

รายงานวิจัยประจำปี 2550

เรื่อง

เตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 หัวเตา

Two-Input Induction Cooker

โดย

ผศ.ดร. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เสนอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

TX

657

.S.S

022300

เลขหมู่

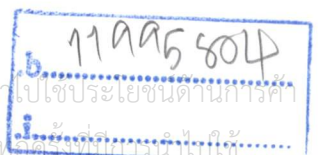
84585

เลขทะเบียน

22 ต.ค. 2551

วันที่

22 ต.ค. 2551



แบบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ประจำปี 2550

1. ชื่อโครงการวิจัย

เตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 หัวเตา

Two-Input Induction Cooker

2. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย

ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

3. ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายอนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

Mr. Anuwat Jangwanitlert

คุณวุฒิ ปรินญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

หน่วยงานที่สังกัด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 0-2326-4550

ความสนใจพิเศษ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย โดยเฉพาะวงจรเรโซแนนท์ การแทรกสอดทางด้าน

สนามแม่เหล็ก ระบบการจำลองการใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังโดยใช้คอมพิวเตอร์

ระบบการควบคุมแบบ robust

4. สถานที่ทำการทดลองและ/หรือเก็บข้อมูล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. หน่วยงานที่ทำงานวิจัยร่วม ไม่มี

6. ประเภทของงานวิจัย

เป็นงานวิจัยประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาการที่ทำการวิจัย
สาขาวิศวกรรมศาสตร์

8. คำสำคัญของเรื่องที่ทำการวิจัย

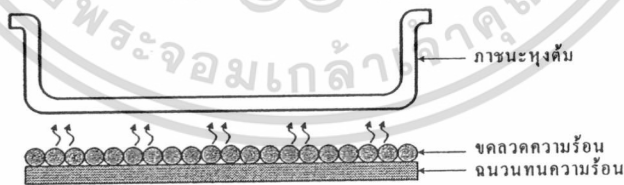
Zero-Voltage Switching, Induction Heating, Induction Coil

9. ความสำคัญของปัญหาของโครงการวิจัย

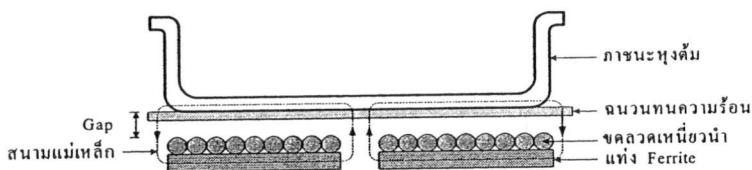
โดยทั่วไปแล้วเตาหุงต้มอาหารที่ใช้ในครัวเรือนจะเป็นขดลวดให้ความร้อน ซึ่งมีหลักการทำงานดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะหุงต้มจะเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากขดลวดความร้อนผ่านชั้นอากาศไปยังภาชนะหุงต้ม ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะหุงต้มในลักษณะนี้จะเป็นการให้ความร้อนโดยวิธีอ้อมซึ่งจะทำให้การหุงต้มเดือดช้า และเมื่อใช้งานเสร็จสิ้นแล้วขดลวดความร้อนจะมีช่วงเวลานานกว่าจะเย็นลง ซึ่งระหว่างนั้นอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้

สำหรับเตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำความถี่สูงจะมีหลักการทำงานดังรูปที่ 2 จะเห็นว่าความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะหุงต้มเกิดจากสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำกับภาชนะหุงต้มทำให้เกิดความร้อนโดยตรงที่บริเวณภาชนะหุงต้มเป็นผลทำให้หุงต้มเดือดในเวลารวดเร็ว และเมื่อใช้งานเสร็จสิ้นแล้วเตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำนี้จะไม่ร้อนทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

จากเตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำ ที่มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพสูงแล้วยังไม่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ในครัวเรือน เนื่องจากในการหุงต้มอาหารมีความจำเป็นที่ต้องใช้เตาหุงต้มเพื่อประกอบอาหารหลายอย่างในเวลาเดียวกัน จึงได้มีการพัฒนาเตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตาขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิต ลดพื้นที่ใช้สอย และที่สำคัญสามารถปรับขนาดกำลังไฟฟ้าของเตาหุงต้มอาหารทั้งสองได้อย่างอิสระต่อกัน



รูปที่ 1 เตาหุงต้มอาหารแบบขดลวดให้ความร้อน



รูปที่ 2 เตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วัตถุประสงค์

10.1 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ หลักการทำงานของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ความถี่สูง รวมถึงหลักการสร้างกระแสความถี่สูงเพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน

10.2 สามารถออกแบบขดลวดเหนี่ยวนำได้

10.3 สามารถจำลองการทำงานของวงจรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจรได้

10.4 สามารถออกแบบวงจรเรียงกระแส วงจรอินเวอร์เตอร์ และวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ที่ใช้ขับมอสเฟตได้

10.5 สามารถควบคุมการทำงานของมอสเฟตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

10.6 สามารถสร้างเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตา ที่สามารถปรับกำลังไฟฟ้าได้อิสระต่อกันตามขนาดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการได้

11. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

11.1 ศึกษาหลักการพื้นฐานของการเกิดความร้อน โดยอาศัยการเหนี่ยวนำความถี่สูง รวมถึงหลักการสร้างกระแสความถี่สูงเพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน

11.2 ออกแบบขดลวดเหนี่ยวนำ และทำการพันขดลวดให้ได้ตามที่ต้องการ

11.3 ทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของขดลวดเหนี่ยวนำและภาชนะหุงต้ม เพื่อที่จะนำค่าไปจำลองการทำงานของวงจรเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตาด้วยโปรแกรม PSIM

11.4 วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจร

11.5 จำลองการทำงานของวงจรเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 1 เตา โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยวิธีเดียวกันกับการวิจัย

11.6 ออกแบบและสร้างส่วนประกอบของวงจรเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตา ซึ่งประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส วงจรกรองแรงดัน วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์ จ่ายให้กับขดขดลวดเหนี่ยวนำและภาชนะหุงต้ม 2 ชุด ยังรวมถึงชุดสร้างสัญญาณพัลส์วิดมอดดูเลชั่นที่ใช้ขับสวิตช์มอสเฟตและชุดควบคุมการทำงานของมอสเฟตด้วยไมโคร คอนโทรลเลอร์

11.7 สร้างเครื่องต้นแบบเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตา ที่สามารถปรับกำลังไฟฟ้าของแต่ละเตาได้อิสระต่อกัน

11.8 รวบรวมข้อมูลจัดพิมพ์รายงานฉบับสมบูรณ์

12. ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

สามารถสร้างเครื่องต้นแบบเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 เตา โดยใช้วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่ความถี่ 50 kHz ที่สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดเตาละ 500 วัตต์ และสามารถปรับขนาดกำลังไฟฟ้าของแต่ละเตาได้อิสระต่อกันตามที่ต้องการ ด้วยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์

13. หลักการสร้างและออกแบบ

หลักการสร้างกระแสความถี่สูงเพื่อใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน

โครงสร้างของเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำความถี่สูง ได้ถูกแบ่งลักษณะการทำงาน ออกเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 110 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ป้อนให้กับวงจรเรียงกระแสเพื่อที่จะแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านตัวเก็บประจุรองความถี่ทางด้านเอาต์พุท โดยใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่เพื่อรองแรงดันและกระแสให้เรียบมากขึ้น แล้วจ่ายให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง โดยอาศัยการสวิตซ์ความถี่สูงของสวิตช์มอสเฟตที่ที่ความถี่สวิตซ์ที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์เล็กน้อย แล้วจ่ายให้กับชุดโพลครโซแนนท์ต่อไป



