนับเป็นกระบวนการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นวัตกรรมใหม่นี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนในรูปแบบอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางการลดใช้พลังงานในอนาคตที่จำเป็นได้อีกด้วย

คำสำคัญ: กระแสไหลวน, อินเวอร์เตอร์, โหลดเรโซแนนซ์

Abstract

Induction heating innovative is high performance heat up than traditional heating . Such as heating coils gas using and heat in other forms. The induction heating reference magnetic induction principle.. By entering high frequency alternating current to the coil to generate a magnetic field to hold the material to be heat related . This material must be qualified Ferromagnetic materials. Induce eddy currents in the material is a closed path. And the loss due to eddy currents . The cause heat to build up. Current induction heating is used in a variety of heating induction such as induction cooker ,

kettle, hot shower. Hardening machine, plastic and glass melting etc.. Induction heating is developed through ongoing research . In terms of power or inverter circuit viz half bridge inverter ,full bridge inverter,Three- level circuits , A single switch circuit , This has developed to reduce switching losses viz zero voltage switching (ZVS), zero current switching (ZCS) and the zero voltage and zero current switching (ZVZCS) , which is also loaded with different features such as the serial resonant load, The parallel resonant load and quasi- resonant load. The control electrical power to each circuit can be a variety of ways viz the frequency adjusting. The phase-shift angle control And controlled by the pulse density modulation. The use of thermal energy in industry,restaurant, mall, and residential have energy consumption is high. Induction heating has developed a process that makes heat efficiency and it is important to develop better performance due to heat in other forms. It is also an approach to reduce the energy needed in the future as well.

Keyword: Eddy current, Inverter, Resonant Load,

บทนำ

มีการพัฒนานวัตกรรมในการให้ความร้อนมาอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบันเช่น การใช้แก๊สในการให้ความร้อน การให้ความร้อนแบบขดลวดความร้อน และการให้ความร้อนแบบขดลวดเหนี่ยวนำ หากพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียในประเด็นปริมาณพลังงานที่ใช้ ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความเร็วในการให้ความร้อน อุณหภูมิในการให้ความร้อน ต้นทุนการผลิต ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประสิทธิภาพในการให้ความร้อนแล้ว แต่ละรูปแบบจะมีลักษณะของระบบการทำงานที่มีส่วนดีและส่วนเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำนั้นจะมีข้อดีที่มากกว่าแบบการใช้แก๊สและขดลวดความร้อน

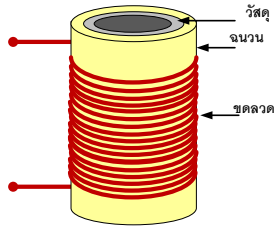
ระบบเหนี่ยวนำความร้อนส่วนใหญ่ที่ผ่านมาสร้างขึ้นด้วยวงจรควบคุมที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยาก แต่ในปัจจุบันจะลดรูปลงโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีศักยภาพที่สูงมากขึ้น ทั้งในเรื่องของขนาด หน่วยความจำ ความรวดเร็ว คำสั่งในการทำงานและฟังก์ชันในการใช้งานมาควบคุมการทำงาน วงจรกำลังมีขนาดเล็กลง จากการพัฒนาการออกแบบวงจร ส่งผลให้การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

หลักการเหนี่ยวนำความร้อน

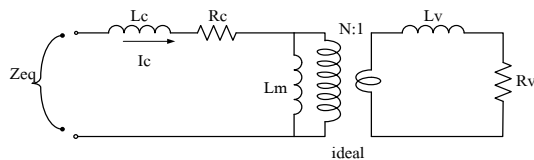
เมื่อนำขดลวดมาพันรอบกับวัสดุที่ถูกหุ้มฉนวนแล้ว จะมีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลง ผลการทำงานจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโลหะแต่ละชนิดของวัสดุ การเลือกใช้วัสดุจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำต่อไป

