



การทดสอบเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

การทดสอบเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการทดสอบทางด้านไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยการวัดคุณสมบัติต่าง ๆ และบันทึกรูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ภาคต่าง ๆ ของเครื่อง การวัดและการบันทึกรูปคลื่นของกระแสและแรงดันจะทำเฉพาะตัวแปรที่สำคัญ ๆ ส่วนที่สองเป็นการทดสอบทางโลหะ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อการ annealing ดังนั้นจึงทำการวัดอุณหภูมิของชิ้นงานซึ่งในที่นี้คือเหล็ก ที่ภาวะอยู่ตัว

การทดสอบทางไฟฟ้า

การทดสอบเริ่มโดยการสตาร์ทเครื่อง โดยการต่อไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่ง 380 โวลต์ เข้าไปโดยตรง (Direct on line) และให้วงจรจุดชนวนเอสซีอาร์ในส่วนของอินเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่ 3500 เฮิรตซ์

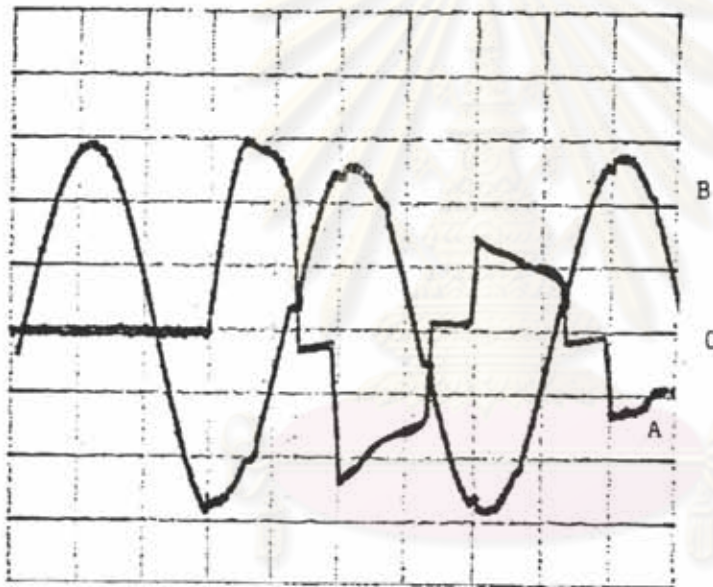
ในการบันทึกสัญญาณที่ภาคต่าง ๆ ของเครื่อง ไม่สามารถวัดสัญญาณเพื่อเปรียบเทียบพร้อมๆกันหลายช่องสัญญาณได้เนื่องจากมีขีดจำกัดจากเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ครั้งละ 2 ช่องสัญญาณ และแต่ละช่องสัญญาณก็ไม่ได้มีการแยกโดดทางไฟฟ้าจากกัน ดังนั้นจึงทำการวัดสัญญาณที่จุดต่าง ๆ อ้างอิงกับสัญญาณกระแส ซึ่งจะช่วยให้ช่องทั้งสองของเครื่องมือวัดแยกโดดออกจากกัน และใช้สัญญาณกระแสเป็นสัญญาณอ้างอิงในการวัดสัญญาณอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบจังหวะการทำงานของสัญญาณต่าง ๆ

ในการวัดคุณสมบัติต่าง ๆ บันทึกรูปคลื่นที่จุดต่างๆของวงจรนั้นจะใช้เครื่องมือวัดช่วยในการบันทึกรูปคลื่นของสัญญาณ และคำนวณหาค่าต่าง ๆ อาทิเช่น กำลังด้านขาเข้า กำลังงานขาออก ตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพของระบบ เป็นต้น โดยในการวัดรูปคลื่นนั้นจะทำการบันทึกรูปคลื่นในภาวะชั่วครู่ (Transient State) และภาวะอยู่ตัว (Steady State) โดยในภาวะชั่วครู่นี้จะทำการวัดและบันทึกกระแสขาเข้าในตอนเริ่มเดินเครื่อง และวัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์เพื่อดูระยะเวลาที่ปลอดภัย (Safety Margin) ที่มากกว่าเวลาการหยุดนำกระแส (turn off time) ของเอสซีอาร์ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ส่วนการวัดบันทึกรูปคลื่นของ

สัญญาณที่จุดต่างๆที่สำคัญ ๆ ในภาวะอยู่ตัว แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 เป็นต้นไป รูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับรูปคลื่นที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

1) รูปคลื่นกระแสทางด้านขาเข้าตอนเริ่มเดินเครื่อง

เนื่องจากในช่วงเริ่มเดินเครื่องจะมีกระแสกระชาก (Surge Current) เพื่อให้ทราบขนาดของกระแสดังกล่าวโดยที่มิ่วงจรป้องกันการกระชากของกระแสด้านเข้า จึงได้ทำการวัดกระแสทางด้านขาเข้าในตอนเริ่มเดินเครื่องได้ผลแสดงไว้ในรูปที่ 4.1



