

เครื่องหลอมอลูมิเนียมเหนี่ยวนำความถี่สูง

ศักดิ์ พรหมเหมือน และสมพงษ์ ศรีลัด

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถ.พระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ : 0-22193033 ต่อ 230

E-mail: sakda_prom@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องต้นแบบของเครื่องหลอมอลูมิเนียมด้วยหลักการเหนี่ยวนำความถี่สูง โดยวงจรจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟสลับ 1 เฟส วงจรเรียงกระแสไดโอดแบบบริดจ์ และวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์แบบเรโซแนนซ์ชนิด RLC อนุกรม ซึ่งวงจรจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 84 กิโลเฮิร์ต และวัสดุทดสอบเป็นอลูมิเนียมขนาด 100 กรัม ทดสอบโดยการปรับความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ในช่วง 86 – 96 กิโลเฮิร์ต ผลที่ได้กระแสต้านออกวงจรอินเวอร์เตอร์จะมีค่าอยู่ในช่วง 7.22 – 4.75 แอมป์ และเวลาที่ใช้ในการหลอมอยู่ในช่วง 9 – 13 นาที โดยจะทราบได้จากผลการทดลองที่ความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ใกล้เคียงความถี่เรโซแนนซ์คือ 86 กิโลเฮิร์ต จะใช้เวลาในการหลอมน้อยที่สุดคือ 9 นาที

คำสำคัญ : อินเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่น, ความถี่สูง, เรโซแนนซ์

1. คำนำ

ปัจจุบันนี้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำแบบต่างๆ มากมาย เช่น เตาหุงต้มเหนี่ยวนำความถี่สูง เครื่องเชื่อมเหนี่ยวนำความถี่สูง เครื่องชุบผิวแข็งเหนี่ยวนำความถี่สูง ด้วยมีข้อดี คือ เครื่องมีขนาดเล็กกะทัดรัด ความร้อนที่ต้องการถึงพิกัดได้อย่างรวดเร็ว เป็นการแสดงให้เห็นผลถึงการประหยัดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องให้ความร้อนแบบทั่วๆ ไป

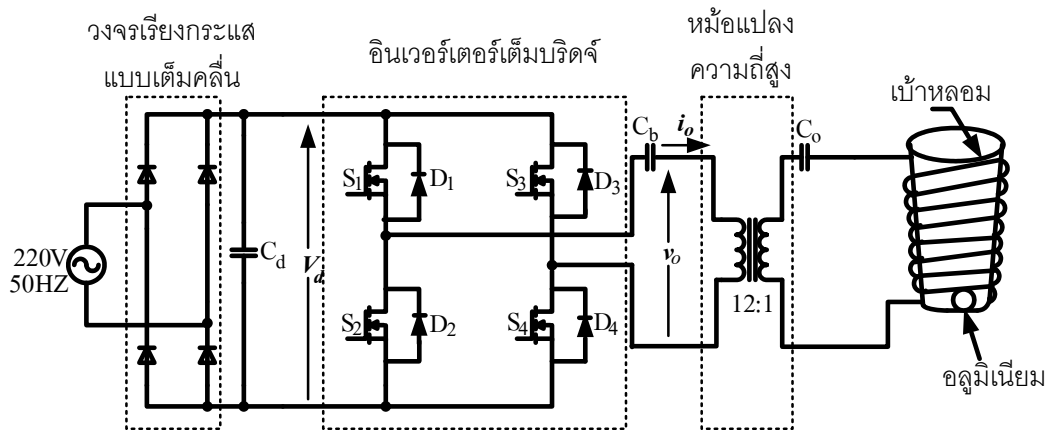
ดังนั้นในงานวิจัยจึงนี้เลือกที่จะสร้างเครื่องหลอมอลูมิเนียมเหนี่ยวนำความถี่สูง ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรของเครื่องหลอมอลูมิเนียมเหนี่ยวนำความถี่สูงจะแสดงดังรูปที่ 1