เมื่อป้อนกระแสสลับความถี่สูงให้กับขดลวดเหนี่ยวนำ ดังภาพที่ 1 ขดลวดเหนี่ยวนำจะสร้างสนามแม่เหล็กเกี่ยวข้องกับวัสดุ ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติเป็นสาร Ferromagnetic สนามแม่เหล็กที่เกี่ยวข้องกับวัสดุจะทำให้เกิดกระแสไหลวนเป็นเส้นทางปิด ทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน เป็นผลทำให้เกิดความร้อนมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นกับวัสดุโดยตรง จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของขดลวดเหนี่ยวนำและโหนดที่เป็นวัสดุจะมีเส้นแรงแม่เหล็กค้ำยันซึ่งกันและกัน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลง สามารถนำมาเขียนเป็นวงจรเทียบเท่าของหม้อแปลง ดังภาพที่ 2 โดยวัสดุทำหน้าที่เป็นขดลวดทุติยภูมิมีจำนวนขดลวดเพียง 1 รอบ ทางด้านปฐมภูมิมีขดลวดเหนี่ยวนำ (L_c) ความต้านทานของขดลวดเหนี่ยวนำ (R_c) ซึ่งค่า Magnetizing Inductance (L_m) เมื่อรวมความต้านทานของวัสดุ (R_p) และ

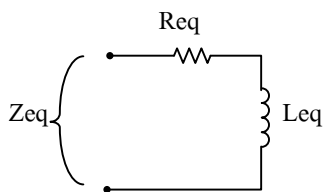
Leakage Inductance (L_v) ทางด้านฟิสิกส์ที่พยายามรวมกับทางด้านปฏิกิริยาแล้วจะได้อิมพีแดนซ์รวม Z_{eq} ประกอบด้วย R_{eq} และ L_{eq} ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเกิดความร้อนโดยการเหนี่ยวนำ ดังนั้นขดลวดเหนี่ยวนำและโหลดวัสดุนี้สามารถเขียนแทนด้วยวงจรเทียบเท่า ซึ่งประกอบด้วย อินดักแตนซ์เทียบเท่า L_{eq} และความต้านทานเทียบเท่า R_{eq}



ภาพที่ 2 วงจรเทียบเท่าของหม้อแปลง



ภาพที่ 3 อิมพีแดนซ์เทียบเท่าของขดลวด

ขดลวดเหนี่ยวนำและโหลดวัสดุสามารถเขียนแทนด้วยวงจรรอนุกรมเทียบเท่า ซึ่งประกอบด้วยอินดักแตนซ์เทียบเท่า และความต้านทานเทียบเท่าสามารถ

อุตสาหกรรมพลาสติกกับการใช้ความร้อน

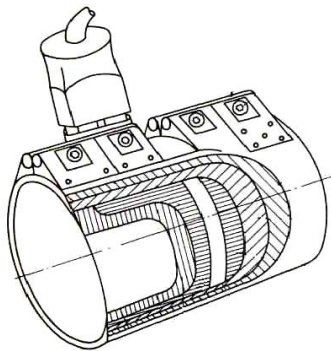
อุตสาหกรรมในปัจจุบันและอดีตที่ผ่านมายังคงใช้ความร้อนโดยอาศัยแก๊สและขดลวดความร้อนเป็นหลัก ยกตัวอย่างเช่นการหลอมแก้วในบางโรงงานยังอาศัยความร้อนที่ได้จากแก๊สหุงต้ม การหลอมพลาสติกในโรงงานอุตสาหกรรม[1] ยังคงใช้ขดลวดความร้อนในการหลอม นอกจากนี้อุปกรณ์ตามอาคารบ้านเรือน ร้านอาหารหรือสถานประกอบการ ยังคงใช้ขด

ลวดความร้อนในอุปกรณ์ต่างๆเช่น เครื่องทำน้ำอุ่น กาต้มน้ำ กระทะไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้ขดลวดความร้อนแบบเดิม