T: 50 μ S/DIV
A: i_A 20 A/DIV
B: v_{cA} 200/DIV

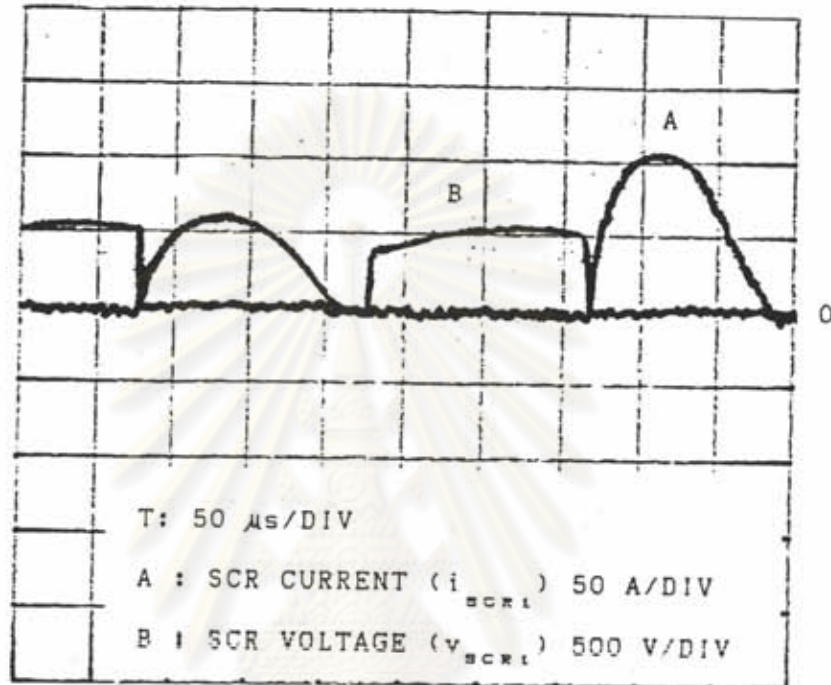
รูปที่ 4.1 แสดงรูปคลื่นกระแสขาเข้าตอนเริ่มเดินเครื่อง

จะเห็นได้ว่า กระแสเข้าในตอนเริ่มเดินจะมีค่าสูงกว่ากระแสในภาวะอยู่ตัวไม่มากนัก รูปคลื่นกระแสที่ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.1 มีลักษณะใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.9

2) รูปคลื่นกระแสและแรงดันเอสซีอาร์ตอนเริ่มเดินเครื่อง

เพื่อให้ทราบถึง safety margin ในการ turn off เอสซีอาร์ ตอนเริ่มเดินเครื่องว่ามีค่ามากเพียงพหรือไม่

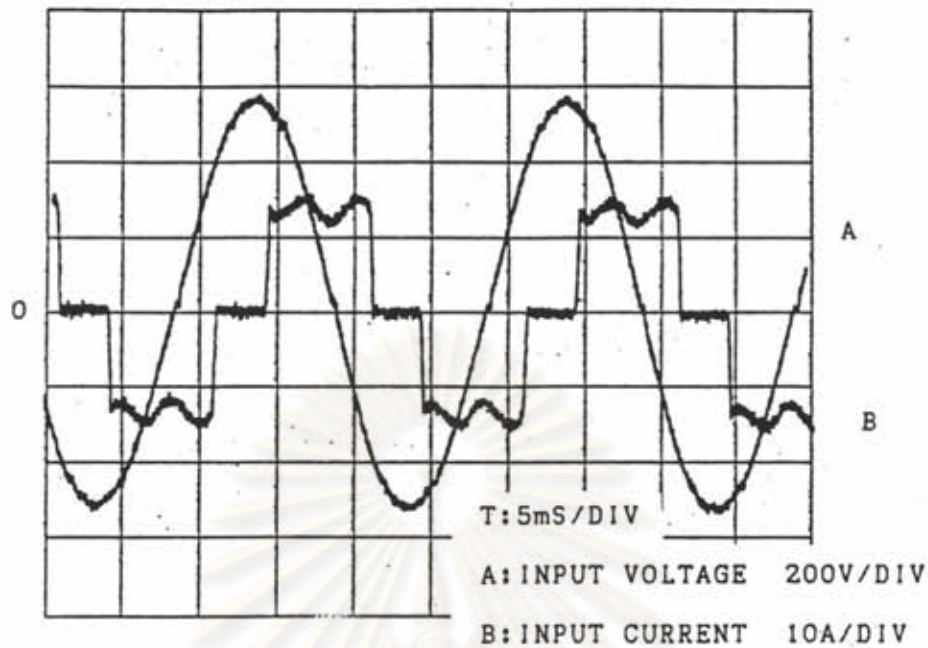
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า เวลาที่แรงดันเป็นลบมีค่า $30 \mu\text{s}$ ซึ่งมากกว่า turn off time ของเอสซีอาร์ที่ระบุไว้คือ $15 \mu\text{s}$ อยู่ $15 \mu\text{s}$ ดังนั้นจะมี safety margin เท่ากับ $15 \mu\text{s}$ ซึ่งต่ำกว่า safety margin ในภาวะอยู่ตัว $15 \mu\text{s}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.2 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์ตอนเริ่มเดินเครื่อง

จะเห็นได้ว่า safety margin ที่ได้จากรูปที่ 4.2 มีช่วงระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.32

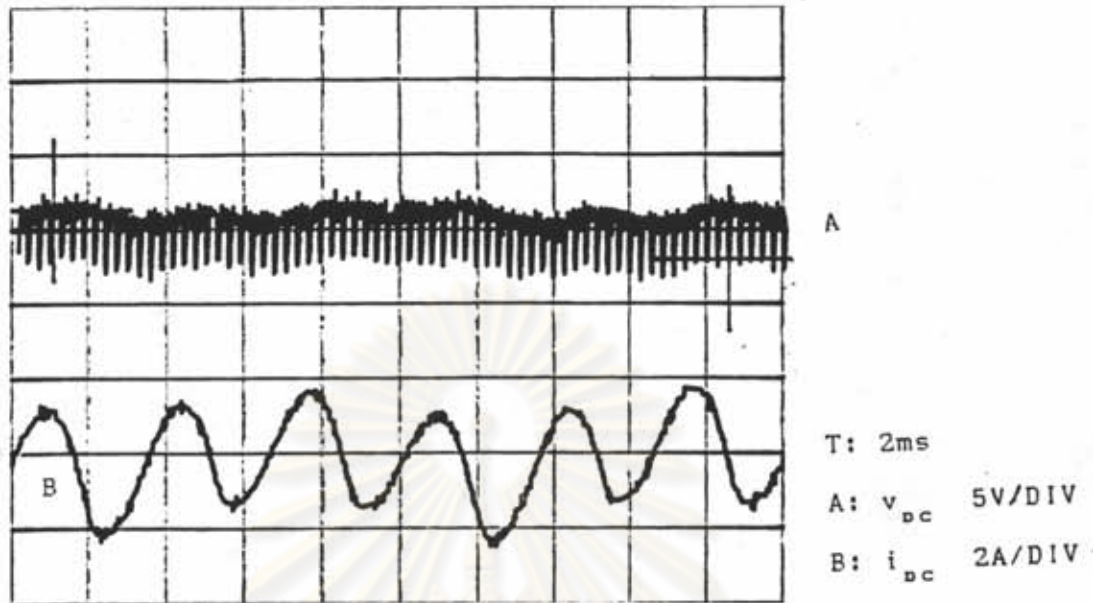
3) รูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านขาเข้าเครื่องฯ การบันทึกรูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านขาเข้าของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเป็นการวัดรูปคลื่นของแรงดันระหว่างสายและกระแสในสาย จะเห็นได้ว่ากระแสในสายมีรูปคลื่นเป็น quasi square wave ที่มีการกระเพื่อมเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 13.5 แอมแปร์ ถึง 16.75 แอมแปร์ ในช่วงบวก และ ระหว่าง -13.5 ถึง -16.75 แอมแปร์ ในช่วงลบ รูปคลื่นของกระแสในสายจะเหมือนกันทุกเฟส เพียงแต่มีการเลื่อนเฟสไป 120 องศาเท่านั้น ดังนั้นจึงแสดงรูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพียงเฟสเดียวเท่านั้น



รูปที่ 4.3 แสดงรูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านขาเข้าเครื่อง

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นของกระแสและแรงดันทางด้านขาเข้าของเครื่องที่ได้จากการวัดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปคลื่นที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ในรูปที่ 3.10 มีลักษณะใกล้เคียงกัน

4) รูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟตรงด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ จากการวัดค่าเฉลี่ยของกระแสและแรงดันไฟตรงด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ พบว่ากระแสมีค่าเฉลี่ย 13.84 แอมแปร์ และแรงดันเฉลี่ย 506 โวลต์ เพื่อให้เห็นการกระเพื่อม(ripple) ของกระแสและแรงดันไฟตรงด้านขาเข้า จึงได้ตัดองค์ประกอบไฟตรงออก ได้รูปคลื่นของกระแสและแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ค่ายอดถึงค่ายอดของกระแสกระเพื่อมมีค่าเท่ากับ 4.3 แอมแปร์ ส่วนแรงดันไฟตรงมีความถี่การกระเพื่อม 300 เฮิรตซ์ และมีความการสวิตช์จากเอลซีอาร์ 3500 เฮิรตซ์ ปร่วมอยู่ด้วย โดยมีค่ายอดถึงค่ายอดของการกระเพื่อมเท่ากับ 2.1 โวลต์

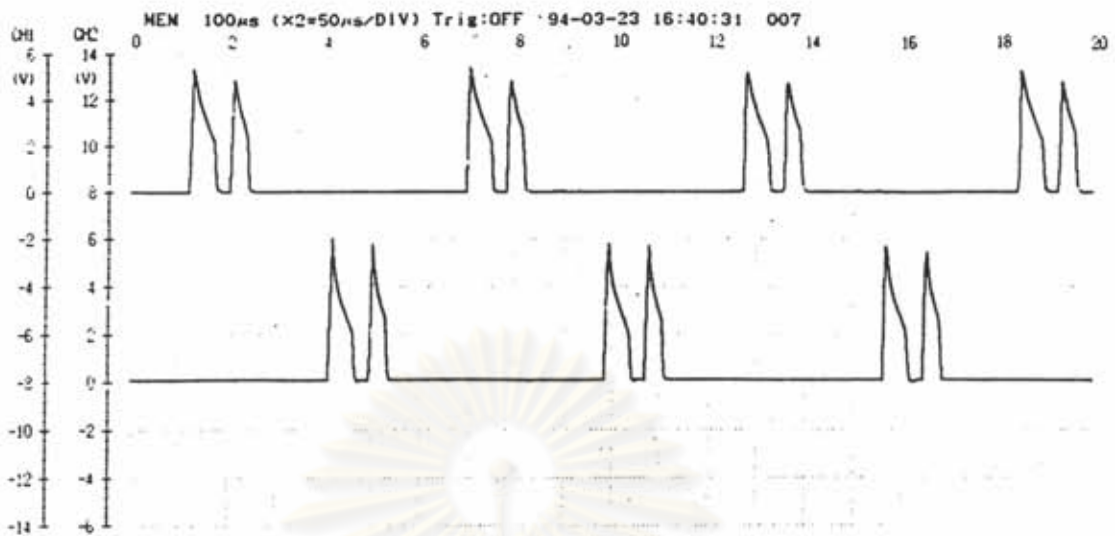


รูปที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นของกระแส (i_{dc}) และแรงดันไฟตรง (v_{dc})
ด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นของกระแสและแรงดันไฟตรงด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ที่ได้จากการทดลองรูปที่ 4.4 มีลักษณะรูปคลื่นที่ใกล้เคียงกับการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.12

