

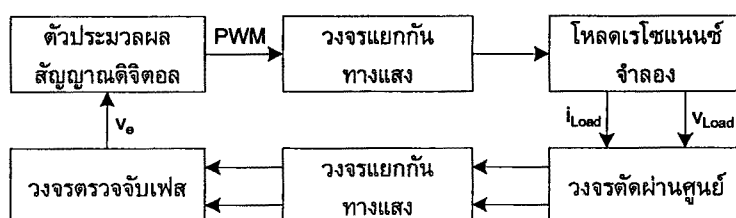
บทที่ 4

ผลการวิจัย

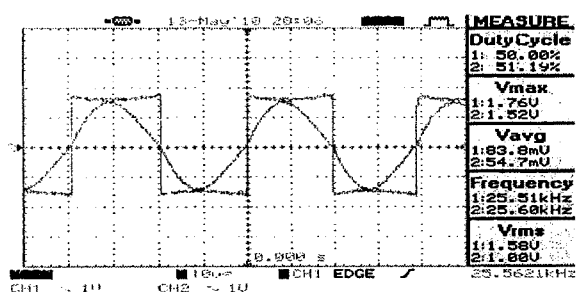
4.1 ทดสอบวงจรควบคุมกับโหลดรีโซแนนซ์จำลอง

วงจรควบคุมถูกนำมาทดสอบกับโหลดรีโซแนนซ์จำลองดังแสดงในรูปที่ 4.1 พารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าดังนี้ คือ duty cycle = 50%, $R_s = 400 \, \Omega$, $L_x = 8.58 \, \text{mH}$, $C_s = 0.0047 \, \mu\text{F}$ ซึ่งจะได้ความถี่รีโซแนนซ์ $f_r = 1/(2\pi\sqrt{8.58\text{mH} \times 0.0047\mu\text{F}}) = 25.1 \, \text{kHz}$

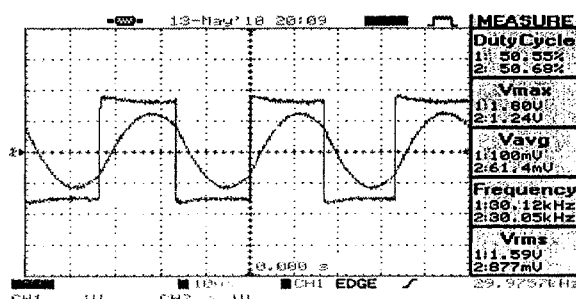
กระแสผ่านโหลด (คลื่นรูปไซน์) และแรงดันตกคร่อมโหลด (คลื่นรูปสี่เหลี่ยม) เมื่อความถี่ในการสวิตช์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ (f_s) มีค่าเป็น 25.5 kHz และ 30.1 kHz แสดงในรูปที่ 4.2 (ก) และ 4.2 (ข) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อ f_s มีค่าใกล้เคียงกับ f_r กระแสจะไหลผ่านโหลดมากและความต่างเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันจะมีค่าน้อยดังรูปที่ 4.2 (ก) เมื่อ f_s มีค่าห่างจาก f_r มากขึ้น กระแสจะไหลผ่านโหลดลดลงและความต่างเฟสระหว่างกระแสกับแรงดันจะมีค่ามากขึ้นดังรูปที่ 4.3 (ข)



รูปที่ 4.1 การทดสอบวงจรควบคุมกับโหลดรีโซแนนซ์จำลอง



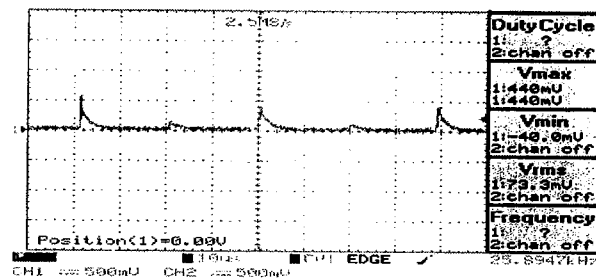
(ก) $f_s = 25.5 \, \text{kHz}$, $f_r = 25.1 \, \text{kHz}$