2. การทำงานของวงจร

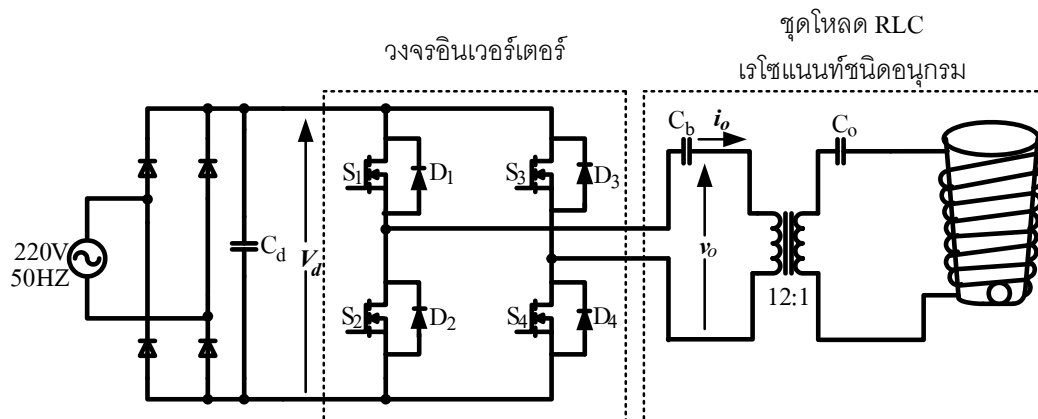
จากรูปที่ 1 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นทำหน้าที่แปลงแรงดันแหล่งจ่ายไฟสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต เป็นแรงดันไฟตรงเพื่อเป็นอินพุตให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่นที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟตรงเป็นแรงดันไฟสลับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่สูง ส่วนหม้อแปลงจะทำหน้าที่แปลงแรงดันให้ต่ำ และกระแสให้สูงขึ้นที่มีความถี่สูง เพื่อป้อนให้กับขดลวดเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความถี่สูงไปคล้อง

เกี่ยวกับอลูมิเนียม ทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการสูญเสียในรูปกระแสไหลวนที่อยู่ในบ้ำหลอมเป็นผลให้เกิดการหลอมละลายของอลูมิเนียมในที่สุด

ดังนั้นจึงแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ชุด คือ วงจรอินเวอร์เตอร์ และชุดโหลด RLC เรโซแนนท์ชนิดอนุกรม ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของวงจรของเครื่องหลอมอลูมิเนียมเหนี่ยวนำความถี่สูง



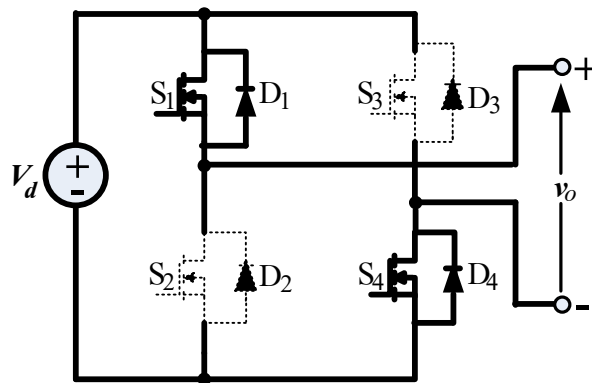
รูปที่ 2 วงจรแบ่งการทำงาน

2.1 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดการทำงานดังนี้

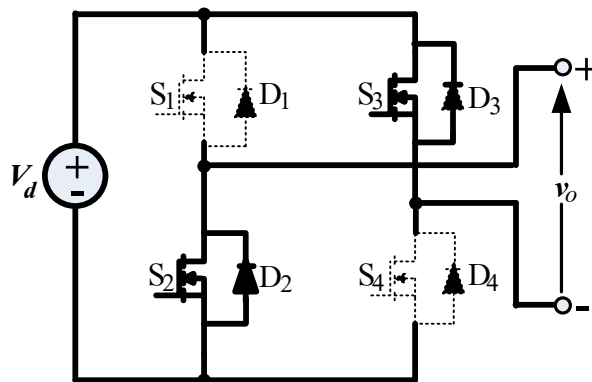
โหมดการทำงานที่ 1 S_1, D_1 และ S_4, D_4 ทำงานลักษณะวงจรแสดงดังรูปที่ 3 แรงดันด้านออก (v_o) จะมีค่า $+V_d$