5) รูปคลื่นสัญญาณการจุดชนวน

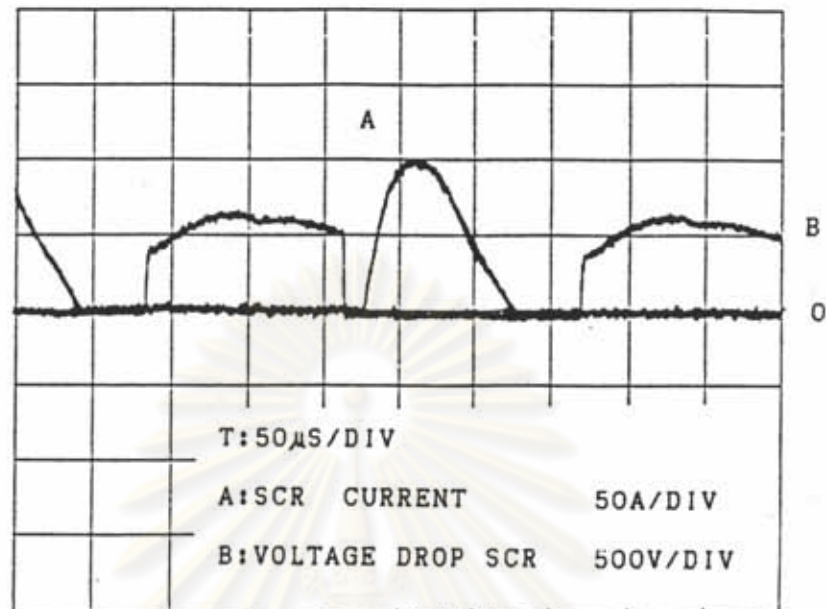
รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นของแรงดันระหว่างเกตและแคโทด ที่ใช้ในการจุดชนวนของเอสซีอาร์ จะเห็นได้ว่าแรงดันจุดชนวนเอสซีอาร์จะประกอบด้วยพัลส์ 2 พัลส์ มีค่ายอด 6 โวลต์ มีช่วงการ turn on เท่ากับ 25% ของคาบเวลาการจุดชนวน รูปคลื่นของแรงดันที่ใช้ในการจุดชนวนเอสซีอาร์มี 2 ชุด มีเฟสต่างกัน 180 องศา



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณการจุดชนวนของเอสซีอาร์

6) รูปคลื่นกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์ในภาคอินเวอร์เตอร์

รูปที่ 4.6 แสดงการวัดรูปคลื่นกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์ในภาคอินเวอร์เตอร์ โดยวัดกระแสเอสซีอาร์ตัวที่ 2 ค่ายอดของกระแสเอสซีอาร์ตัวที่ 2 มีค่าประมาณ 100 แอมแปร์ โดยมีลักษณะคล้ายไซน์ครึ่งลูก รูปคลื่นมีช่วงกว้างการนำกระแสเท่ากับ $86.84 \mu\text{s}$ มีช่วงเวลากการนำกระแส 109.42 องศา ส่วนของแรงดันที่ตกคร่อมเอสซีอาร์ มีค่ายอดประมาณ 600 โวลต์ โดยมีลักษณะรูปคลื่นใกล้เคียง square wave ทำให้ทราบว่า safety margin time ของเอสซีอาร์ที่ภาวะอยู่ตัวมีค่าเท่ากับ $30 \mu\text{s}$ เมื่อเทียบกับ safety margin time ที่ได้จากภาวะชั่วคราวที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 มีค่าเวลาเท่ากับ $15 \mu\text{s}$ ซึ่งถือว่าเป็นเวลาที่มากพอที่จะทำให้เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเดินเครื่องได้อย่างปลอดภัย ส่วนกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์ตัวที่ 1 มีรูปคลื่นเช่นเดียวกับรูปคลื่นที่ได้จากเอสซีอาร์ตัวที่ 2 แต่มีเฟสต่างกัน 180 องศาเท่านั้น จึงแสดงรูปคลื่นที่ได้เพียงรูปเดียว



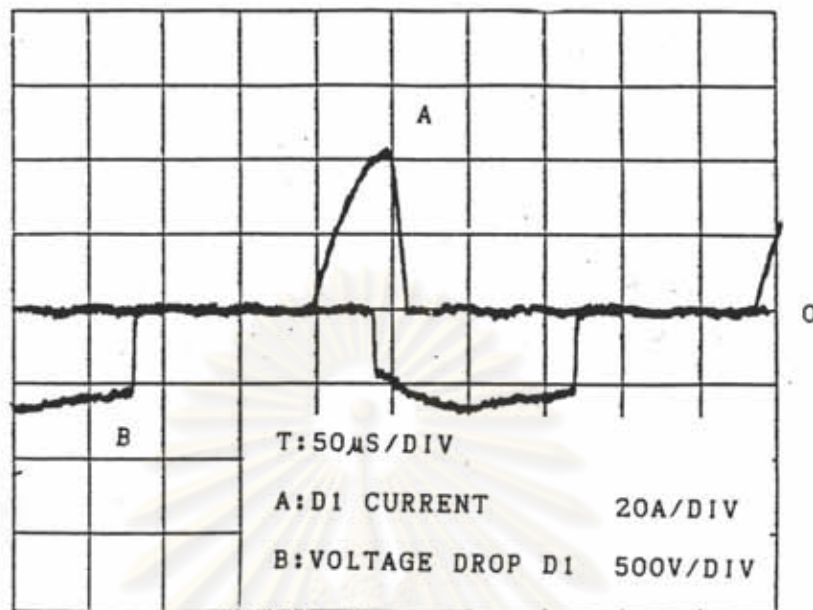
รูปที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันของเอสซีอาร์ตัวที่ 2

จะเห็นได้ว่า safety margin time ที่ได้จากการวัดรูปคลื่นมีระยะเวลาใกล้เคียงกับ safety margin time ที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ และรูปคลื่นที่ได้จากการวัดมีลักษณะใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์เช่นกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.19

7) รูปคลื่นกระแสไดโอดและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด

รูปที่ 4.7 แสดงผลของการวัดรูปคลื่นกระแสไดโอดตัวที่ 1

และแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดโดยทำการวัดแอมโพลเทียบกับแคโทด ได้กระแสค่ายอด 40 แอมแปร์ และแรงดันค่ายอด 600 โวลต์ ส่วนรูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 มีรูปคลื่นเหมือนกับรูปคลื่นของไดโอดตัวที่ 1 เพียงแต่มีเฟสต่างกัน 180 องศาเท่านั้น จึงแสดงรูปคลื่นให้เพียงรูปเดียว