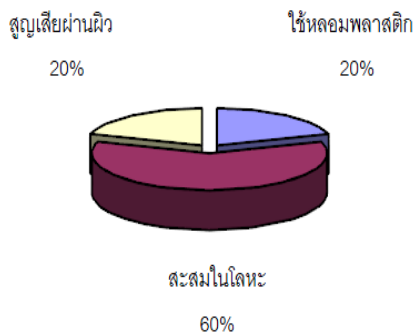
อุตสาหกรรมพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สำคัญ มีโรงงานกระจายอยู่ทั่วประเทศรวมทั้งสิ้นกว่า 4,276 แห่ง ตั้งแต่โรงงานตึกแถวไปจนถึงโรงงานขนาดใหญ่ ในปี พ.ศ. 2544-2546 มีปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกประมาณ 2.5 ล้านตันต่อปี มีการใช้แรงงานจำนวนมากประมาณ 169,026 คน และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกกว่า 1 ล้านคน มีมูลค่าการส่งออกถึง 1.3 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี พ.ศ 2546 หรือคิดเป็นร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ และมีมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์พลาสติก เม็ดพลาสติกและเครื่องจักรที่สูงมากเช่นเดียวกัน อุตสาหกรรมพลาสติกมีอัตราการเติบโตในปี พ.ศ. 2546 ถึงร้อยละ 6 ในการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยการผลิตหลักอย่างหนึ่ง จึงเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เครื่องแปรรูปพลาสติก จะใช้ฮีตเตอร์แบบเข็มขัด (Band Heaters) รัตรอบบาริล และบริเวณตาย มีทั้งเฟสเดียว และ 3 เฟส ดังภาพที่ 4(ก) โดยทั่วไปจะมี heater 4-6 ชุด แบ่งเป็น กลุ่มหน้า กลุ่มกลาง กลุ่มท้าย ฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมเป็นแบบแผ่น ขนาด 1,000 - 1,500 วัตต์/แผ่น ลวดฮีตเตอร์ (Heater): เรียกว่า ลวด Nikrothal 80 หรือ R80 โดยส่วนผสมของนิเกิล 80% และโครเมียม 20% สามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเหนียว และทนความร้อนได้สูงถึง 1400 องศาเซลเซียส หุ้มอยู่รอบกระบอก การควบคุมอุณหภูมิมักเป็นแบบปิดเปิด (ON-OFF) อุณหภูมิที่ตั้งอยู่ในช่วง 170-200 °C ขึ้นอยู่กับชนิดพลาสติก แต่ละกลุ่มจะมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่า เฮอร์โมสแตทซ์ (Thermostat) ซึ่งสามารถปรับตั้งอุณหภูมิของแต่ละกลุ่มได้ ความละเอียดไม่ควรเกิน 10 องศาเซลเซียส สำหรับการควบคุมความร้อนที่ดีสามารถจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ เมื่อ

พิจารณาไฟฟ้าที่ป้อนให้ฮีตเตอร์หุ้มบาเรลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความยาว 1 เมตร อุณหภูมิผิว 140 °C พบว่า เป็นส่วนของการหลอมพลาสติกเพียงร้อยละ 10-20 และสะสมความร้อนในแท่งบาเรลและแมกนิฟ ร้อยละ 60 ที่เหลือร้อยละ 20 เป็นความร้อนสูญเสียผ่านผิววัสดุ ความร้อนปริมาณนี้ นอกจากสิ้นเปลืองพลังงานแล้วยังทำให้พื้นที่ทำงานร้อนขึ้น การหุ้มฉนวนภายนอกกระบอกลพลาสติกสามารถช่วยลดการทำงานของ Heater ไฟฟ้าลงได้เทียบเป็นการประหยัดได้ ประมาณ 20%