โหมดการทำงานที่ 2 S_2, D_2 และ S_3, D_3 ทำงานลักษณะวงจรแสดงดังรูปที่ 4 แรงดันด้านออก (v_o) จะมีค่า $-V_d$

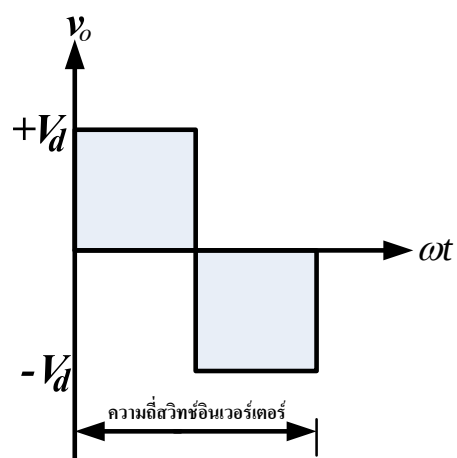
ดังนั้นแรงดันด้านออกจากริเวอร์เตอร์ (v_o) มีลักษณะรูปคลื่นแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 โหมดการทำงานที่ 1



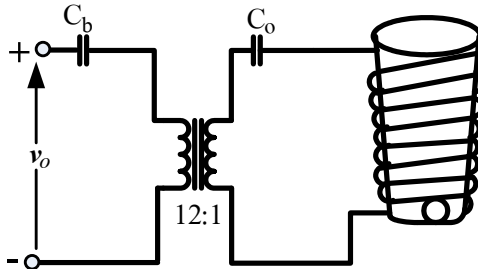
รูปที่ 4 โหมดการทำงานที่ 2



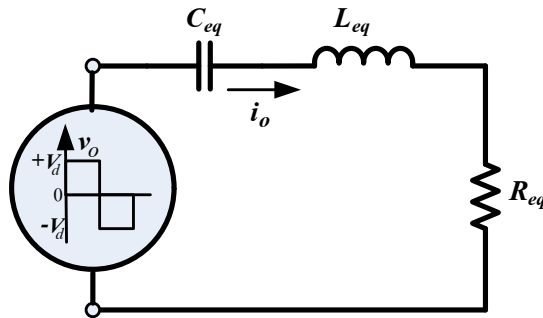
รูปที่ 5 รูปคลื่นแรงดันด้านออก (v_o)

2.2 ชุดโหลด RLC เรโซแนนซ์ชนิดอนุกรม

ชุดโหลด RLC เรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมจะพิจารณาจากรูปที่ 6 เมื่อทำการโอนย้ายพารามิเตอร์ต่างๆ ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงมาอยู่ทางด้านปฐมภูมิ จะได้วงจรสมมูล RLC อนุกรมดังรูปที่ 7

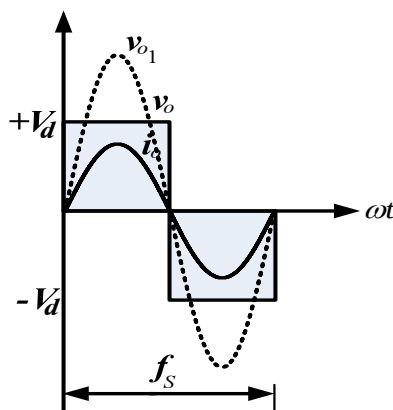


รูปที่ 6 ชุดโหลด RLC เรโซแนนซ์ชนิดอนุกรม



รูปที่ 7 วงจรสมมูล RLC อนุกรม

จากวงจรรูปที่ 7 ที่สถานะเรโซแนนซ์คือ เมื่อความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ (f_s) เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ (f_r) กระแส (i_o) จะมีค่าสูงสุด ซึ่งมีลักษณะรูปคลื่นแรงดัน (v_o) และกระแส (i_o) ของวงจรรูปที่ 7 เป็นดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะคลื่นแรงดัน (v_o) และกระแส (i_o)