รูปที่ 3 โครงสร้างของเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำแบ่งออกเป็นบล็อกไดอะแกรม

วงจรเรียงกระแส (Rectifier)

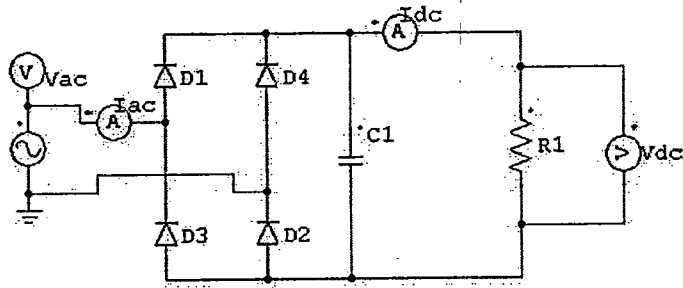
วงจรเรียงกระแสเฟสเดียว มีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่ามากที่สุด

วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 4 สามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ และช่วงเวลาคายประจุของตัวเก็บประจุจะมีช่วงเวลาที่สั้นกว่ากรณีวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น ค่าแรงตกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของกรณีวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น นอกจากนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดด้านออกจะมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น อันเป็นผลมาจากแรงดันตกคร่อมไดโอดที่ทำงานพร้อมกันที่ละสองตัว

อินเวอร์เตอร์

กำหนดให้โหลด 1 เตา แสดงการทำงานของเตาทั้งสองแบบดังแสดงในรูปที่ 5 ส่วนโหลดทั้งสองเตาที่มีสวิตซ์กึ่งหนึ่งทำงานร่วมกัน นั่นคือกึ่ง C (ประกอบด้วยสวิตซ์ S_1, S_2) จะเป็นกึ่งรวมของวงจร ฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ที่จ่ายให้กับโหลดทั้งสองเตา ดังแสดงในรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 รูปวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มบริดจ์แบบไดโอดพร้อมตัวกรองความถี่ ด้วยตัวเก็บประจุ กรณีโหลดตัวต้านทาน

พิจารณาวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ของโหลดที่ 1 สวิตช์ S_{11} ทำงานพร้อมกับสวิตช์ S_{41} และสวิตช์ S_{21} ทำงานพร้อมกับสวิตช์ S_{31} จะทำการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลในช่วงการเปิดปิด วงจรของสวิตช์ S_{31} , S_{41} เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดที่ 1 โดยที่คง สถานะการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ S_{11} , S_{21} ไว้ที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.5 เนื่องจากสวิตช์ S_{11} , S_{21} เป็นสวิตช์ที่ใช้ร่วมกันระหว่างวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดที่ 1 และโหลดที่ 2 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ของโหลดที่ 1 สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่ ค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{31} , S_{41} เท่ากับ 0.5 และในการปรับค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงจะทำการ ปรับปรับค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{31} มากกว่า 0.5 และค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{41} น้อยกว่า 0.5 (ทั้งนี้ในการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลในช่วงการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ S_{31} , S_{41} นั้นจะรวมกันได้ เท่ากับ 1) จากการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{31} , S_{41} เพื่อปรับลดค่ากำลังไฟฟ้านั้น จะได้ รูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตด้านบวกบริเวณด้านหลังที่มีส่วนของเนื้อพัลส์หายไป เนื่องจากการนำ สัญญาณพัลส์ของสวิตช์ S_{11} , S_{41} มาอินเตอร์เซกชันกันส่วนของรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตด้านลบ จะได้รูปคลื่นที่มีเนื้อพัลส์เต็ม

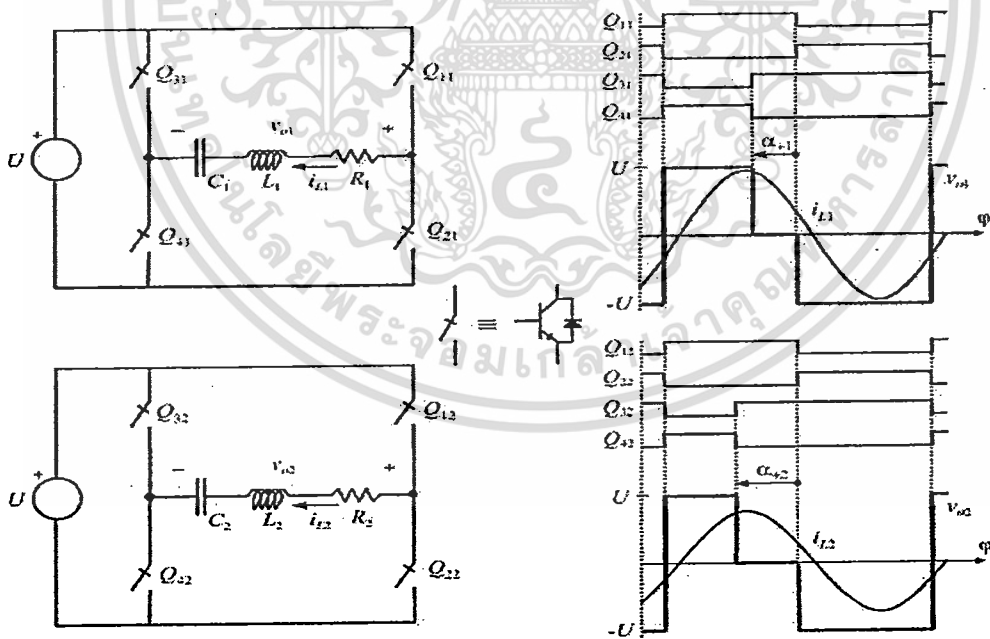
ในทำนองเดียวกันพิจารณาวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ของโหลดที่ 2 สวิตช์ S_{12} ทำงาน พร้อมกับสวิตช์ S_{42} และสวิตช์ S_{22} ทำงานพร้อมกับสวิตช์ S_{32} จะทำการปรับค่าดิวตี้ไซเคิล ในช่วงการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ S_{32} , S_{42} เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ โหลดที่ 2 โดยที่คงสถานะการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ S_{12} , S_{22} ไว้ที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.5 เนื่องจากสวิตช์ S_{12} , S_{22} เป็นสวิตช์ที่ใช้ร่วมกันระหว่างวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ที่จ่าย กำลังไฟฟ้าให้กับโหลดที่ 1 และโหลดที่ 2 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ของโหลดที่ 2 สามารถ จ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่ค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{32} , S_{42} เท่ากับ 0.5 และในการปรับค่า กำลังไฟฟ้าที่ลดลงจะทำการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลของสวิตช์ S_{32} มากกว่า 0.5 และค่าดิวตี้ไซเคิล

ของสวิตช์ S_{42} น้อยกว่า 0.5 (ทั้งนี้ในการปรับค่าตัวชี้ไขเคลในระหว่างการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ S_{32}, S_{42} นั้นจะรวมกันได้เท่ากับ 1) จากการปรับค่าตัวชี้ไขเคลของสวิตช์ S_{32}, S_{42} เพื่อปรับลดค่ากำลังไฟฟ้านั้น จะได้รูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตด้านบวกบริเวณด้านหลังที่มีส่วนของเนื้อพัลส์หายไป เนื่องจากการนำสัญญาณพัลส์ของสวิตช์ S_{12}, S_{42} มาอินเตอร์เชกซ์กัน ส่วนของรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตด้านลบจะได้รูปคลื่นที่มีเนื้อพัลส์เต็ม

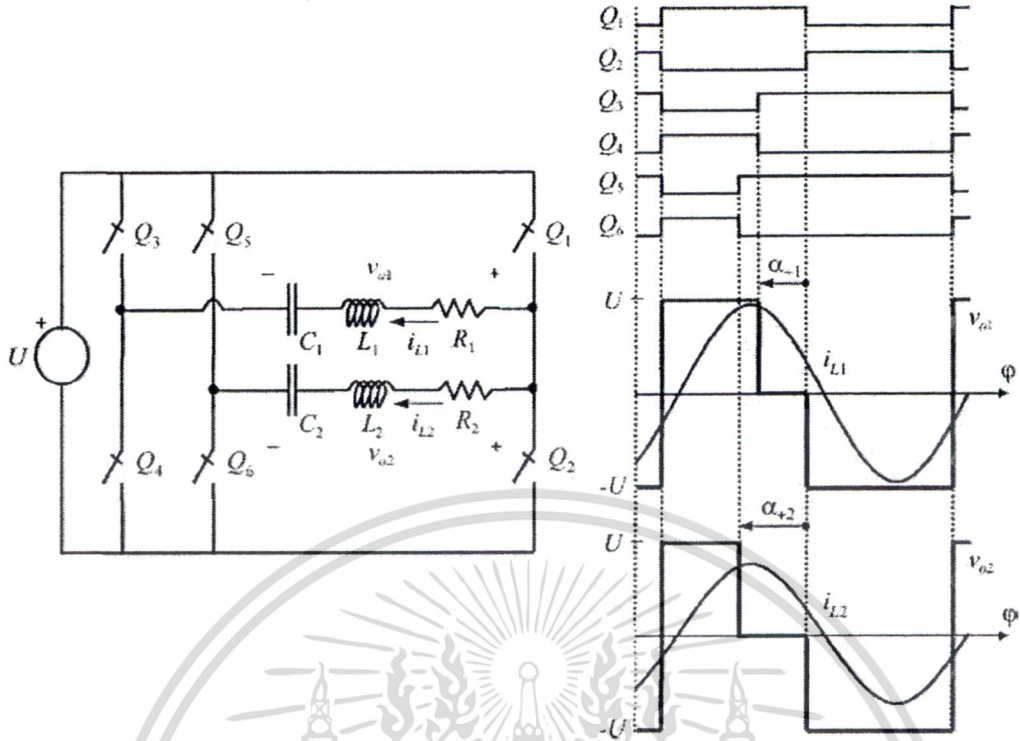
เมื่อพิจารณารูปคลื่นของกระแสเอาต์พุตนั้น จะพบว่าผลของการปรับค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงนั้นส่งผลให้กระแสมีขนาดลดลงตามขนาดแรงดันอาร์เอ็มเอสที่ลดลงไปด้วย และจากความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถพิจารณากำลังไฟฟ้าได้จากสมการ (1)

$$P = VI \cos \phi \quad (1)$$

- โดยที่ P กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียในภาชนะ
 หุงต้มเนื่องจากกระแสไหลวน
 V แรงดันอาร์เอ็มเอสที่จ่ายให้กับโหลด
 I กระแสอาร์เอ็มเอสที่จ่ายให้กับโหลด ซึ่งเป็นกระแสกระตุ้นที่ไหล
 ในขดลวดเหนี่ยวนำ
 ϕ มุมที่รูปคลื่นกระแสตามหลังรูปแรงดัน



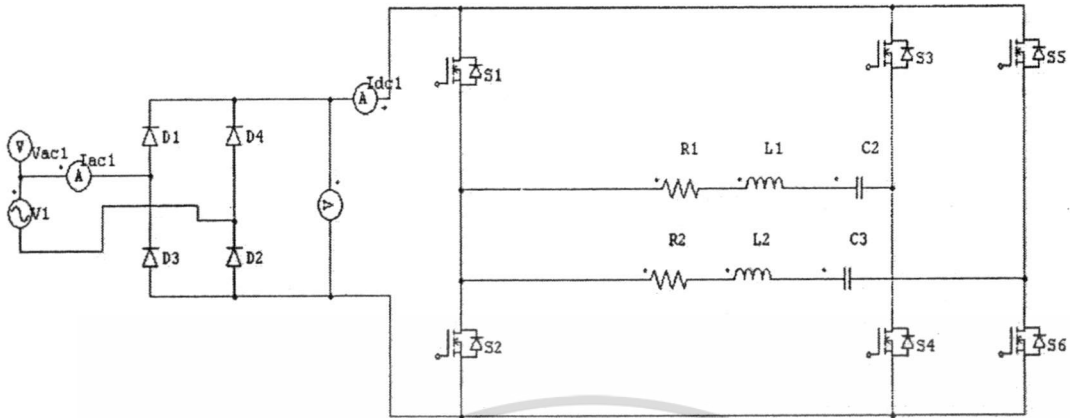
รูปที่ 5 ลำดับการทำงานสวิตช์ และรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุต กระแสเอาต์พุตของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ของแต่ละโหลด



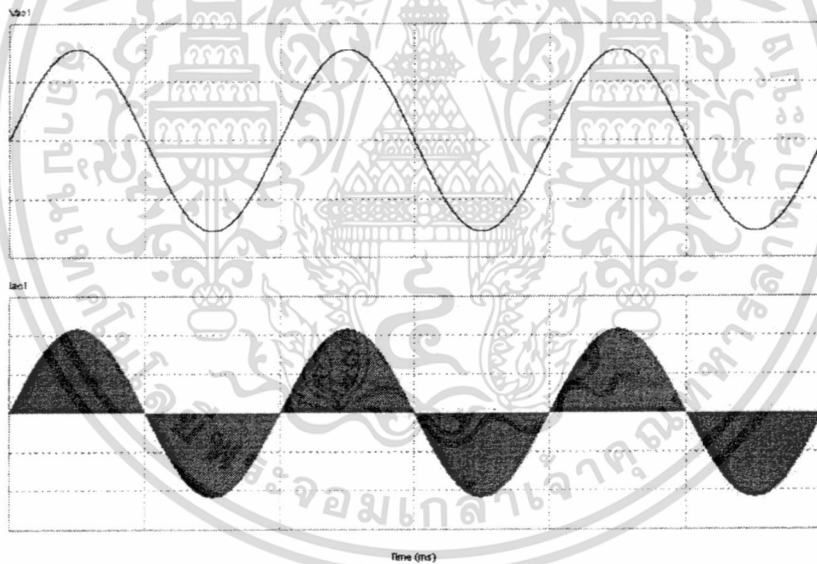
รูปที่ 6 ลำดับการทำงานสวิตซ์ทั้ง 6 ตัว และรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุท กระแสเอาต์พุท ของวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ที่มีกิ่งหนึ่งทำงานร่วมกัน

วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มบริดจ์แบบไดโอดกรณีโหลดเตาหุงต้มอาหารโดยการเห็นยวนำ

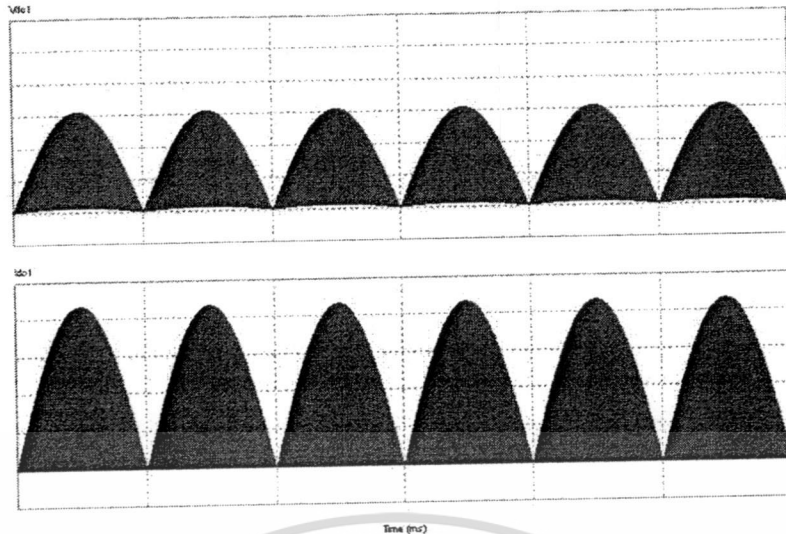
ในการทดสอบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มบริดจ์แบบไดโอดเมื่อใช้โหลดเป็นเตาหุงต้มอาหารขนาด 2 เตา ในการทดสอบจะไม่มีตัวเก็บประจุ C เพื่อกรองกระแสไฟฟ้าให้เรียบเพื่อลดกำลังงานทางด้านอินพุตเพื่อไม่ให้สูงมากเกินไป ทำให้วงจรจะมีสภาพตัวประกอบกำลังทางด้านอินพุตมีค่าเป็น 1 ความผิดเพี้ยนทางด้านแรงดันและกระแสมีค่าน้อยมากหรือแทบไม่มีการทดสอบแสดงการต่อวงจรดังรูปที่ 7 ผลการทดสอบของแรงดันอินพุตและเอาต์พุตของแรงดันวงจรเรียงกระแส แสดงดังรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 7 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มบริดจ์แบบไดโอด
ไม่มีตัวกรองความถี่ (ตัวเก็บประจุ) กรณีโหลดเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ



รูปที่ 8 แสดงรูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสอินพุทของวงจรเรียงกระแส
ไม่มีตัวกรองความถี่ (ตัวเก็บประจุ) กรณีโหลดเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ



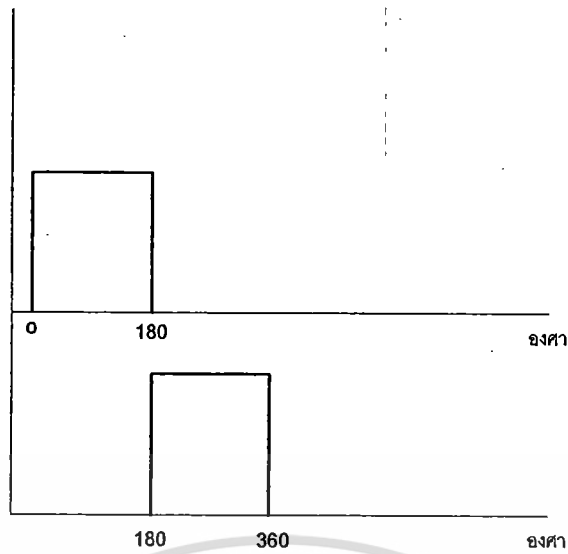
รูปที่ 9 รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส
ไม่มีตัวกรองความถี่(ตัวเก็บประจุ) กรณีเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ

นอกจากนั้นจะเห็นได้ว่า รูปคลื่นแรงดันและรูปคลื่นกระแสทางด้านอินพุตและเอาต์พุต
ของวงจรเรียงกระแส ในกรณีไหลดเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาดสองเตาจะมีความ
คล้ายคลึงกับไหลดตัวต้านทาน เนื่องจากไหลดเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาดสองเตา
เป็นโหลดรีโซแนนท์นั่นเอง

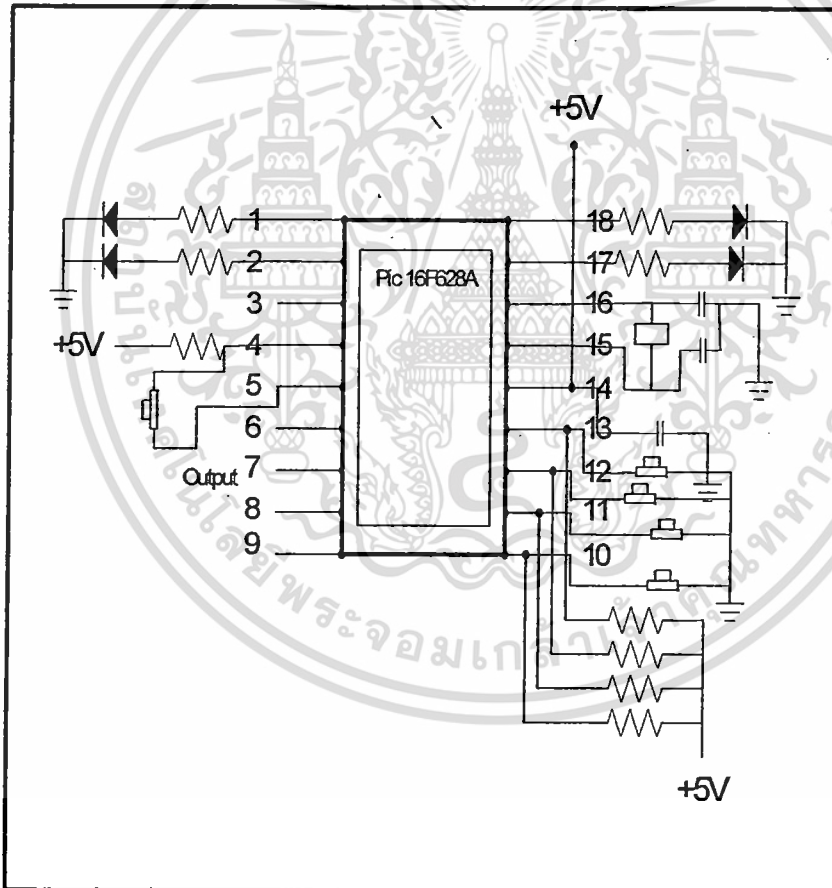
ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นจะใช้ระบบ PIC มาเป็นอุปกรณ์สร้างสัญญาณซึ่งPIC ที่
ใช้นั้นจะพิจารณาเลือกใช้เบอร์ 16F628A เพราะมีคุณสมบัติในการทำงานที่เหมาะสม โดยมี
รีจิสเตอร์ในการทำงานที่ไม่มากและน้อยจนเกินไปและสามารถเขียนโปรแกรมที่ง่ายต่อการ
ทำงาน และมีราคาถูก

ระบบนี้ทำหน้าที่สร้างสัญญาณขับมอเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมโดยมีแรงดัน
5 โวลต์ โดยสัญญาณเอาต์พุตนั้นจะมีสี่สัญญาณซึ่งจะมีลักษณะที่เหมือนกันแต่มีค่าของ
คาบเวลาการทำงานไม่เหมือนกัน โดยเอาต์พุตจะมีสี่ขาของ PIC คือขาที่ 6, 7, 8, 9 ซึ่งขาที่ 6
และขา 8, 9 จะมีสัญญาณที่เหมือนกันแต่ขา 8, 9 จะสามารถปรับค่าของดีวตี้ไซเคิลได้ ส่วนขาที่
7 นั้นจะมีลักษณะของสัญญาณที่ต่างกับ 6, 8, 9 คือ จะมีการเริ่มต้นของสัญญาณห่างจากขา 6,
8, 9 เป็น 180 องศา ดังรูปที่ 10

รูปที่ใช้ในการต่อสัญญาณในการสร้าง pulse แสดงดังในรูปที่ 11 และต่อใช้งานทาง
ปฏิบัติดังแสดงในรูปที่ 12

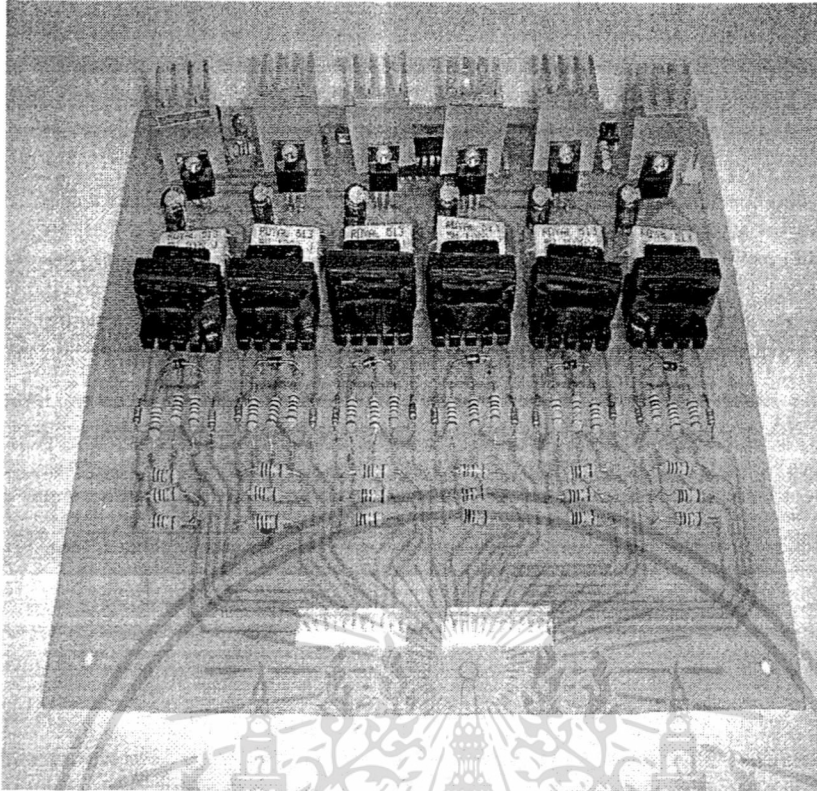


รูปที่ 10 สัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 11 รูปวงจร PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



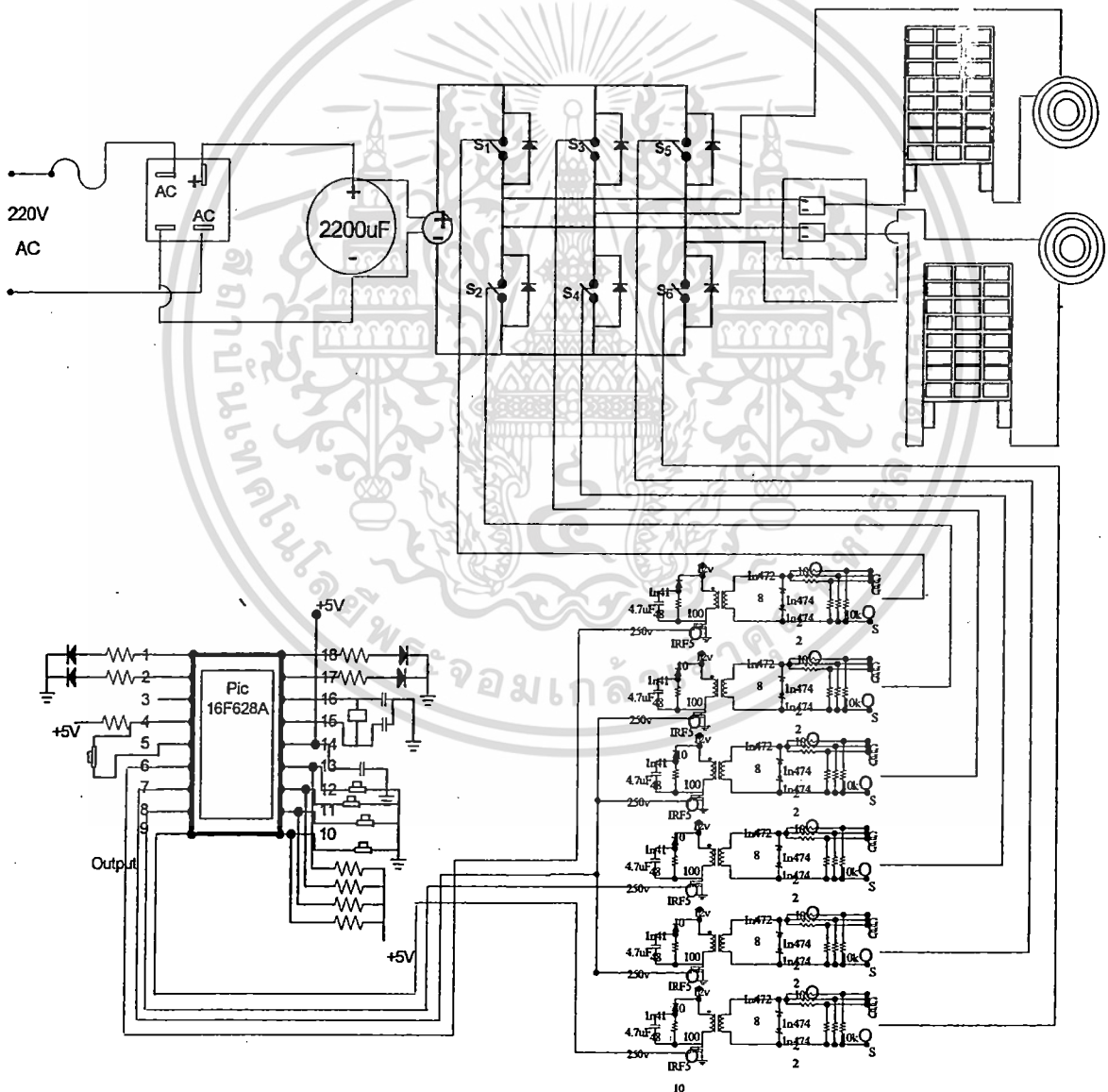
รูปที่ 12 รูปอุปกรณ์ตัวควบคุมในทางปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากทฤษฎีและหลักการที่นำเสนอในข้างต้น ได้วิจัยและออกแบบเป็นเตาหุงต้มอาหาร โดยการเหนี่ยวนำขนาดสองเตาซึ่งประกอบไปด้วยวงจรในภาคต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 13 ในช่วงผลการทดลองจะทำการวัดค่าที่จุดต่างๆและทดสอบการทำงานพร้อมทั้งคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ โดยมีอุปกรณ์การทดสอบดังนี้

- | | |
|---------------------------|-----------|
| 1) Storage scope yogokawa | 1 เครื่อง |
| 2) สาย probe 1×10 | 1 เส้น |
| 3) สาย probe 1×100 | 1 เส้น |
| 4) Power Meter | 1 เครื่อง |
| 5) Harmonic Analyzer | 1 เครื่อง |



รูปที่ 13 วงจรของเครื่องเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาดสองเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

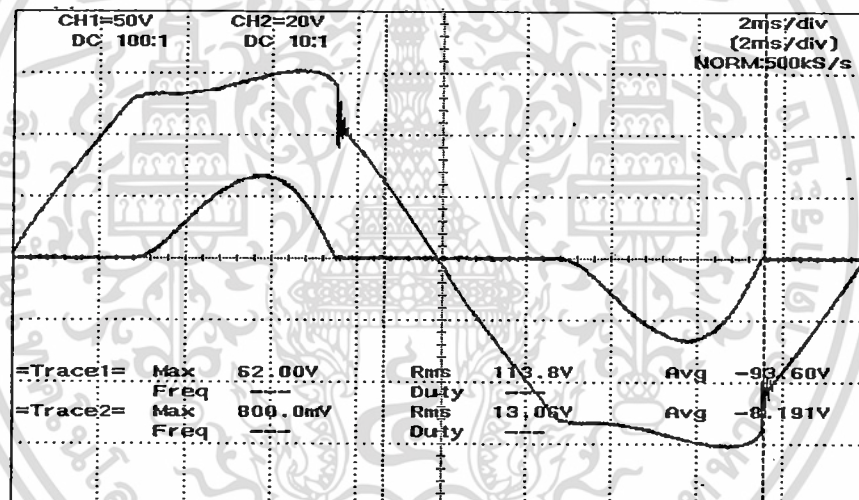
การทดสอบการทำงานนั้นจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 รูปแบบคือทดสอบโดยพิจารณา ค่าความสัมพันธ์ของดิวิตไชเคิ้ลทั้งสองรูปแบบและพิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลา และในแต่ละการทดสอบจะแยกทำการทดสอบเป็นแบบทำงานสองเตาพร้อมกัน

การทดสอบที่ดิวิตไชเคิ้ลไชเคิ้ล 45% และเปิดการทำงานสองเตาวัตสัญญาณที่เตา 1

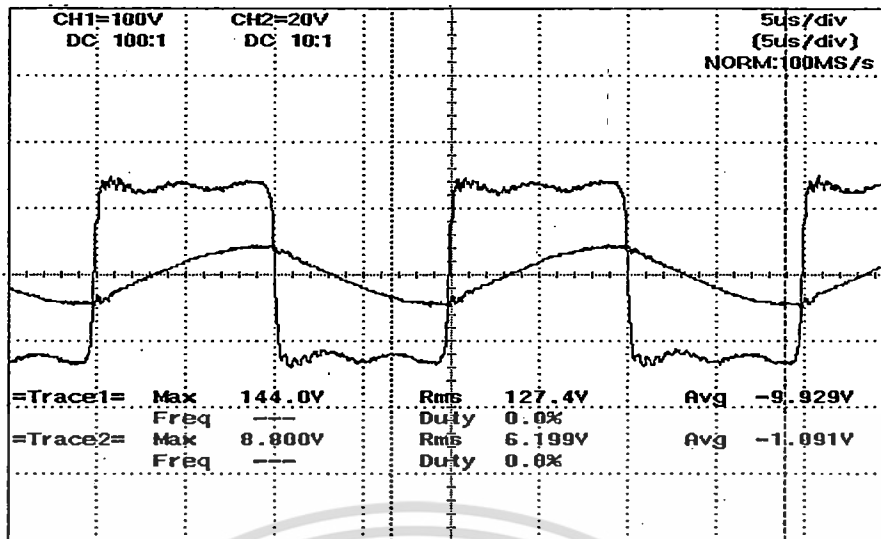
ผลการทดสอบจะทำการตรวจวัดสัญญาณ 2 จุด คือ

1. สัญญาณอินพุท
2. สัญญาณเอาต์พุทจาก Inverter

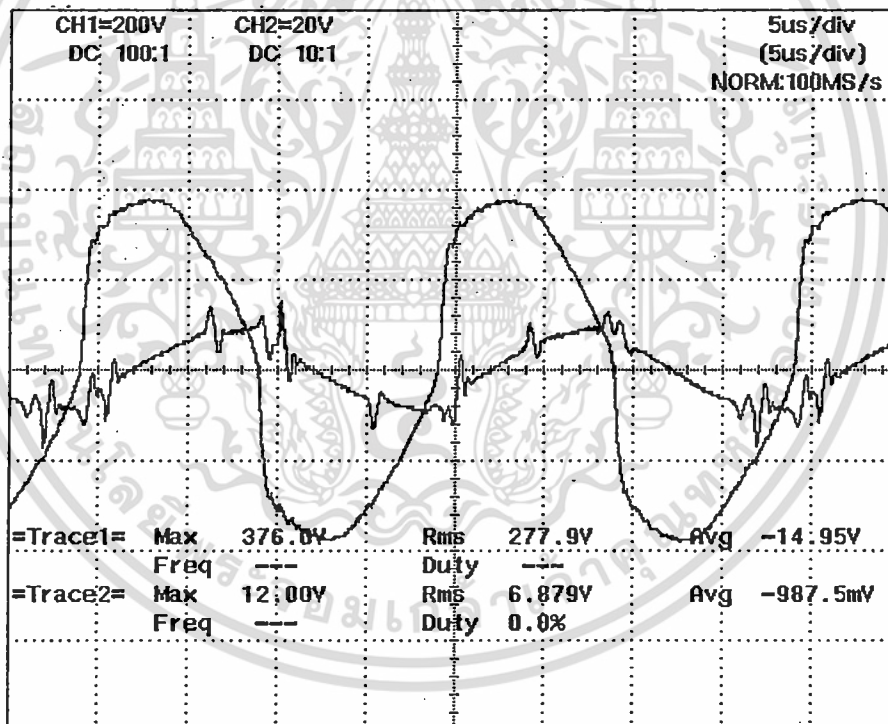
โดยจากการทดสอบจะได้รูปสัญญาณที่แรงดันและกระแสขาเข้าขณะที่ทดสอบ 110 โวลท์ ดังแสดงในรูปที่ 14 และแรงดันและกระแสอินเวอร์เตอร์ที่เป็นเอาต์พุต โดยรูปสัญญาณแรงดันเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมส่วนกระแสจะเป็นไซน์ ดังแสดงในรูปที่ 15 ส่วนรูปที่ 16 เป็นแรงดันและกระแสที่ขดลวดเหนี่ยวนำ และนอกจากนั้นยังแสดงการวัดค่าฮาร์โมนิกสเปกตรัมที่แรงดันอินพุทและกระแสเอาต์พุท ดังแสดงในรูปที่ 17-18



รูปที่ 14 รูปคลื่นแรงดันและกระแสอินพุทที่ 110 โวลท์

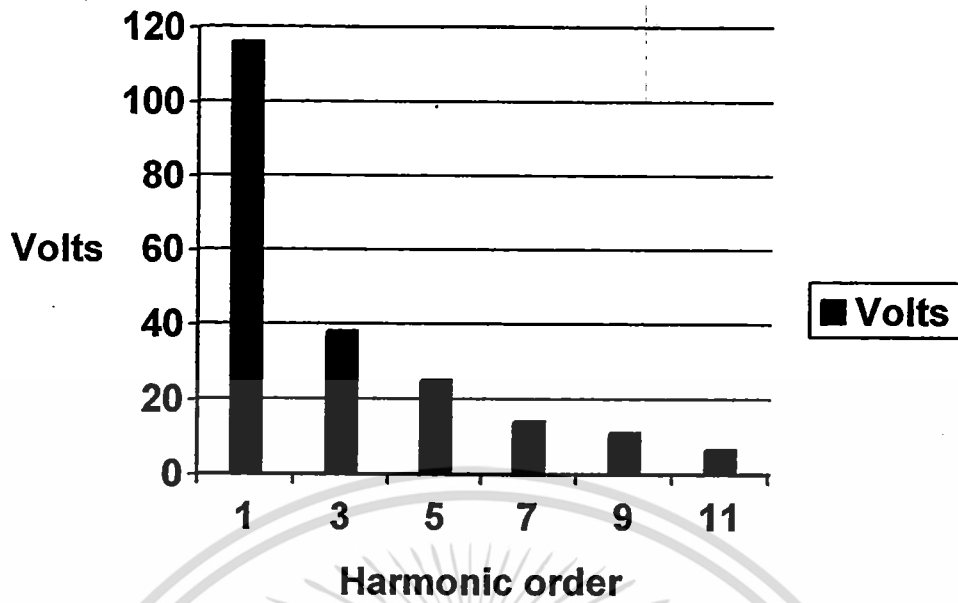


รูปที่ 15 รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่อินเวอร์เตอร์ขณะแรงดัน 110 โวลต์

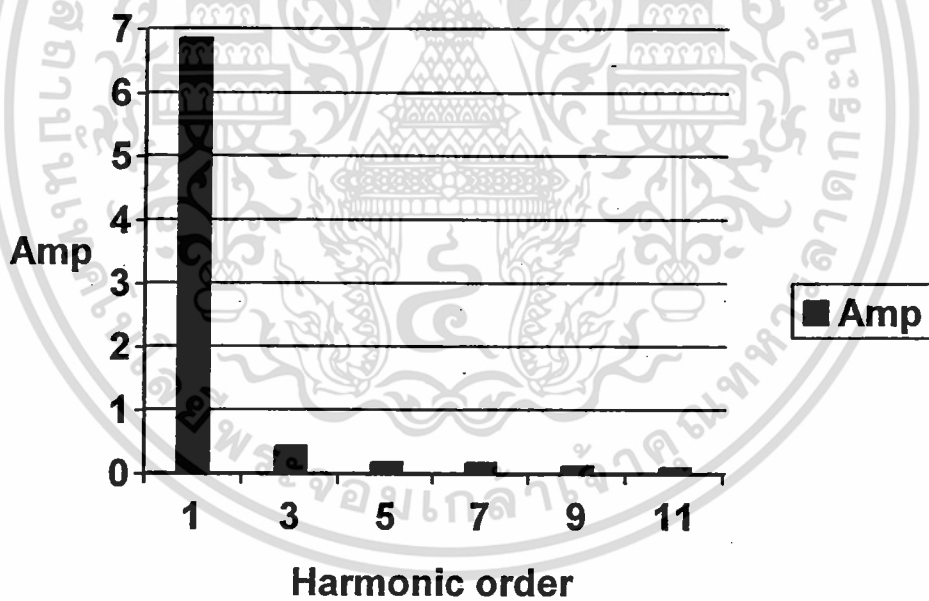


รูปที่ 16 รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่ขดลวดขณะแรงดัน 110 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 สเปกตรัมแรงดันเอาร์ทพุท



รูปที่ 18 สเปกตรัมกระแสเอาร์ทพุท

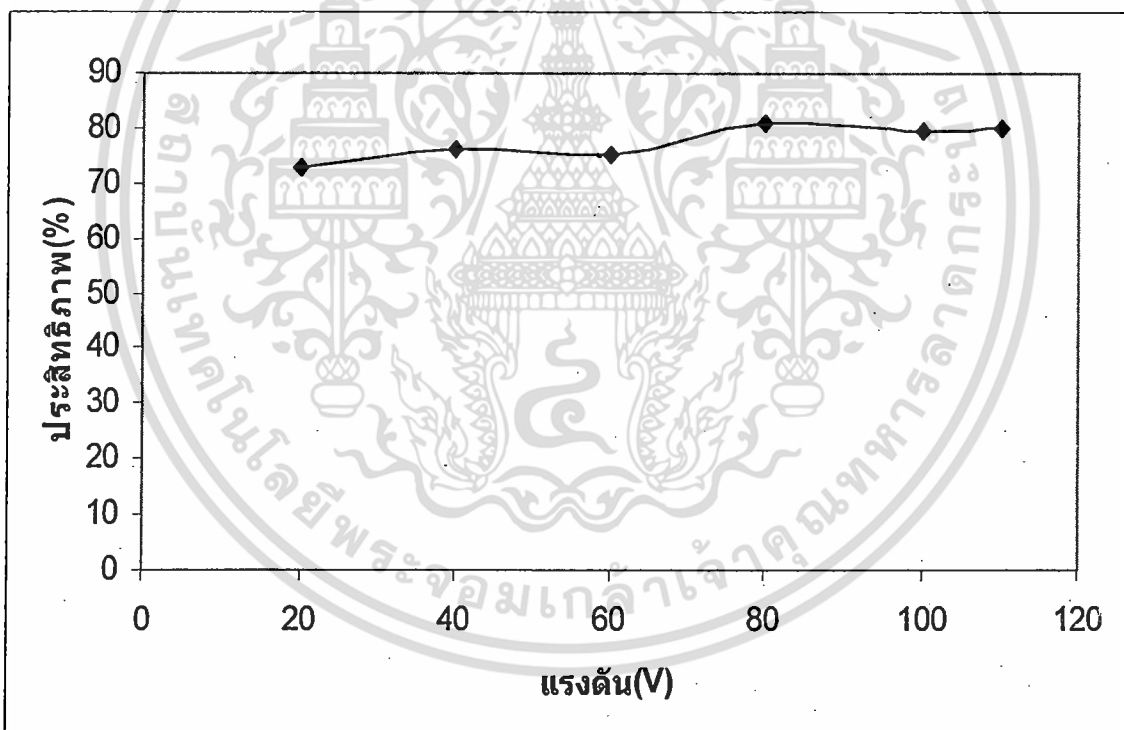
ผลจากการทดสอบกำลังงานทางด้านขาเข้าและขาออกของเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ รวมทั้งประสิทธิภาพแสดงดังตารางที่ 1 และทำการพล็อตกราฟระหว่างประสิทธิภาพกับแรงดันอินพุตขณะใช้งานมีผลของประสิทธิภาพประมาณ 80 % ที่พิกัดโหลด ดังแสดงในรูปที่

19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพของเตาเหนี่ยวนำสองเตา

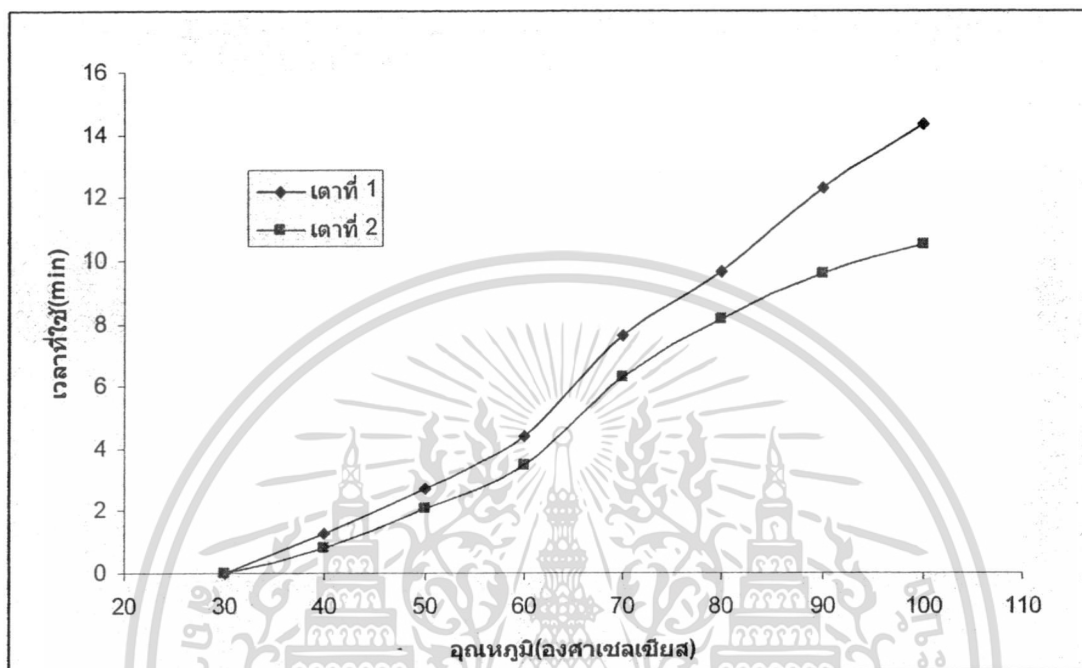
		เตา 1	เตา 2		
แรงดัน (V)	กำลังไฟฟ้า ด้านเข้า(W)	กำลังไฟฟ้า ด้านออก(W)	กำลังไฟฟ้า ด้านออก(W)	กำลังไฟฟ้า รวม(W)	ประสิทธิภาพ(%)
20	42.94	13.75	17.42	31.17	72.58
40	171.93	62.06	68.53	130.59	75.95
60	348.96	124.10	138.59	262.69	75.27
80	629.31	212.80	296.26	509.06	80.80
100	997.29	304.98	487.72	792.70	79.48
110	1,168.43	388.14	543.78	931.92	79.75



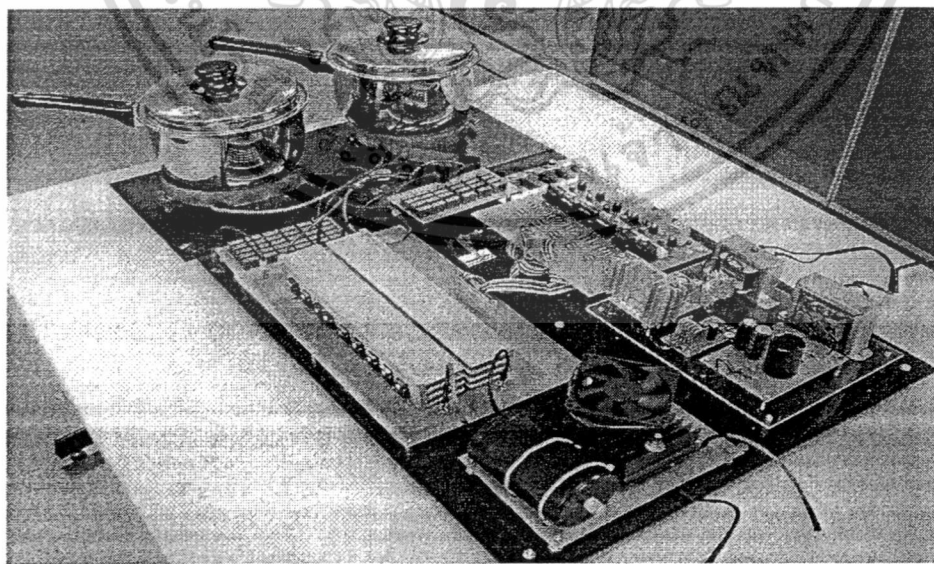
รูปที่ 19 กราฟประสิทธิภาพที่แรงดันต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้กับอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นในการต้มน้ำทั้ง 2 หัวเตา แสดงได้ดังรูปที่ 20 จะเห็นว่าในทางปฏิบัติเตาที่ 1 มีการใช้เวลามากกว่าเตาที่ 2 ที่อุณหภูมิเดียวกัน เนื่องจากกำลังงานเตาที่ 1 ทางปฏิบัติน้อยกว่าเตาที่ 2 สืบเนื่องจากค่าอิมพีแดนซ์มีค่าไม่เท่ากัน ทำให้กระแสและแรงดันที่ผ่านโหลดมีค่าไม่เท่ากัน



รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้กับอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 21 วงจรรวมทั้งหมดของเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 หัวเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 21 แสดงวงจรรวมทั้งหมดของเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำขนาด 2 หัวเตา ตั้ง วงจรไฟฟ้าจากไฟสลับเข้าไปจนกระทั่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปที่โหลดหรือเตาหุงต้มอาหาร

สรุป

1. เตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำเหมาะที่จะใช้วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ ชนิดอนุกรม เนื่องจากสามารถรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากวงจรเรียงกระแสที่มีตัวเก็บประจุ กรองความถี่ได้โดยตรง วงจรควบคุมไม่ซับซ้อน และมีขนาดเล็กเหมาะที่จะใช้เป็น เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

2. วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวที่เหมาะสมกับเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำจะเป็น วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบไดโอด เนื่องจากจะมีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยด้านเข้าหรือด้าน แผลงจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นผลดีต่อหม้อแปลงไฟฟ้าและยังจะมีค่าตัว ประกอบระลอกคลื่น (ripple factor) ที่ต่ำกว่าแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น ทำให้ สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าด้านออกสูงกว่าวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น

3. ชุดอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์ชนิดอนุกรมที่เหมาะสมกับเตาหุงต้มอาหารโดยการ เหนี่ยวนำขนาดสองเตาจะเป็นอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบฟูลบริดจ์ เนื่องจากต้องการ กำลังไฟฟ้าที่มากกว่าเพื่อที่จะจ่ายให้กับเตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำทั้งสองเตา

4. การควบคุมกำลังไฟฟ้าจะเลือกใช้วิธีการปรับขนาดของแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่ จ่ายให้กับโหลดโดยการปรับค่าตัวดีไอซีเคิลในช่วงการเปิดปิดวงจรของสวิตช์ที่แตกต่างกัน และ ในการปรับขนาดแรงดันอาร์เอ็มเอสนั้น จะส่งผลให้ขนาดกระแสอาร์เอ็มเอสที่จ่ายให้กับโหลดมี ค่าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากการทดสอบยังมีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงบางส่วน อาทิเช่น การปรับแรงดันขา เข้าให้สอดคล้องกับระบบไฟฟ้าบ้าน 220 โวลต์ นอกจากนั้นยังต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพ ของระบบให้สูงขึ้นอีก

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Tanaka, "A new induction cooking range for heating any kind of metal vessels," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Aug 1989, pp. 635 – 641.
- [2] H.W. Koertzen, J.D. van Wyk, J.A. Ferreira, "Design of the half-bridge, series resonant converter for induction cooking," in *Proc. IEEE PESC Rec.*, Vol. 2, June 1995, pp.729 - 735.
- [3] Young-Sup Kwon, Sang-Bong Yoo, Dong-Seok Hyun, "Half-bridge series resonant inverter for induction heating applications with load-adaptive PFM control strategy," in *Proc. IEEE APEC* Vol. 1, March 1999, pp. 575 – 581.
- [4] J.R. Pinheiro, I. Barbi, "Wide load range three-level ZVS-PWM DC-to-DC converter," in *Proc. IEEE PESC Rec.*, 1993, pp. 171 – 177.
- [5] F. Canales, P.M. Barbosa, F.C. Lee, "A zero voltage and zero current switching three level DC/DC converter," in *Proc. IEEE APEC*, 2000. Vol. 1, pp. 314 – 320.
- [6] Q. Gao, X. Li, Z. Cai, F. Long, "Novel zero-voltage and zero-current-switching (ZVZCS) three level DC/DC converter using a simple auxiliary circuit," in *Proc. IEEE PEDS*, 2003, Vol. 2, pp. 1486 – 1490.