ก. ลักษณะฮีตเตอร์



ข. สัดส่วนพลังงานความร้อน

ภาพที่ 4 ฮีตเตอร์เข็มขัด

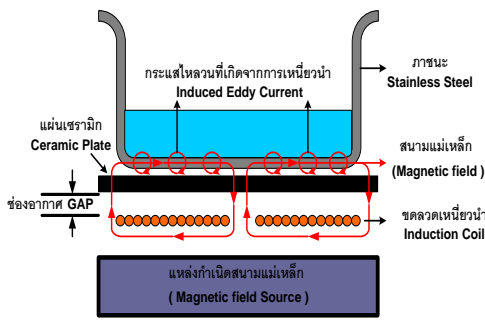
ปัจจุบันได้มีการนำหลักการเหนี่ยวนำความร้อนมาใช้กับการหลอมพลาสติกซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหลอมได้สูงถึง 60 โดยอุปกรณ์ยังคงมีราคาที่สูงกว่าขดลวดความร้อนโดยทั่วไป แต่มีความคงทนในการใช้งานที่มากกว่า

การประยุกต์ใช้หลักการเหนี่ยวนำความร้อนกับเตาหุงต้ม

เตาหุงต้มหรือกระทะไฟฟ้าเป็นเครื่องใช้ทำอาหารที่มีใช้แทบจะทุกครัวเรือน ตามร้านอาหารและหอพัก และนับว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้พลังงานค่อนข้างมาก

การเกิดความร้อนของกระทะไฟฟ้า อาศัยความร้อนจากขดลวดความร้อนที่วางทาบกับก้นกระทะ ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อนสู่ภาชนะ ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนจึงค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้ขดลวดเหนี่ยวนำซึ่งความร้อนจะเกิดขึ้นที่ภาชนะโดยตรง ร้านอาหาร ในห้างสรรพสินค้าใช้เตาแม่เหล็กไฟฟ้าแทนที่เตาแบบเดิม เนื่องจากการประหยัดพลังงานและใช้งานได้สะดวก อีกทั้งเพื่อลดค่าใช้จ่ายในต้นทุน เนื่องจากเตาแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถยกตัวภาชนะออกจากเตาได้ จึงง่ายต่อการทำความสะอาด ซึ่งแตกต่างจากเตาแบบขดลวดที่ภาชนะถูกยึดติดกับเตา ทำให้การทำมาสะอาदनั้นยุ่งยากและเกิดคาบสกปรกซึ่งเป็นผลเสียต่อวงจรภายในกระทะไฟฟ้านั้นอีกด้วย

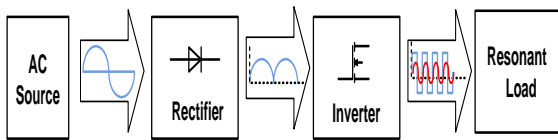
จากภาพที่ 5 เมื่อป้อนกระแสสลับความถี่สูงให้กับขดลวดเหนี่ยวนำที่อยู่ใต้ภาชนะ ขดลวดเหนี่ยวนำจะสร้างสนามแม่เหล็กเกี่ยวคล้อง (Magnetic flux) กับภาชนะหุงต้ม ที่มีคุณสมบัติเป็นสาร Ferromagnetic ทำให้เกิดกระแสไหลวน (Eddy current) ในเส้นทางปิด ทำให้เกิดการสูญเสียและเกิดความร้อนขึ้นที่ภาชนะหุงต้ม และจะถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำที่อยู่ภายในภาชนะหุงต้ม ทำให้น้ำร้อนได้ในที่สุด ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะไม่มีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำกับภาชนะหุงต้ม ทำให้ปลอดภัยต่อการใช้งาน และมีประสิทธิภาพต่อการทำความร้อนสูง



ภาพที่ 5 โครงสร้างของกระทะไฟฟ้า

หลักการสร้างกระแสความถี่สูงเพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน

เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำความถี่สูงสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นบล็อกไดโอดแอมป์ได้ ดังภาพที่ 6 รายละเอียดประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ เพื่อป้อนให้กับวงจรเรียงกระแส ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนวงจรกรองแรงดันทางด้านเอาต์พุตจะใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เพื่อกรองไฟกระแสตรงให้เรียบขึ้น แล้วจ่ายให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟตรงให้เป็นแรงดันไฟสลับความถี่สูง โดยใช้เพาเวอร์ไอจีบีที (Insulated gate bipolar transistor) เป็นอุปกรณ์สวิตช์ เพื่อจ่ายให้กับชุดโหลดเรโซแนนซ์ต่อไป



ภาพที่ 6 หลักการสร้างกระแสความถี่สูงเพื่อ

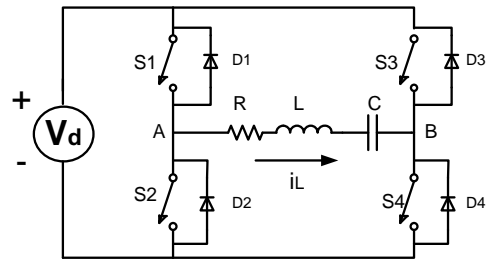
ใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน

{เว้นบรรทัด ฟอนต์ 8}

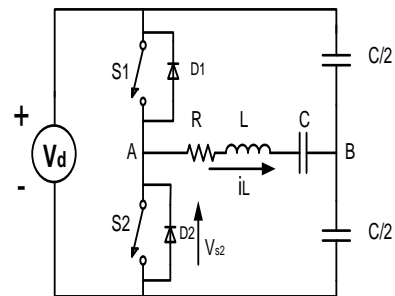
วงจรอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์เป็นวงจรแปลงไฟกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับความถี่สูงส่วนใหญ่นิยมใช้ วงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดฟูลบริดจ์และฮาล์ฟบริดจ์ดังภาพที่ 7 ส่วนในเตาแม่เหล็กไฟฟ้า นิยมใช้อินเวอร์เตอร์แบบสวิตช์ตัวเดียว ข้อแตกต่างกันแรงดันของวงจรอินเวอร์เตอร์ (V_{AB}) จะได้รูปคลื่นสแควร์ที่มีแรงดันสูง

เท่ากับ $+V_d$ และแรงดันต่ำสุดเท่ากับ $-V_d$ กระแสผ่านโหลด (i_L) เป็นรูปคลื่นซาย์ดังภาพที่ 8 (ก) ส่วนวงจรอินเวอร์เตอร์ฮาล์ฟบริดจ์ดังภาพที่ 8 (ข) ทำหน้าที่เหมือนฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ แต่จะมีสวิตช์ S_1 และ S_2 ทำงานสลับกันเมื่อวัดแรงดันตกคร่อมสวิตช์ (V_{S2}) จะได้ค่าแรงดันเท่ากับ $+V_d$ และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และกระแสไหลผ่านโหลด (i_L) เป็นรูปคลื่นซาย์ดังภาพที่ 8 (ข) ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์จะมากกว่าฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ และเนื่องจากให้กำลังไฟฟ้ามากจึงต้องสามารถรับแรงดันและกระแสที่มีปริมาณมากขึ้น

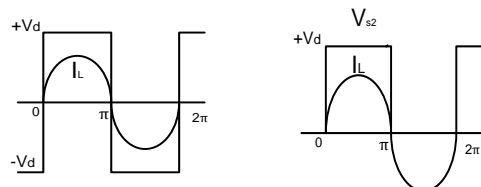


(ก) อินเวอร์เตอร์ชนิดฟูลบริดจ์



(ข) อินเวอร์เตอร์ชนิดฮาล์ฟบริดจ์

ภาพที่ 7 วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดฟูลบริดจ์และชนิดฮาล์ฟบริดจ์



(ก) ฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (ข)ฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์

ภาพที่ 8 คลื่นแรงดันและกระแสไหลของอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์

