

เครื่องต้มน้ำแบบเหนี่ยวนำ

Induction Boiler

พชร หลงสมบุญ , ชัยวัฒน์ จงกุลสถิตชัย, ไชยยันต์ ทองสองยอด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

E-mail: chaiyan.tho@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบและจัดสร้างเครื่องต้มน้ำแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง สำหรับใช้อุปโภค บริโภค และ ป้องกันโรคภัยจากภัยหนาวในพื้นที่ชนบท โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำความถี่สูง ทำให้เกิดความร้อนที่ท่อสูงชันจนทำให้น้ำที่ไหลผ่านท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามที่ต้องการ โดยเครื่องต้มน้ำใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 1,500 วัตต์ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงด้านเข้า 120 โวลต์ โดยมีวงจรแปลงผันไฟตรง - ไฟสลับ ซึ่งจะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ที่สูงขึ้นต่อร่วมกับวงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อทำให้วงจรมีประสิทธิภาพสูงโดยอาศัยหลักการทำงานแบบสวิตชิงในขณะที่แรงดันเป็นศูนย์ การส่งผ่านกำลังโดยหม้อแปลงความถี่สูงที่อัตราส่วนหม้อแปลง 4:1 ไปยังขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อสร้างความร้อนให้กับท่อทำความร้อน จากการทดลองเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้ถึง 90 องศาเซลเซียส โดยการให้น้ำหมุนเวียนที่ปริมาณน้ำ 15 ลิตร และ 45 องศาเซลเซียส โดยการให้น้ำผ่านเพียงครั้งเดียวเพื่อใช้อาบ ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับขณะทำงานอยู่ที่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

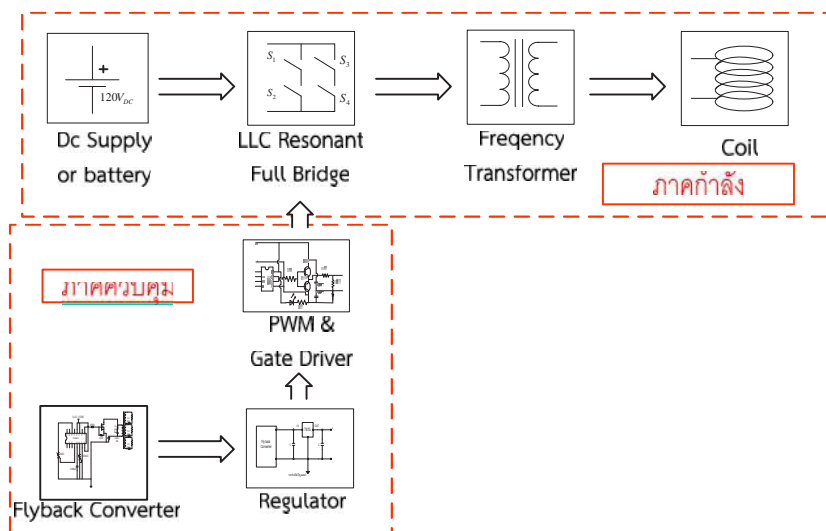
คำสำคัญ: วงจรพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์แบบ LLC, การสวิตชิงบนพื้นฐานที่แรงดันเป็นศูนย์, การให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย มีฤดูกาลแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และฤดูหนาวระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยในช่วงอากาศหนาวมีอุณหภูมิระหว่าง 8.0 – 15.9 องศาเซลเซียส หากอากาศหนาวจัดอุณหภูมิจะต่ำกว่า 8.0 องศาเซลเซียส สถิติอุณหภูมิต่ำสุดของประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดสกลนคร อุณหภูมิอยู่ที่ -1.4 องศาเซลเซียส และในปี พ.ศ. 2542 ที่ อำเภอยิ้มผาง จังหวัดตาก อุณหภูมิอยู่ที่ 0.8 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาวสภาพอากาศที่หนาวจัดจะเป็นสาเหตุในการเจ็บป่วยและเสียชีวิต เนื่องจากอากาศหนาวเย็น ทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลงกว่าปกติ และเป็นผลต่อระบบสมองและหัวใจ จาก [1] พบว่ามีผู้เสียชีวิตที่สงสัยว่ามีสาเหตุจากภาวะอากาศหนาวทั้งสิ้น 30 ราย โดยกลุ่มเสี่ยงจะมี เด็ก คนชรา และคนที่มีโรคประจำตัว เป็นต้น คำแนะนำจาก [2] เพื่อป้องกันภัยด้านสุขภาพจากอากาศหนาว ให้ความสำคัญ อบอุ่นของร่างกาย โดยให้สวมเสื้อผ้าหนาๆ การต้มน้ำ และเครื่องต้มน้ำอื่นๆ ที่นอกจากจะเพิ่มความอบอุ่นแล้ว ยังช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับร่างกาย

การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำสำหรับชาวบ้านในพื้นที่เสี่ยงภัยหนาวนั้น เป็นการลงทุนที่คุ้ม-ค่าต่อกลุ่มเสี่ยงที่มีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต และช่วยลดจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากสถิติในแต่ละปีได้

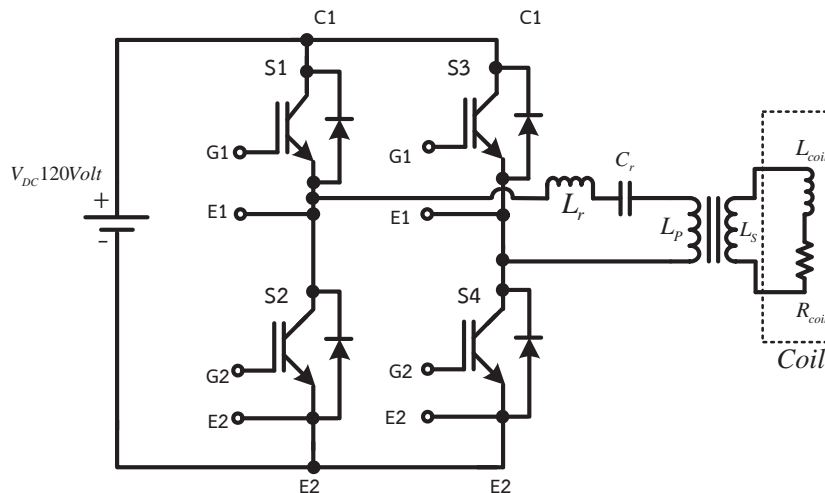
2. แบบวงจรที่ใช้ในการวิจัยทดลอง



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ

2.1 การออกแบบวงจรพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

วงจรแปลงผันไฟตรง - ไฟสลับ แบบพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ [3], [4] ในรูปที่ 2 สวิตช์ทั้ง 4 ตัวจะสลับการทำงานกันโดยทำงานเป็นคู่คือ S_1 และ S_4 จะนำกระแสพร้อมกันในสัญญาณช่วงครึ่งคาบแรก ส่วนในครึ่งคาบหลัง S_2 และ S_3 นำกระแส ส่วน S_1 และ S_4 หยุดนำกระแส ทำให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ต่อไปยังขดลวดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมซึ่งมีค่ายอดถึงยอดเป็นสองเท่าของแรงดันไฟตรงที่ป้อนเลี้ยงวงจรในภาคกำลัง และมีความถี่เท่ากับการทำงานของสัญญาณพัลส์ที่ขับให้กับสวิตช์ทำงาน ในการเลือกใช้พิกัดสวิตช์จะพิจารณาแรงดันที่ตกคร่อมตัวสวิตช์ และกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ โดยได้เลือกค่าเพื่อให้สูงกว่าพิกัดที่ต้องการ



รูปที่ 2 วงจรพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC

การคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุในวงจรเรโซแนนซ์แบบ LLC เพื่อใช้ในการเลือกตัวเก็บประจุ (C_r) มาต่อในวงจร โดยใช้ค่าความเหนี่ยวนำรีวไหล (L_r) มาคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