ดังนั้นสามารถหาค่ากระแส i_o จากวงจรรูปที่ 7 ได้จากสมการที่ (1)

$$i_o = \frac{v_{o1}}{\sqrt{(R_{eq})^2 + \left(2\pi f_s L_{eq} - \frac{1}{2\pi f_s C_{eq}}\right)^2}} \quad (1)$$

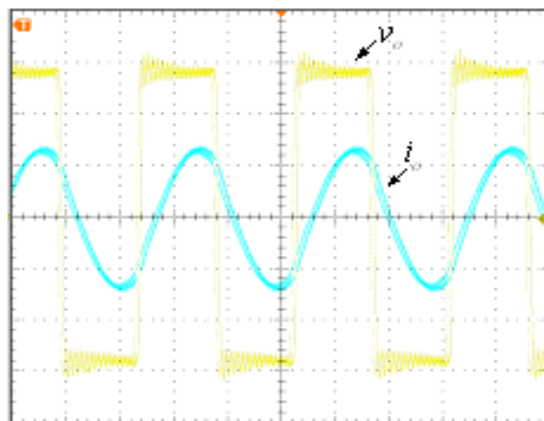
$$v_{o1} = \frac{4V_d}{\pi} \sin \left[2\pi f_s t - \tan^{-1} \left(\frac{2\pi f_s L_{eq} - 1/2\pi f_s C_{eq}}{R_{eq}} \right) \right] \quad (2)$$

เมื่อ i_o คือ กระแสไหลวงจรสมมูล RLC อนุกรม

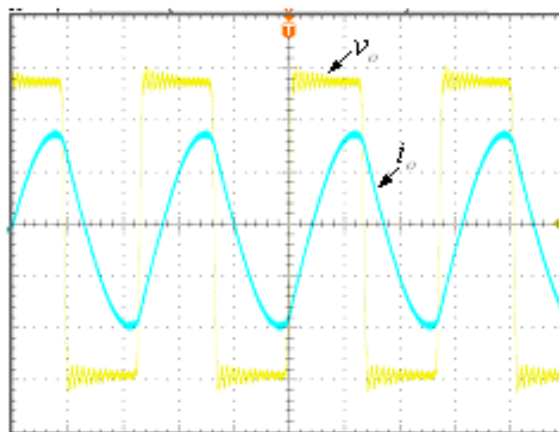
v_{o1} คือ แรงดันด้านเข้าวงจรสมมูล RLC อนุกรมที่ความถี่หลักมูล

3. ผลการทดลอง

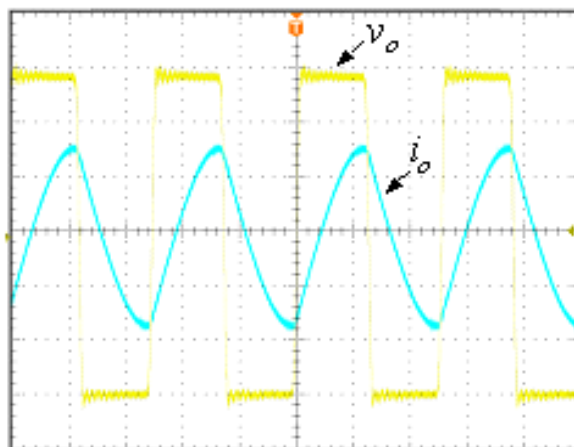
จากการทดลองเมื่อทำการวัดคลื่นแรงดัน และกระแสทางด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ เมื่อปรับเปลี่ยนความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ในช่วง 86-92 kHz โดยใช้ลูมิเนียมนขนาด 100 กรัม และความถี่เรโซแนนท์เท่ากับ 84 kHz ตลอดจนการทดลอง โดยค่า $R_{eq} = 25 \Omega$, $L_{eq} = 100 \mu H$ และ $C_{eq} = 0.0445 \mu F$