โพลติโรโซแนนท์

สำหรับโพลติโรโซแนนท์ที่ใช้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงโดยทั่วไปเช่น เครื่องสูบลมเครื่องสูบลมโลหะ เครื่องหล่อโลหะ เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำ บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องเชื่อมความถี่สูง จะมีข้อได้เปรียบที่สำคัญคือ ลดการสูญเสียในการสวิตช์เมื่อสวิตช์ตัดวงจรที่กระแสศูนย์ (Zero current switch : ZCS) หรือสวิตช์วงจรที่แรงดันศูนย์ (Zero voltage switch : ZVS) และข้อเสียเปรียบที่สำคัญของวงจร เรโซแนนท์ คือ ที่ตำแหน่งใกล้จุดความถี่เรโซแนนท์กระแสในวงจรมีค่ามากส่งผลให้แรงดันตกคร่อมวงจรมีค่ามากขึ้นด้วย ดังนั้นสวิตช์ที่เลือกใช้จะต้องสามารถทนแรงดันตกคร่อมขณะ OFF ได้สูงและ L-C ในวงจรที่เลือกใช้ก็เช่นกันจะต้องมีขนาดใหญ่ เพื่อให้สามารถเก็บพลังงานได้มาก อินเวอร์เตอร์เรโซแนนท์โดยทั่วไปจะมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ อินเวอร์เตอร์เรโซแนนท์อนุกรมและขนาน ทั้งสองชนิดนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน คือ

1. เรโซแนนท์อนุกรมมีข้อดีคือสร้างง่ายราคาถูก สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงจากวงจรไดโอดเรกติฟายเออร์โดยไม่ต้องมีวงจรปรับแรงดันกำลังไฟฟ้าที่จ่ายสามารถปรับควบคุมได้ง่ายโดยการปรับความถี่ที่วงจรอินเวอร์เตอร์ **และมีข้อเสียคือ** ขณะป้อนสัญญาณเพื่อขับวงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรโพลติโรจะเปิดวงจรออกไม่ได้ ไม่สามารถทนการลัดวงจรที่โพลติโรได้ควบคุมกำลังไฟฟ้าโดยการปรับความถี่ที่สวิตช์ให้เลื่อนออกจากความถี่เรโซแนนซ์ ทำให้กระแสไม่ค้อยเป็นชายน ซึ่งเป็ผลทำให้เกิดฮาร์โมนิกเกิดขึ้นตามมา

2. เรโซแนนท์แบบขนานมีข้อดีคือ ขณะป้อนวงจรเพื่อขับสัญญาณเพื่อขับวงจรอินเวอร์เตอร์วงจรโพลติโรสามารถเปิดวงจรออกได้ สามารถทนทานการลัดวงจรที่โพลติโรได้ อุปกรณ์ L และ C ที่ใช้ในวงจรเรโซแนนซ์ไม่จำเป็นต้องมีพิคัดแรงดันสูง เนื่องจากกระแสเป็นรูปคลื่นไซน์จึงมีค่า peak คงที่ที่ตำแหน่งเรโซแนนซ์ **ข้อเสีย** ไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงจากวงจรไดโอดเรกติฟายเออร์ แต่ต้องมีการปรับแรงดัน

จากการใช้สวิตช์ควบคุมจำเป็นต้องมี coke เนื่องจากเป็น constant current และวงจรมีขนาดใหญ่เนื่องจากมี coke และวงจรควบคุมแรงดันดีซีอินพุตให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์