โดยค่าตัวเหนี่ยวนำที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 0.0196 mH กำหนดความถี่สวิตช์ซึ่งที่ใช้เท่ากับ 20 kHz แทนค่าลงในสมการที่ (1) จะได้

$$20 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.01961 \times 10^{-3}) \times C}}$$

เมื่อย้ายข้างสมการเพื่อหาค่าตัวเก็บประจุ จะได้

$$C = \frac{1}{4\pi^2 \times (20 \times 10^3)^2 \times (0.01961 \times 10^{-3})}$$

∴ ค่าตัวเก็บประจุที่ได้คือ $C = 3.22 \mu\text{F}$

จะได้ค่าตัวเก็บประจุของวงจรเรโซแนนซ์เท่ากับ $3.22 \mu\text{F}$ จึงใช้ตัวเก็บประจุค่า $4 \mu\text{F}$

เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุที่ได้จากการคำนวณนั้น ไม่สามารถที่จะหาซื้อได้ จึงต้องใช้ค่าที่ใกล้เคียงกันเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้คือ $3.22 \mu\text{F}$

อัตราส่วนของขดลวดเหนี่ยวนำหาได้จากสมการด้านล่าง แทนค่าลงในสมการที่ (2) จะได้

$$A = \frac{L_1}{L_2} \quad (2)$$

$$A = \frac{0.01961}{2.3436} = 0.0084 \approx 0.01$$

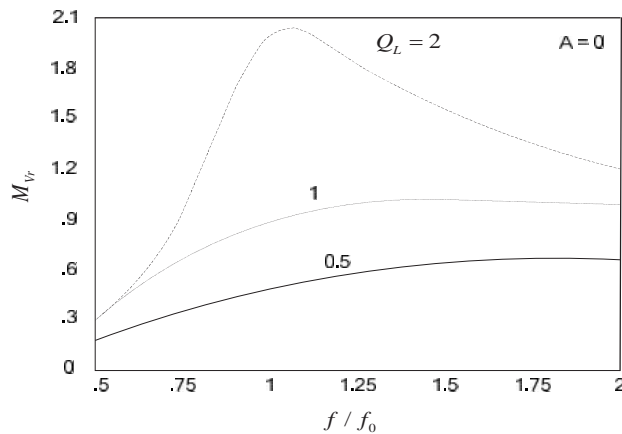
การหาอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ ที่ค่า Q_L คงที่ เพื่อดูความเหมาะสมในการใช้ค่าความถี่และการหาค่าตัวเก็บประจุโดยเลือกความถี่สวิตช์ซึ่งเป็น 1.1 เท่าของความถี่เรโซแนนซ์ โดยคำนวณจาก

$$f_o = \frac{20 \times 10^3}{1.1} = 18.18 \text{ kHz}$$

ดังนั้น

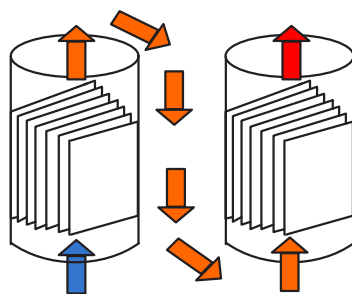
$$\frac{f}{f_o} = \frac{20 \times 10^3}{18.18 \times 10^3} = 1.13$$

จากการคำนวณสามารถนำมาพิจารณาหาค่าอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟอัตราส่วนแรงดันของวงจรเรโซแนนซ์ M_{Vr} ในฟังก์ชัน f / f_o ที่ค่า Q_L คงที่

2.2 การออกแบบชุดทำความร้อนจากโลหะ



รูปที่ 4 ออกแบบท่อทำความร้อนจากโลหะ

จากรูปที่ 4 น้ำจะไหลผ่านตามลูกศร ของท่อทั้ง 2 ชุด โดยท่อชุดแรกทำให้เพิ่มอุณหภูมิของน้ำในระดับหนึ่ง พอผ่านเข้ามายังท่อชุดที่สอง ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก ท่อน้ำทำความร้อนทำจากเหล็ก เนื่องจากเหล็กเป็นวัสดุที่สามารถเหนี่ยวนำความร้อนได้ดี จึงทำให้เกิดความร้อนได้สูง และภายในตัวท่อยังมีไส้ครีปที่ทำจากโลหะแผ่นบางหลายแผ่น เพื่อที่จะเพิ่มหน้าสัมผัสของน้ำให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง

2.3 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปขับสวิตช์

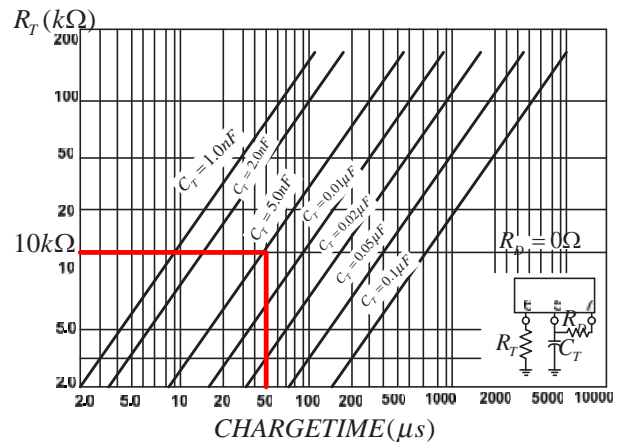
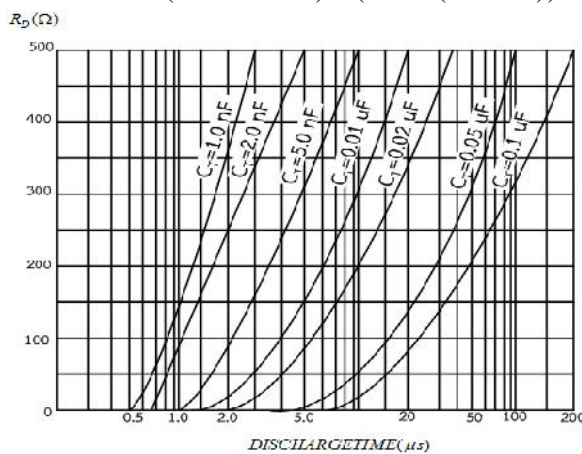
วงจรสำหรับสร้างสัญญาณและปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยใช้ไอซีเบอร์ KA3525A ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ โดยได้ต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจร รูปที่ 5 ตัวต้านทานที่ต่อนั้นจะมีหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลเข้าไอซี และตัวเก็บประจุจะมีหน้าที่เป็นตัวกรองความถี่สูงให้กับวงจร แต่แรงดันที่ออกจากไอซียังไม่เพียงพอที่จะสามารถขับสวิตช์ให้ทำงานได้ จึงได้ต่อวงจรโทเท็มโพลเพื่อเพิ่มแรงดันให้เพียงพอที่จะขับสวิตช์ให้ทำงานได้

ความถี่จะถูกกำหนดโดยค่า C_T ที่ขา 5 และค่า R_T ที่ขา 6 โดยเราสามารถปรับความถี่ได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ที่ขา 5 ของไอซี ความถี่ที่เราต้องการอยู่ที่ $20-50 \text{ kHz}$ โดยกำหนด C_T ให้เท่ากับ $0.01 \mu\text{F}$ และค่า R_T ให้เท่ากับ $7 \text{ k}\Omega$ โดยดูได้จากรูปที่ 5 สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3)

$$f = \frac{1}{C_T \times (0.7 \times R_T + 3R_D)} \quad (3)$$

แทนค่าลงในสมการที่ (3) จะได้

$$f = \frac{1}{(0.01 \times 10^{-6}) \times (0.7 \times (7 \times 10^3)) + (3 \times 40)} = 19 \text{ kHz} \approx 20 \text{ kHz}$$



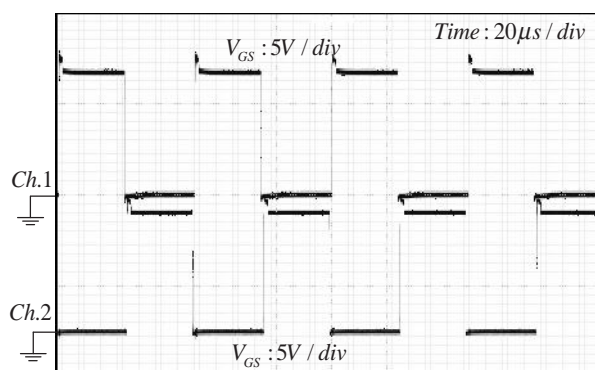
รูปที่ 5 กราฟใช้ในการเลือกค่า C_T และ R_T

3. ผลการวิจัย

จากทฤษฎีและการนำเสนอในข้างต้น ได้มีการทดลองวงจรและวัดสัญญาณส่วนต่างๆของวงจร ได้แก่วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับแบบเรโซแนนซ์ การบันทึกผลการทดลอง และภาพสัญญาณต่างขณะวงจรทำงาน จะนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

3.1 สัญญาณเอาต์พุตจากไอซี KA3525A ที่ขา 11 และขา 14 ของวงจรขับสวิตช์

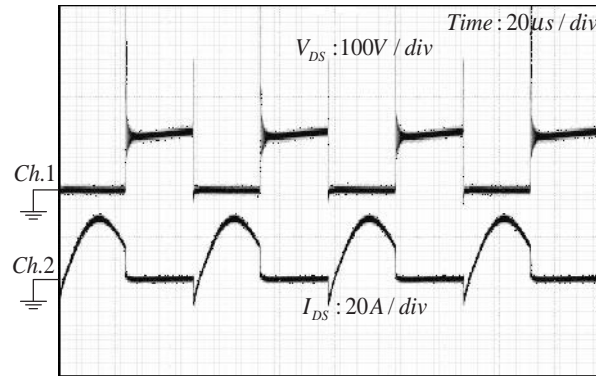
เป็นสัญญาณที่ไอซีสร้างขึ้นและจ่ายออกมาเป็นสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปใช้ในการขับสวิตช์ โดยสัญญาณเอาต์พุตของไอซีที่ขา 11 (Ch.1) และขา 14 (Ch.2) จะทำงานสลับกัน



รูปที่ 6 เปรียบเทียบสัญญาณขับสวิตช์ที่ขา 11 และ 14

3.3 สัญญาณแรงดันที่ตกคร่อม และกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

โดยอาศัยหลักการทำงานสวิตช์ซึ่งที่แรงดันเป็นศูนย์ (ZVS) เพื่อลดความสูญเสียของสวิตช์ที่เกิดขึ้นขณะสวิตช์ซึ่ง โดยแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์จะเป็นศูนย์ก่อนที่สวิตช์จะเริ่มนำกระแส รูปที่ 7

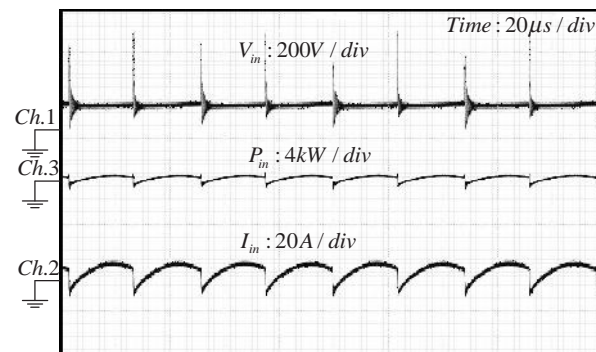


รูปที่ 7 สัญญาณแรงดันและกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

รูปที่ 7 โดยที่ *Ch.1* เป็นสัญญาณพัลส์ของแรงดันที่ไหลผ่านสวิตช์ มีขนาดแรงดัน 120 โวลต์ และที่ *Ch.2* คือสัญญาณกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ มีขนาดกระแส 23 แอมแปร์ ขณะเครื่องทำงาน

3.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ก่อนเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

สัญญาณแรงดันด้านเข้าที่วัดได้ ก่อนจะเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยจะมีลักษณะแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟตรง ส่วนสัญญาณกระแสที่ไหลเข้าสู่วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านเข้า มีลักษณะดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนเข้าวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

ตารางที่ 1 แสดงผลของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำเมื่อต้มน้ำ 15 ลิตร

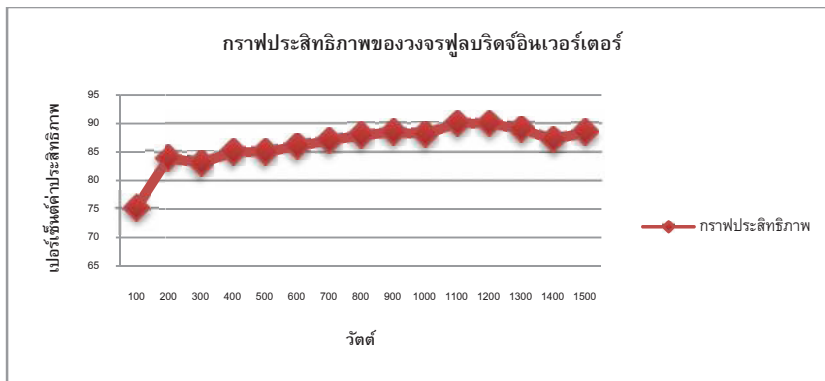
แรงดันที่ใช้	องศาที่ได้	กำลังไฟฟ้า	กระแสที่เข้าหม้อแปลง
30 โวลต์	33 องศาเซลเซียส	70 วัตต์	7 แอมแปร์
40 โวลต์	35.8 องศาเซลเซียส	128.716 วัตต์	9.6 แอมแปร์
50 โวลต์	36.7 องศาเซลเซียส	196.611 วัตต์	12 แอมแปร์
60 โวลต์	41 องศาเซลเซียส	317.234 วัตต์	15.6 แอมแปร์
70 โวลต์	47.1 องศาเซลเซียส	418.474 วัตต์	18.2 แอมแปร์
80 โวลต์	54.3 องศาเซลเซียส	548.544 วัตต์	22.1 แอมแปร์
90 โวลต์	60.2 องศาเซลเซียส	711.643 วัตต์	25.2 แอมแปร์
100 โวลต์	70 องศาเซลเซียส	906.095 วัตต์	29.3 แอมแปร์
110 โวลต์	80 องศาเซลเซียส	1.1884 กิโลวัตต์	33.6 แอมแปร์
120 โวลต์	80 องศาเซลเซียส	1.419 กิโลวัตต์	37.3 แอมแปร์

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงผลของเครื่องทำน้ำอุ่นเมื่อทำการต้มน้ำปริมาณ 15 ลิตร โดยการทดลองใช้แรงดัน 30 โวลต์ จนถึง 120 โวลต์ โดยทำการเพิ่มแรงดันทีละ 10 โวลต์

ตารางที่ 2 แสดงผลของเครื่องทำน้ำอุ่นยี่ห้อ Hitachi 3600 W เมื่อน้ำไหลผ่าน

อุณหภูมิหน้าเครื่อง	อุณหภูมิที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า
32 องศาเซลเซียส	31.5 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	7.65 แอมป์
33 องศาเซลเซียส	33.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	7.58 แอมป์
34 องศาเซลเซียส	33.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.32 แอมป์
35 องศาเซลเซียส	34.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.78 แอมป์
36 องศาเซลเซียส	36.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	8.78 แอมป์
37 องศาเซลเซียส	37.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	13.07 แอมป์
38 องศาเซลเซียส	37.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.28 แอมป์
39 องศาเซลเซียส	39.1 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.3 แอมป์
40 องศาเซลเซียส	40.0 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	14.71 แอมป์
41 องศาเซลเซียส	41.9 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.83 แอมป์
42 องศาเซลเซียส	42.3 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.90 แอมป์
43 องศาเซลเซียส	42.8 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.93 แอมป์
44 องศาเซลเซียส	43.2 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.95 แอมป์
45 องศาเซลเซียส	43.2 องศาเซลเซียส	226 โวลต์	15.95 แอมป์

น้ำที่ใช้อาบทำความร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส โดยน้ำด้านเข้ามีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลา 60 วินาที ในการเพิ่มความร้อน ที่แรงดัน 120 โวลต์ ใช้กำลังไฟฟ้า 1,419 วัตต์ โดยจะเป็นการปล่อยน้ำไหลผ่านชุดทำความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ ที่ปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับเครื่องทำน้ำอุ่น Hitachi 3600 วัตต์ ดังตารางที่ 2 ข้างต้น



รูปที่ 9 ค่าประสิทธิภาพของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

จากกราฟนี้ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพที่ดีในช่วง 1,100 วัตต์ และ 1,200 วัตต์ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยจากภาพที่ 53 จะเป็นกราฟแสดงผลที่ได้จากการบันทึกค่าประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้านานาชาติที่กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100 - 1,500 วัตต์ของเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำ

4. สรุป

การทดลองนี้นำเสนอเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำเครื่องต้นแบบ โดยใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบ LLC เป็นวงจรภาคกำลัง โดยใช้ไอจีบีทีเป็นสวิตช์ ความถี่ในการสวิตช์ 20 กิโลเฮิรตซ์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ LLC ทำงานอยู่บนพื้นฐานการสวิตช์ที่แรงดันเป็นศูนย์ (Zero Voltage Switching : ZVS) เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นบนตัวสวิตช์ วงจรกำลังจะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 120 โวลต์ วงจรควบคุมวงจรแปลงผัน



ไฟฟ้าจะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ KA3525A เป็นไอซีกำเนิดสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชั่น เพื่อนำไปควบคุมการสวิตช์ การทำงานของสวิตช์จะทำงานสลับกันที่วัฏจักรการทำงานใกล้เคียง 50 เปอร์เซ็นต์ เครื่องทำน้ำอุ่นต้นแบบนี้สามารถทำความร้อนให้กับน้ำได้ตั้งแต่ 37-80 องศาเซลเซียส กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับ 1,419 วัตต์ ประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เครื่องต้นแบบนี้สามารถปรับอุณหภูมิได้ด้วยการปรับความถี่ในการสวิตช์จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้เครื่องทำน้ำอุ่น สามารถใช้ในการอาบน้ำที่อุณหภูมิเหมาะสมไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และใช้น้ำร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุด 80-90 องศาเซลเซียส ดังนั้นเครื่องต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับผู้ที่ประสบภัยหนาว และบ้านเรือนที่ระบบไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึงได้ เนื่องจากเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเหนี่ยวนำใช้แรงดันต่ำผู้ใช้จึงอาจนำไปต่อใช้งานกับแบตเตอรี่ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณเงินรายได้ พ.ศ. 2557 ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

- [1] แสงโฉม ศิริพานิช, พรพรรณภา เหมือนผึ้ง, อนงค์ แสงจันทร์ทิพย์ และบวรวรรณ ดิเรกโกศ, "การแผ่รังสีการเสียชีวิตเนื่องจากภาวะอากาศหนาวในประเทศไทย เดือน ตุลาคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2554," สำนักกระบวนวิชา, กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข, 2555
- [2] กระทรวงสาธารณสุข, "คำแนะนำ กระทรวงสาธารณสุขสำหรับประชาชนในการป้องกันภัยหนาว," 2 พฤศจิกายน 2553
- [3] Hideaki Fujita and Hirofumi Akagi, "Pulse-Density-Modulated Power Control of a 4 kW, 450 kHz Voltage-Source Inverter for Induction Melting Applications," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL 32, NO 2, MARCWAPRIL, 1996.
- [4] Hideki Sadakata, Mutsuo Nakaoka, Hidekazu Yamashita, Hideki Omari and Haruo Terai, "Development of Induction Heated Hot Water Producer using Soft Switching PWM High Frequency Inverter," IEEE CONFERENCE, Power Conversion Conference (PCC), OSAKA, JAPAN, 2002.