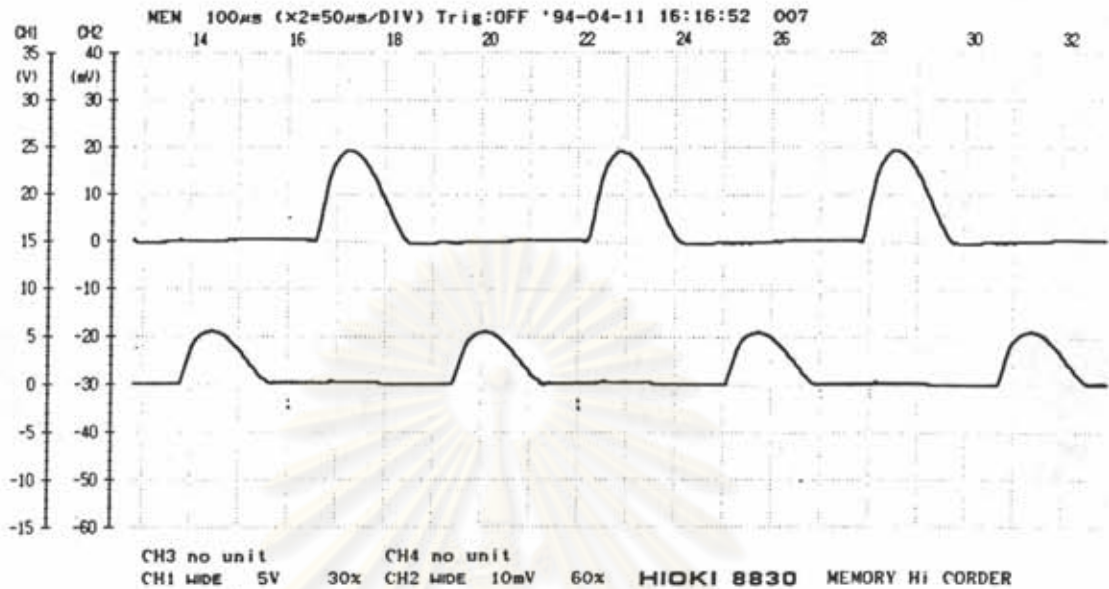


รูปที่ 4.7 แสดงกระแสผ่านไดโอดกับแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 1

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านไดโอดและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดที่ได้จากการวัดในรูปที่ 4.7 ให้ผลของรูปคลื่นใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงในรูป 3.25

8) รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์

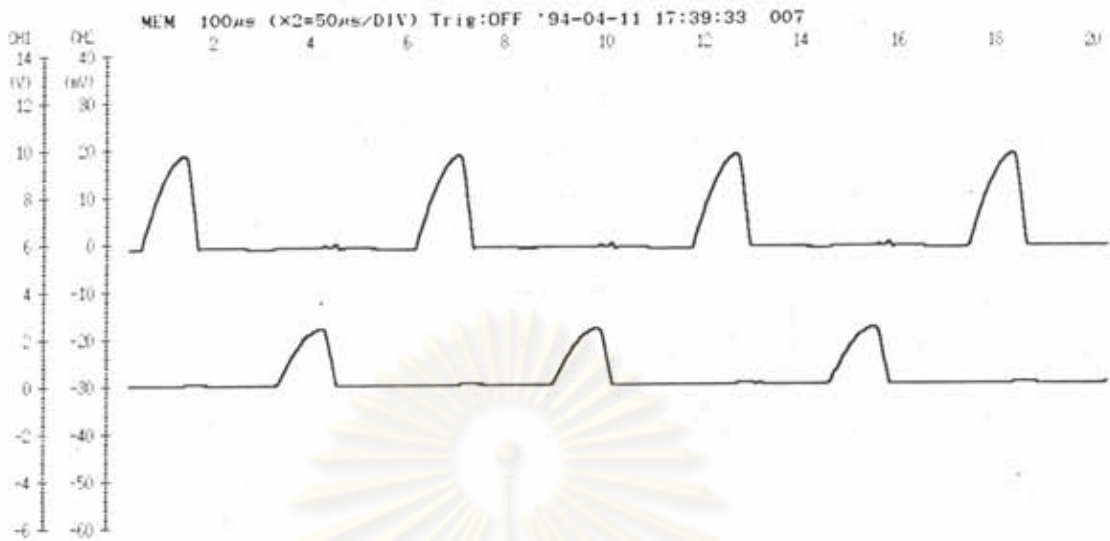
รูปที่ 4.8 แสดงผลการวัดรูปคลื่นกระแสเอสซีอาร์ทั้งสองตัว โดยเอสซีอาร์ตัวที่ 1 วัดจากโพรบกระแส ได้กระแสค่ายอดเท่ากับ 95 แอมแปร์ ส่วนเอสซีอาร์ตัวที่ 2 วัดจากการใช้ค่าความต้านทานค่าเล็กๆต่ออนุกรมเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียและเกิดแรงดันตกคร่อมมากเกินไปซึ่งอาจจะมีผลเสียต่อวงจร ได้เลือกใช้ค่าความต้านทาน 0.058 โอห์ม โดยต่ออนุกรมที่เอสซีอาร์ตัวที่ 2 เพื่อวัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานเพื่อที่จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ตัวที่ 2 โดยแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานมีค่ายอด 5.5 โวลต์ ดังนั้นกระแสเอสซีอาร์ตัวที่ 2 มีค่าเท่ากับ 95 แอมแปร์



รูปที่ 4.8 แสดงรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านแอลซีอาร์
 รูปบนเป็นรูปกระแสผ่านแอลซีอาร์ตัวที่ 1 (50 A/div)
 รูปล่างเป็นรูปกระแสผ่านแอลซีอาร์ตัวที่ 2 (5 V/div)

9) รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านไดโอด

รูปที่ 4.9 แสดงการวัดรูปคลื่นของกระแสไดโอดทั้งสองตัว โดยไดโอด
 ตัวที่ 1 ใช้ไฟรบกระแสทำการวัดได้ปริมาณของกระแสไดโอดเช่นเดียวกับรูปที่ 4.7
 ส่วนไดโอดตัวที่ 2 วัดกระแสโดยวัดแรงดันคร่อมความต้านทานค่า 0.058 โอห์ม ที่นำมา
 ต่ออนุกรมกับไดโอด ได้ค่ายอดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตัวที่ 2 เท่ากับ 2.3 โวลต์
 ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านไดโอดตัวที่ 2 เท่ากับ 40 แอมแปร์

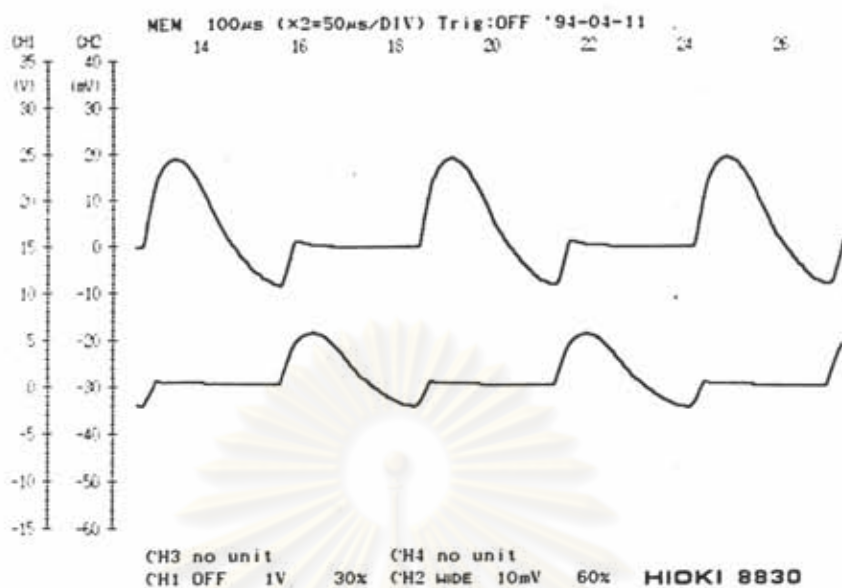


รูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านไดโอด
 รูปบนเป็นกระแสไดโอดตัวที่ 1 (20 A/div)
 รูปล่างเป็นกระแสไดโอดตัวที่ 2 (2 V/div)

10) รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_2 และ L_3

รูปที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งสองในอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์ที่ประกอบด้วยเอสซีอาร์และไดโอดที่ต่อขนานกันอยู่ หักด้วยกระแสที่ไหลผ่านสับเบอร์ รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_2 ใช้ไฟรบกระแสทำการวัด พบว่า มีกระแสค่ายอดทางด้านบวกเท่ากับ 95 แอมแปร์ และกระแสค่ายอดทางด้านลบ 40 แอมแปร์ ส่วนกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_3 ได้ทำการวัดแรงดันคร่อมความต้านทาน 0.058 โอห์ม ที่ต่ออนุกรมกับสวิตช์ s_2 ได้ค่ายอดทางด้านบวกเท่ากับ 5.5 โวลต์ ดังนั้นกระแสที่ได้เท่ากับ $5.5/0.058 = 95$ แอมแปร์ และแรงดันค่ายอดทางด้านลบมีค่า 2.3 โวลต์ ดังนั้นกระแสค่ายอดทางด้านลบเท่ากับ $2.3/0.058 = 40$ แอมแปร์

จะเห็นได้ว่า กระแสขั้วบวกของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งสองจะไหลผ่านเอสซีอาร์ตัวที่ทำงานอยู่และสับเบอร์ที่ต่อขนานกับเอสซีอาร์คู่ประกอบนั้น ส่วนกระแสขั้วลบของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งสองจะไหลผ่านไดโอด และสับเบอร์ที่ต่อขนานกับเอสซีอาร์ตัวนั้น

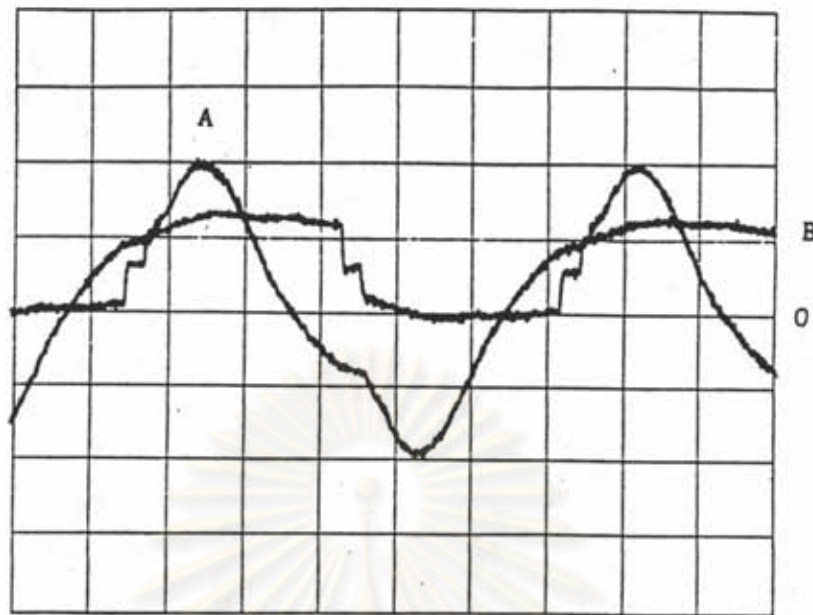


รูปที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_2 และ L_3
 รูปบนแสดงกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_2 (50 A/div)
 รูปล่างแสดงกระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_3 (5 V/div)

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งสอง ที่ได้จากการวัดในรูปที่ 4.10 ให้ผลของรูปคลื่นใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงไว้ในรูป 3.29

11) รูปคลื่นกระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ
 พร้อมชิ้นงาน และตัวเก็บประจุ C_T