รูปที่ 9 ผลการทดลองคลื่นแรงดัน(100V/Div)และกระแสด้านออก(10 A/Div)วงจรอินเวอร์เตอร์
เมื่อความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์เท่ากับ 86 kHz



รูปที่ 10 ผลการทดลองคลื่นแรงดัน(100V/Div)และกระแสด้านออก(5 A/Div)วงจรอินเวอร์เตอร์
เมื่อความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์เท่ากับ 92 kHz

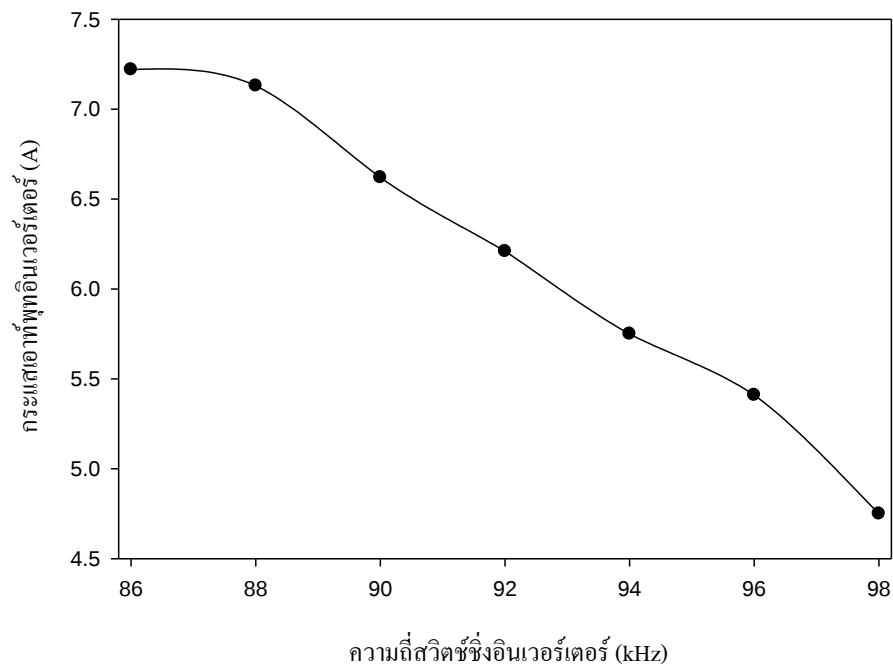


รูปที่ 11 ผลการทดลองคลื่นแรงดัน(100V/Div)และกระแสด้านออก(5 A/Div)วงจร อินเวอร์เตอร์
เมื่อความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์เท่ากับ 98 kHz

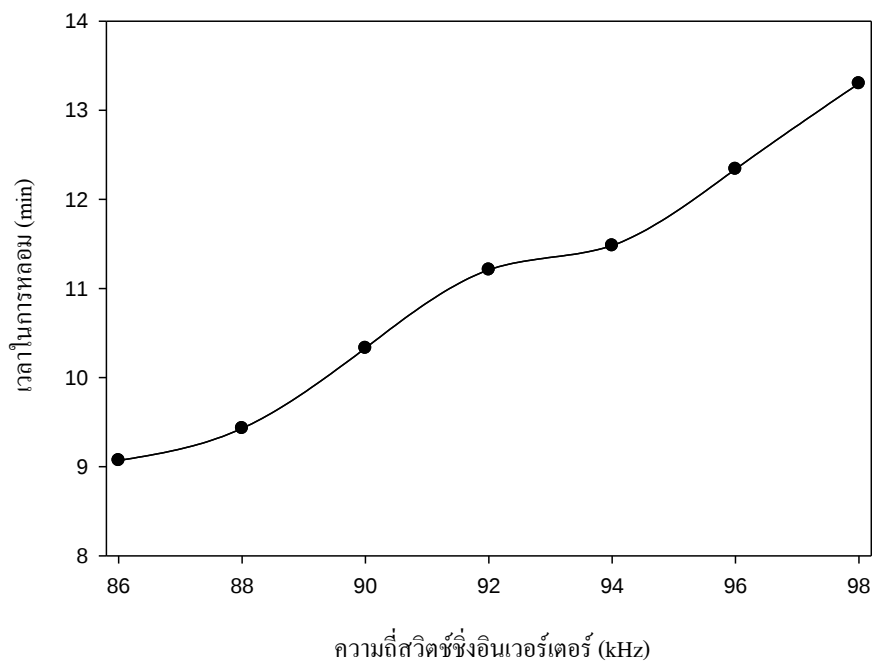
จากรูปที่ 9, 10 และ 11 แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ เมื่อสวิตช์อินเวอร์เตอร์ คือ 86 kHz, 92kHz และ 98kHz

จากรูปที่ 12 แสดงค่ากระแสทางด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ในช่วง 86 -98 kHz ค่ากระแสที่ได้อยู่ในช่วง 7.3 -4.6 A

จากรูปที่ 13 แสดงเวลาในการหลอมละลายอลูมิเนียมเมื่อทำการปรับเปลี่ยนความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ในช่วง 86 -98 kHz เวลาในการหลอมละลายอยู่ในช่วง 9-13 นาที



รูปที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สวิตซ์อินเวอร์เตอร์และการคำนวณอวกจรอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สวิตซ์อินเวอร์เตอร์และการ เวลาที่ใช้ในการหลอม

4. สรุป

จากการทดลองเมื่อปรับความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์ในช่วง 86-98 kHz ค่ากระแสด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์อยู่ในช่วง 7.3 -4.6 A และ เวลาในการหลอมละลายอลูมิเนียมอยู่ในช่วง 9-13 นาที

ดังนั้นในการหลอมละลายอลูมิเนียมที่ใช้เวลาน้อยที่สุดคือที่ความถี่สวิตช์อินเวอร์เตอร์เท่ากับ 86 kHz ค่ากระแสด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์สูงที่สุด คือ 7.4 A และ ใช้เวลาในการหลอมละลายน้อยที่สุดคือ 9 นาที



รูปที่ 14 เครื่องต้นแบบ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความ ขอขอบคุณ นายจตุโชค ศรีวิสัย , นายบัญชา เกาเล็ก , นายชัยยา วรรณแก้ว และ นายธีระ ศรีสวัสดิ์ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่มีความตั้งใจ และช่วยเหลืองานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] H.Fujita, H.Akagi “ Pulse-Density-Modulated Power Control of a 4 kW, 450 kHz, Voltage - Source Inverter for Induction Melting Applications ” IEEE Trans. On Industry Applications, Vol.32 , No.2 , 1996.pp.279-286
- [2] P. Viriya, S. Sittichok and K.Matsuse “ Analysis of High Frequency Induction Cooker With Variable Frequency Power Control ” PCC-OSAKA Conf.Rec., 2002.pp.1502-1507.

- [3] I. khan , J. Tapson and I. de Vries “ Automatic Frequency Control of an Induction Furnace”1999
IEEE AFRICON -5th AFRICON CONFERENCE IN AFRICA , Vol.2 , pp.913-916.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายศักดิ์ พรหมเหมือน จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ จบการศึกษาระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจ
งานประยุกต์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง



นายสมพงษ์ ศรีลัด จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบัน-เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จบการศึกษาระดับปริญญาโท คณะ
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้า
สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ งานวิจัยที่สนใจ การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า และงาน
ประยุกต์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

บทความนี้คัดลอกและปรับปรุงจากการประชุมวิชาการเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2 (EENET2010) ตีพิมพ์ออนไลน์ใน JPTEE เมื่อ 6 มีนาคม 2553