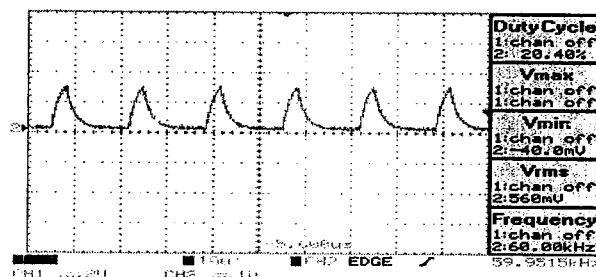
(ข) $f_s = 30.1 \, \text{kHz}$, $f_r = 25.1 \, \text{kHz}$

รูปที่ 4.2 กระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมโหลดเมื่อทดสอบวงจรควบคุมกับโหลดรีโซแนนซ์จำลอง

ในทำนองเดียวกัน เมื่อ f_s มีค่าใกล้เคียงกับ f_r ค่าแอมพลิจูดของวงจรตรวจจับสน (v_o) จะมีค่าน้อยดังรูปที่ 4.3 (ก) และเมื่อ f_s มีค่าห่างจาก f_r มากขึ้น v_o ก็จะมีค่ามากขึ้นเช่นเดียวกันดังรูปที่ 4.3 (ข)



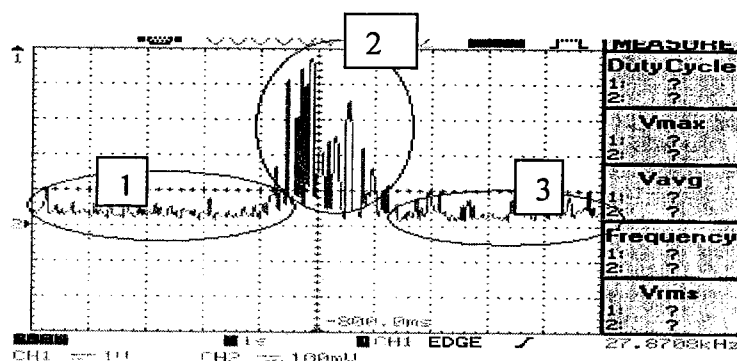
(ก) $f_s = 25.5$ kHz, $f_r = 25.1$ kHz



(ข) $f_s = 30.1$ kHz, $f_r = 25.1$ kHz

รูปที่ 4.3 แอมพลิจูดของวงจรตรวจจับสนเมื่อทดสอบวงจรควบคุมกับโวลต์รีโซแนนซ์จำลอง

นอกจากนี้วงจรควบคุมได้ถูกนำมาทดสอบในการปรับความถี่อัตโนมัติ โดยค่าเริ่มต้นของ f_s เท่ากับ 25.5 kHz จากนั้นทำการลดค่า Lx ลง ซึ่งจะทำให้ f_r มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 1 kHz ค่าของ v_o ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าในระยะที่ 1 v_o มีค่าน้อยซึ่งแสดงว่าระบบอยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์ที่ $f_r = 25$ kHz เมื่อความถี่รีโซแนนซ์เปลี่ยนไปเป็น 26 kHz เนื่องจากการลดค่าของ Lx ค่าของ v_o จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงที่ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลพยายามปรับ f_s ให้มีค่าใกล้เคียงกับความถี่รีโซแนนซ์ค่าใหม่ที่ 26 kHz จนกระทั่งถึงระยะที่ 3 เมื่อ f_s มีค่าใกล้เคียงกับ 26 kHz ระบบจึงเข้าสู่สภาวะรีโซแนนซ์อีกครั้ง



รูปที่ 4.4 แอมพลิจูดของวงจรตรวจจับสนเมื่อทำการปรับความถี่อัตโนมัติกับโวลต์รีโซแนนซ์จำลอง
ระยะที่ 1 เมื่อ $f_s = 25$ kHz, ระยะที่ 2 เมื่อ f_s อยู่ในช่วงปรับค่าเข้าสู่ 26 kHz, ระยะที่ 3 เมื่อ $f_s = 26$ kHz

4.2 ทดสอบวงจรควบคุมกับเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำในการให้ความร้อนกับน้ำ

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำต้นแบบที่สร้างขึ้นได้ถูกนำมาให้ความร้อนกับน้ำ 1 ลิตรเป็นเวลา 10 นาที โดยกำหนดให้ duty cycle = 40%, ตั้งค่า f_s เริ่มต้นที่ 25 kHz ใช้หม้อแปลงที่มีอัตราส่วนรอบเป็น 2:1 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอินพุตเท่ากับ 120 V กำลังไฟฟ้าอินพุต (P_i) แรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_i) และกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_i) จะมีค่าค่อนข้างคงที่ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ทั้งนี้เนื่องจากระบบอยู่ในสภาวะรีโซแนนซ์ตลอดเวลา กระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมโหลดมีเฟสตรงกันที่ความถี่ในการสวิตช์ 25 kHz เมื่อเริ่มให้ความร้อนกับน้ำดังรูปที่ 4.5 (ก) หลังจากให้ความร้อนกับน้ำ 10 นาที กระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมโหลดก็ยังคงมีเฟสตรงกัน แต่ความถี่ในการสวิตช์เปลี่ยนไปเป็น 25.6 kHz ดังรูปที่ 4.5 (ข) ซึ่งเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติของระบบควบคุมเพื่อปรับความถี่ในการสวิตช์ให้เข้าสู่ความถี่รีโซแนนซ์ของโหลดที่เปลี่ยนไปเมื่อมีความร้อนมากขึ้น จากการทดลองระบบสามารถปรับความถี่ได้โดยอัตโนมัติในช่วง 23 kHz - 28 kHz

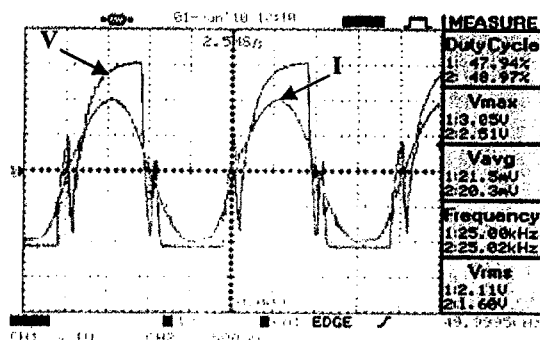
ตารางที่ 4.1 กำลังไฟฟ้าอินพุต แรงดันไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าอินพุตเมื่อให้ความร้อนกับน้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	P_i (W)	V_i (V)	I_i (A)
0	25.0	100.37	120.10	1.37
1	26.5	101.24	120.00	1.43
2	27.8	100.25	120.20	1.39
3	28.9	97.52	120.10	1.40
4	30.5	97.20	120.00	1.35
5	31.9	98.17	120.10	1.34
6	32.5	101.75	120.00	1.39
7	33.4	95.20	120.20	1.32
8	34.6	99.80	120.30	1.36
9	35.5	100.52	120.10	1.35
10	35.9	98.64	120.00	1.37
ค่าเฉลี่ย		99.15	120.10	1.37

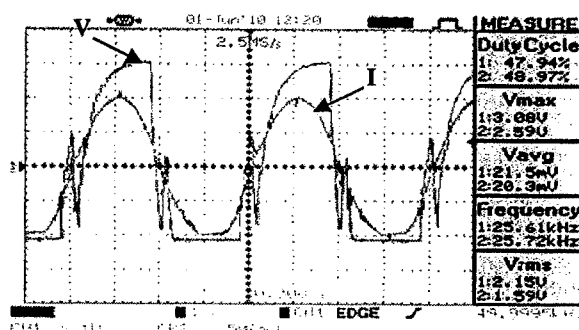
ปริมาณความร้อนที่ให้กับน้ำ 1 ลิตรเป็นเวลา 10 นาทีสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mc\Delta t$$

โดยที่ Q คือ ปริมาณความร้อน (J)
 m คือ มวลของน้ำ (kg)
 c คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg)
 Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)



(ก) เมื่อเริ่มให้ความร้อนกับน้ำ, $f_s = 25 \text{ kHz}$



(ข) หลังจากให้ความร้อนกับน้ำ 10 นาที, $f_s = 25.6 \text{ kHz}$

รูปที่ 4.5 กระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมโหลด

ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่ให้กับน้ำ 1 ลิตรเป็นเวลา 10 นาที คือ

$$Q = (1\text{kg})(4.186\text{kJ/kg})(35.9 - 25) = 45.627\text{kJ}$$

เปลี่ยนปริมาณความร้อนเป็นกำลังงานเอาต์พุต (P_o) ได้เป็น

$$P_o = \frac{Q}{t} = \frac{45.627 \times 10^3 \text{ J}}{10 \times 60 \text{ s}} = 76.05 \text{ W}$$

จะได้ประสิทธิภาพของระบบคือ

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{76.05}{99.15} \times 100 = 76.7\%$$