รูปที่ 4.11 แสดงรูปคลื่นของกระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อม
 ขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมชิ้นงานและตัวเก็บประจุ C_T ผลจากการวัดกระแสโดยใช้
 โพรบวัดกระแสกระแสจะมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ ที่มีค่ายอดเท่ากับ 100 แอม
 แปร คิดเป็นค่าอาร์เอ็มเอสโดยได้จากการประมวลผลของ Digital Storage
 Oscilloscope ได้ค่าเท่ากับ 58.5 แอมแปร์ ส่วนแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ
 พร้อมชิ้นงานและตัวเก็บประจุ C_T จะมีลักษณะใกล้เคียงกับ square wave โดยมี
 ค่ายอดของแรงดันประมาณ 600 โวลต์



T: 50 μ S/DIV

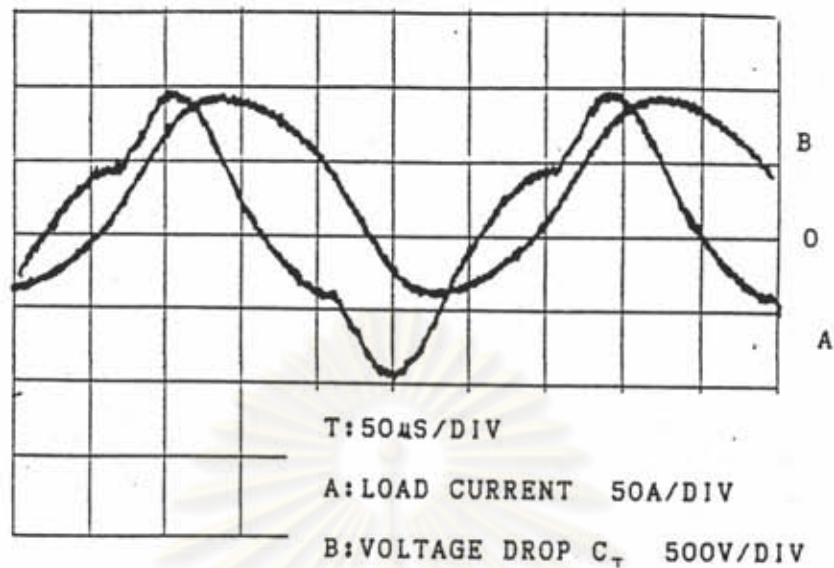
A: LOAD CURRENT 50A/DIV

B: LOAD VOLTAGE 500V/DIV

รูปที่ 4.11 แสดงรูปกระแสผ่านโหลดและแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ พร้อมชิ้นงานและตัวเก็บประจุ C_T

12) รูปคลื่นกระแสและแรงดันของตัวเก็บประจุ C_T

รูปที่ 4.12 แสดงรูปคลื่นของกระแสและแรงดันของตัวเก็บประจุ C_T กระแสผ่านตัวเก็บประจุจะเป็นปริมาณเดียวกันกับกระแสโหลด ส่วนแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ จะมีลักษณะใกล้เคียงไซน์มากโดยมีค่ายอดถึงยอดประมาณ 1300 โวลต์ จากการประมวลผลด้วยเครื่อง Digital Storage Oscilloscope ได้ค่าอาร์เอ็มเอสแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุเท่ากับ 460 โวลต์



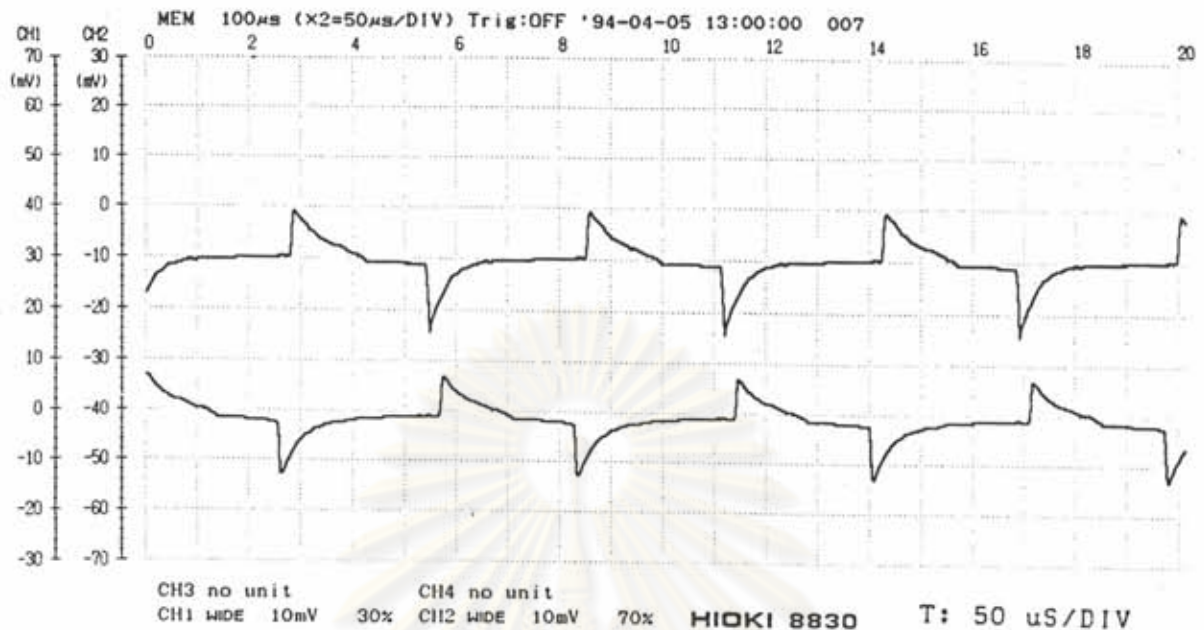
รูปที่ 4.12 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_T