แนวทางการพัฒนาการให้ความร้อนแบบ

เหนี่ยวนำในประเทศไทย

ปัจจุบันการใช้การเหนี่ยวนำความร้อนในไทยนั้นพบเพียงในส่วนของอุตสาหกรรมการหลอมแก้วเพียงบางแห่งเท่านั้นซึ่งน้อยมาก ส่วนมากจะพบในการใช้งานในกระทะแม่เหล็กไฟฟ้า และในอุตสาหกรรมการหลอมพลาสติกยังไม่มีการนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวางพบเพียงโรงงานส่วนน้อยเท่านั้น เนื่องจากข่าวสารทางด้านเทคโนโลยีในไทยนั้นจะไม่ครอบคลุมไปถึงอุตสาหกรรมที่สำคัญในไทย แต่จะเน้นไปทางอุปกรณ์สื่อสาร อุปกรณ์ไอที รองลงมาจะเป็นเครื่องมือหรือนวัตกรรมทางการเกษตร และในส่วนของอุตสาหกรรมที่ใช้ความร้อนในการหลอมนั้นแทบจะไม่มีข่าวสารที่กระจายได้ทั่วถึงให้ตามโรงงานอุตสาหกรรมได้รับรู้ข้อมูลเสียเลย

อุตสาหกรรมอย่างหนึ่งที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในประเทศจีนนั้นคือการหลอมพลาสติกเพื่อผลิตเม็ดพลาสติก ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากขดลวดความร้อนมาเป็นแบบขดลวดเหนี่ยวนำอย่างแพร่หลายแล้ว ดังที่กล่าวไปว่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านการลงทุน แต่หากในประเทศไทยนั้น พบเพียงส่วนน้อยมากๆ เนื่องจากการขาดข่าวสารทางด้านไอทีที่ได้กล่าวไปแล้ว นอกเหนือจากนั้นยังขาดนักลงทุนที่จะสร้างเครื่องมือเหล่านี้มาจำหน่ายในท้องตลาดอีกทั้งผู้ที่มีความรู้ความสามารถในการสร้างยังคงมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ด้วยปัญหาเหล่านี้ จึงเกิดการตั้งบริษัทที่มาจากประเทศจีนมาลงทุนในประเทศไทย ซึ่งมีเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่พร้อมที่จะติดตั้งและบริการให้กับโรงงานอุตสาหกรรมในไทยขึ้นแล้ว ซึ่งอนาคตอาจจะมีผู้ผลิตที่เป็นของคนไทยก็เป็นได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2548). **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์พลาสติก.** กรุงเทพฯ: โครงการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่นอกเหนือจากโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535.
- [2] จิรศักดิ์ ส่งบุญแก้ว. (2554). **เครื่องซูปแข็งผิวโลหะด้วยวิธีการเหนี่ยวนำความร้อน.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี.
- [3] ยงยุทธ นาราชภูร์; และ วิริยะ พิเชฐจำเริญ . (2551). **“การควบคุมกำลังไฟฟ้าของเรโซแนนท์อินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ด้วยจำนวนพัลส์ PDM สำหรับงานให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความร้อนสูง”** การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 31 (EECON-31), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และมหาวิทยาลัยศรีปทุม นครนายก. หน้า 469-472.
- [4] สิทธิโชค สินรัตน์. (2545). **การวิเคราะห์เตาหุงต้มเหนี่ยวนำความถี่สูงชนิดควบคุมกำลังไฟฟ้า ด้วยความถี่.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [5] Tremblay, Gregory E. (2010). **Investigation of Injection molding Performance using Induction barrel heating.** SABIC Innovative Plastics, Pittsfield, MA Bruce F. Taylor, Xaloy Corporation, New Castle, PA
- [6] Vriya, P., Thomas, T. (2000). **Power Transfer Characteristics of a Phase-Shift Controlled ZVS Inverter for the Application of Induction Heating.** IPECTokyo Conf.Rec.
- [7] Grajales, L., Sabate, J. A., Wang, K R., Tabisz, W. A. and Lee, F. C. (1993). **Design of a 10 kW Phase - Shift Controlled Series A Resonant Inverter for Induction Heating Proc of Industry Applications Society.**Canada: Toronto, 843-849
- [8] N. Yongyuth, P. Viriya; & K. Matsuse, (2007). **“Analysis of a Full-Bridge Inverter for Induction Heating Using Asymmetrical Phase-Shift Control under ZVS and NON-ZVS Operation,”** in Proc. Power Electronics and Drive Systems (PEDS 2007), Bangkok, Thailand, November 2007, pp. 476-482.