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นกระแสและแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุจากการวัดในรูปที่ 4.12 ให้ผลของรูปคลื่นใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงไว้ในรูป 3.20

13) รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านสแน็บเบอร์ (snubber)

รูปที่ 4.13 แสดงผลของรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านสแน็บเบอร์ (snubber) โดยวัดกระแสที่ไหลผ่านสแน็บเบอร์ทั้งสองตัว วัดค่าขดทางบวกคิดเป็นกระแสที่ไหลผ่าน 4.5 แอมแปร์ และกระแสค่าขดทางลบคิดเป็นกระแสที่ไหลผ่านสแน็บเบอร์เท่ากับ 7 แอมแปร์ โดยรูปคลื่นทั้งสองจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 แสดงรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านสับเบอร์

รูปบนแสดงกระแสที่ไหลผ่านสับเบอร์ตัวที่ 1 (5 แอมแปร์/ช่อง)

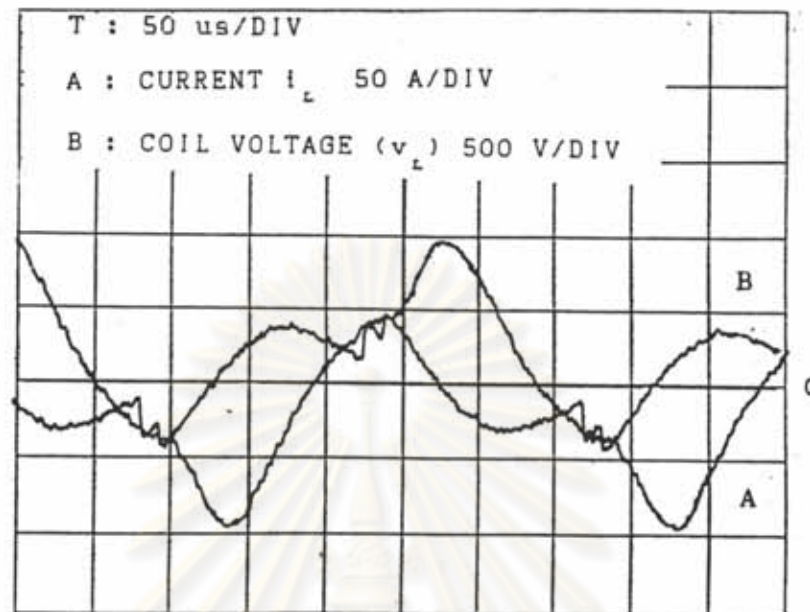
รูปล่างแสดงกระแสที่ไหลผ่านสับเบอร์ตัวที่ 2 (5 แอมแปร์/ช่อง)

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านสับเบอร์ จากการวัดในรูปที่ 4.13 ให้ผลของลักษณะรูปคลื่นใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงในรูป 3.31

14) รูปคลื่นกระแส (i_L) และแรงดันของขดลวดเหนี่ยวนำพร้อม

ขึ้นงาน (v_L)

รูปที่ 4.14 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันของขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมขึ้นงาน กระแสผ่านขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมขึ้นงานเป็นปริมาณเดียวกันกับกระแสไหลลง ส่วนแรงดันจะมีลักษณะรูปคลื่นเป็น square wave ที่หักรูปคลื่นไซน์ออกไป มีค่ายอดสูงสุด 480 โวลต์



รูปที่ 4.14 แสดงรูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมขึ้นงาน

จะเห็นได้ว่า รูปคลื่นกระแสและแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำพร้อมขึ้นงาน จากการวัดในรูปที่ 4.13 ให้ผลของลักษณะรูปคลื่นใกล้เคียงกับผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงในรูป 3.30

15) วิเคราะห์ผลการทดลองจากรูปคลื่น

จากการวัดรูปคลื่นของกระแสและแรงดันที่จุดต่างๆของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำด้วย Digital Storage Oscilloscope สามารถใช้ในการคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ได้ผลการคำนวณดังนี้ กำลังเสมือนทางด้านขาเข้าของเครื่องได้ $P_{in} = 7.6 \text{ kVA}$

กำลังงานทางด้านขาเข้า $P_{in} = 7.22 \text{ kW}$

ตัวประกอบกำลังทางด้านขาเข้าของเครื่อง = $P_{in} (\text{kW}) / P_{in} (\text{kVA}) = 0.95$

กำลังงานทางด้านขาออกจากวงจรเรียงกระแส (P_{dc}) วัดค่า P_{dc}

$$= V_{dc} \cdot I_{dc} = 7003 \text{ W}$$

ประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส (η) = $P_{dc} (\text{kW}) / P_{in} (\text{kW}) = 0.97$

การหาค่ากำลังออกของอินเวอร์เตอร์ ทำโดยการหาค่าเฉลี่ยจากรูปคลื่นของกระแสและแรงดันโดยการอินทิเกรตจากรูปคลื่นของกระแสและแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ ในรูปที่ 4.14 ตามสมการ

$$P_o = 1/T \int_0^T i_L \cdot v_L dt = 6.44 \text{ kW}$$

ประสิทธิภาพของขดลวดเหนี่ยวนำที่ได้จากการคำนวณ (ตารางที่ 2.3) มีค่าเท่ากับ 82.5 %

ดังนั้นกำลังงานที่ชิ้นงานได้รับ (P_w) = 0.83 * 6.44 = 5.35 kW

ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ $P_o/P_{dc} = 92 \%$

ตัวประกอบกำลังของไหลมีค่าเท่ากับ 0.54

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ = $P_w(\text{kW})/P_{in}(\text{kW})$
= 74 %

การทดสอบทางด้านโลหะ

เนื่องจากตามวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อเป็นการ annealing ชิ้นงานซึ่งในที่นี้คือเหล็กผสมคาร์บอน 0.45% พบว่า สามารถเพิ่มอุณหภูมิที่ชิ้นงานขึ้นไปได้ 305° C ภายในระยะเวลา 1.30 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย