

เครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ

An Induction Cooker

โดย

นาย อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

TK

A601

เลขหมู่..... 0223ค

เลขทะเบียน..... 30247

วัน, เดือน, ปี..... 25 ส.ย. 2541

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักหอสมุดกลางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ

An Induction Cooker

โดย นายอนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

บทคัดย่อ

เครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ ใช้วงจรสวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายที่ความถี่ 30 kHz ให้กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ อาศัยหลักการให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำ โดยมีกระแสไหลวนเกิดขึ้นที่ภาชนะหุงต้มที่เป็นสแตนเลสสตีล เครื่องหุงต้มอาหารยังสามารถตั้งเวลาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการด้วยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรของเครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส วงจรพูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ที่ใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ วงจรควบคุมการทำงานของมอสเฟตเป็นแบบพัลส์วิดมอดูเลชัน หม้อแปลงความถี่สูงส่งผ่านพลังงานไปยังขดลวดเหนี่ยวนำและภาชนะหุงต้ม

Abstract

An Induction cooker uses switching power supply. It works with an high frequency at 30 kHz in order to give output power 1000 watt. The principle of this induction cooker is derived from induction heating system. Eddy current from this principle occurs at cooking pot made of stainless steel. An induction cooker is composed of a rectifier circuit, full bridge inverter using power mosfets as switches , control circuit controlling mosfets in PWM patterns and high frequency transformer transferring energy to induction coil and cooking pot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

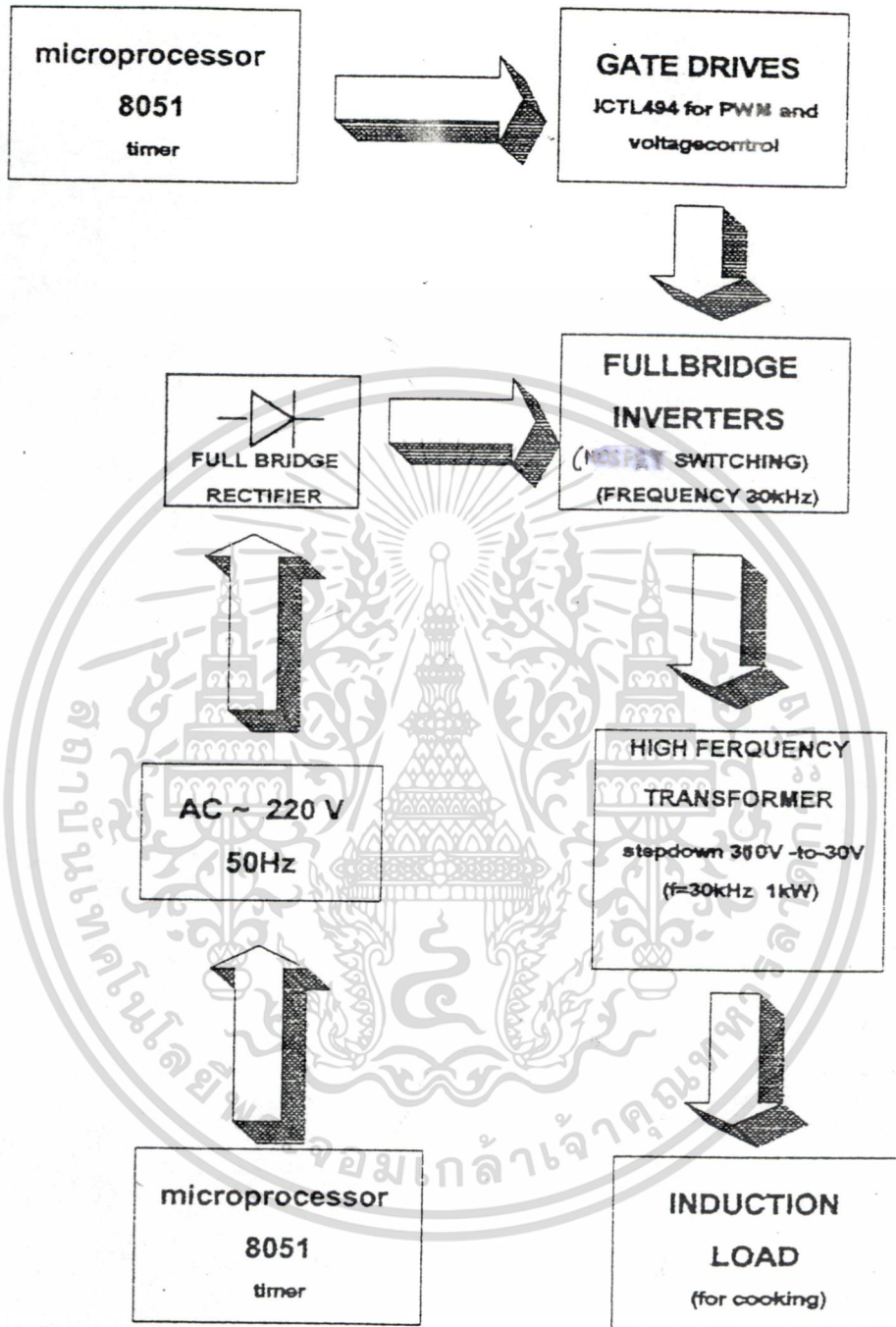
1. บทนำ

การให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนในตัวของชิ้นงานที่เป็นโลหะโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นหลักการที่พบในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจรทางขดลวดปฐมภูมิจะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นทางด้านขดลวดทุติยภูมิ ถ้าขดลวดทุติยภูมิเป็นวงจรปิดกระแสเหนี่ยวนำมีทิศทางตรงกันข้ามกับสนามแม่เหล็กที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ กระแสที่เกิดการเหนี่ยวนำนี้จะก่อให้เกิดการสูญเสียในรูปความร้อนซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในตัวเครื่องจักรกลไฟฟ้า [1] แต่กระแสเหนี่ยวนำที่ก่อให้เกิดความร้อนนี้กลับนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การให้ความร้อนแก่ภาชนะหุงต้มเพื่อประกอบอาหาร กระแสไฟฟ้าที่ให้ดังกล่าวจะทำให้เกิดความร้อนที่ภาชนะหุงต้มโดยไม่มีการสัมผัสทางไฟฟ้าระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำกับชิ้นงานและยังเป็นการให้ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะโดยตรง

2. หลักการ

จากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ $\pm 10\%$ ความถี่ 50 Hz แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 300 โวลต์ ด้วยวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (full bridge rectifier) ผ่านวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง 30 kHz โดยใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ มีการควบคุมการทำงานของมอสเฟตกำลังด้วยวงจรสร้างสัญญาณแบบพัลส์วิดมอดูเลชัน (PWM) โดยมีการควบคุมเวลาการทำงานของมอสเฟตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 รูปคลื่นสัญญาณที่ได้ส่งผ่านพลังงานด้วยหม้อแปลงกำลังความถี่สูง เพื่อลดแรงดันเหลือ 30 โวลต์ เพื่อให้กระแสทุติยภูมิของหม้อแปลงเพิ่มขึ้นประมาณ 50 แอมป์ โดยส่งผ่านพลังงานให้กับชิ้นงานซึ่งประกอบด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ และภาชนะหุงต้ม และเกิดความร้อนขึ้นที่ภาชนะหุงต้ม ซึ่งสามารถนำไปประกอบอาหารหุงต้มได้

เราสามารถแสดงการทำงานทั้งหมดด้วยบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 1



BLOCK DIAGRAM

รูปที่ 1 การทำงานทั้งหมดของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบ

3.1 ขดลวดเหนี่ยวนำ

ขดลวดเหนี่ยวนำประกอบด้วยลวดทองแดงกลมเบอร์ SWG28 จำนวน 127 เส้น หลายเส้นตีเกลียวรวมกันเพื่อลดปัญหาเรื่อง ปรากฏการณ์ผิว (skin depth) เพื่อให้ได้กระแส 50 แอมป์ นำมาขดเป็นแผ่นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับภาชนะหุ้ดต้มเสตนเลส ประมาณ 12 ซม. แล้วนำไปวัดค่าด้วย เครื่องวิเคราะห์หิมพีแดนซ์ ปรากฏว่า ที่ความถี่ 30 kHz จะมีค่า $R = 8.6$ โอห์ม, $L = 56.68 \mu\text{H}$ ให้ค่าตัวประกอบคุณภาพ (Quality factor) = 1.24 [2] เมื่อคำนวณค่า

$$\cos\phi = \cos[\tan^{-1}(X_L/R)] \quad (1)$$

จะได้ว่า $\phi = 51$ องศา (มุมล้าหลัง)

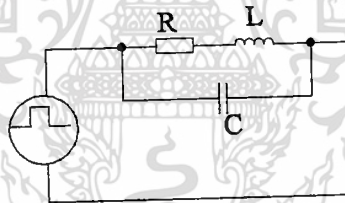
ดังนั้นควรจะทำกรปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น = 0.9 ตามหลักของเฟลเซอร์

ไดอะแกรมจะได้ว่า

$X_c = 6.552$ โอห์ม

จะได้ว่า $C = 0.08 \mu\text{F}$ ใช้ $0.1 \mu\text{F}$

วงจรสมมูลทางด้านไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังนี้

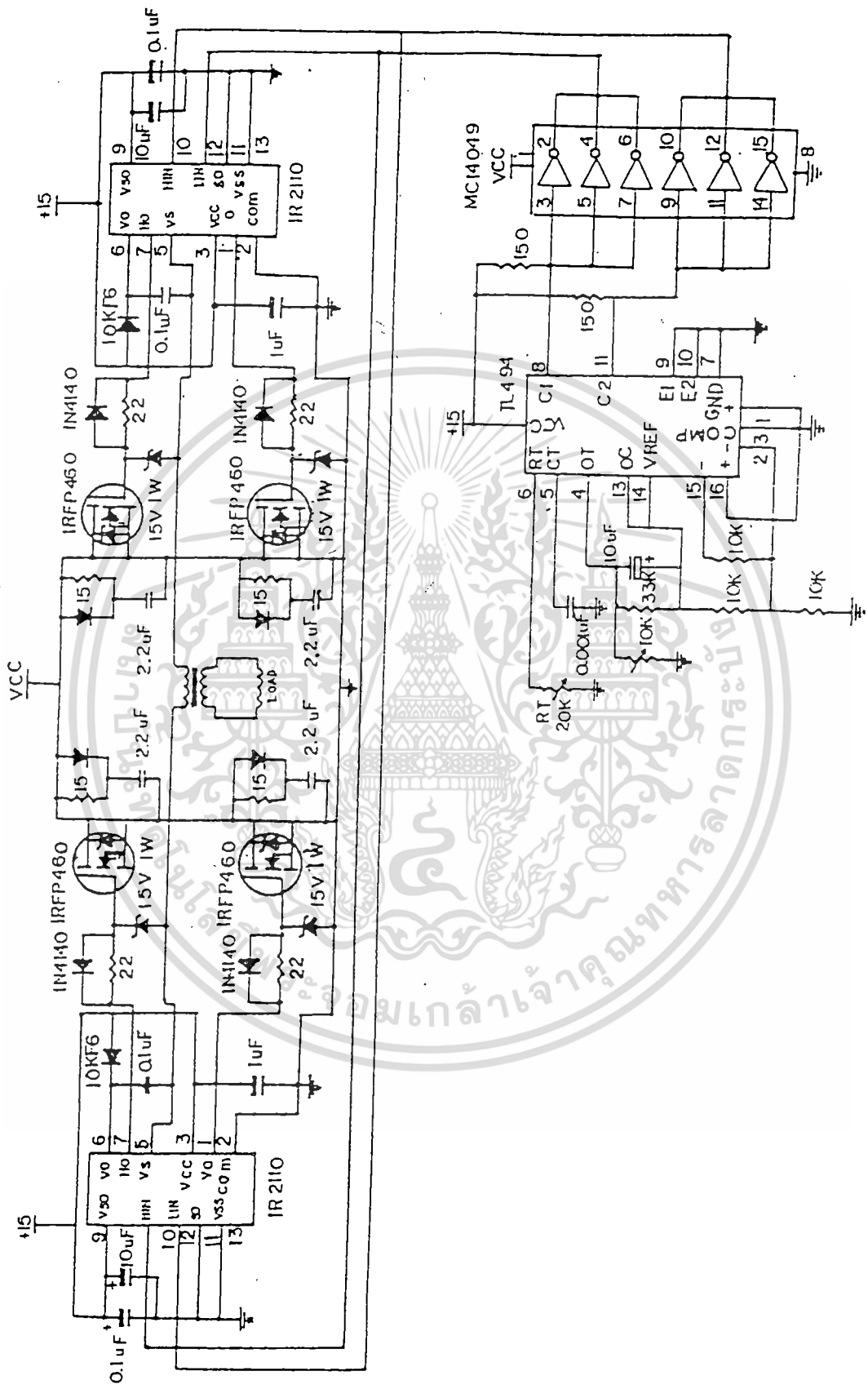


รูปที่ 2 วงจรสมมูลทางไฟฟ้า

3.2 หม้อแปลงกำลังความถี่สูง

จากหลักการของ KVL เมื่ออิมพีแดนซ์ของโหลดของวงจรสมมูลทางไฟฟ้ามีค่า $= 4.128 + j8.6$ โอห์ม เนื่องจากพิกัดของมอสเฟตกำลังที่หาได้ใช้เบอร์ IRFP 460 ทนกระแสได้ อย่างต่อเนื่อง 20 A และทนแรงดัน 500 V ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านมอสเฟตควรจะใช้ไม่เกิน 10 A เนื่องจากมีค่า derating ต่าง ๆ เช่น thermal, overload, safety เป็นต้น เมื่อใช้หม้อแปลงจะทำการลดทอนแรงดันลง เพื่อให้กระแสทางด้านทุติยภูมิเพิ่มขึ้นตั้งไว้ 50 A ดังนั้น ถ้าใช้อัตราส่วน หม้อแปลงเป็น 10 : 1 ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านมอสเฟตกำลังจึงไหลผ่าน 5 A โดยการออกแบบหม้อแปลงจะใช้หลักการออกแบบด้วย Kg Approach [3] โดยมีข้อกำหนดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันด้านปฐมภูมิ 300 V

แรงดันด้านทุติยภูมิ 30 V

กระแสด้านปฐมภูมิ 5 A

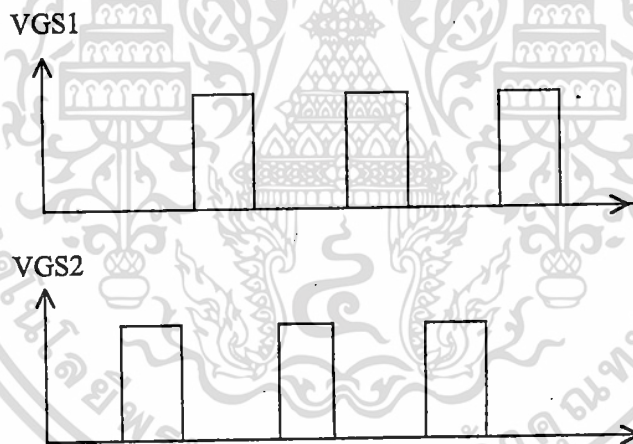
กระแสด้านทุติยภูมิ 50 A

ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก 0.25 T

เมื่อคำนวณจะใช้แกน EE80 1 แกน ขดลวดปฐมภูมิใช้ลวด SWG28 จำนวน 14 เส้น พันตีเกลียวกันจำนวน 48 รอบ และขดทุติยภูมิเบอร์ใช้ลวด SWG28 จำนวน 127 เส้น พันตีเกลียวกันจำนวน 5 รอบ

3.3 การออกแบบสัญญาณพัลส์วิตมอดูเลชั่น (PWM)

การออกแบบสัญญาณ PWM จะอยู่ในรูปแบบวัฏจักรการทำงาน(duty cycle) คงที่ โดยกำหนดให้ค่า duty cycle = 40 % ความถี่ในการทำงาน 30 KHz โดยใช้ไอซี TL494 ทำหน้าที่ควบคุมความกว้างและกำหนดความถี่ ร่วมกับ IC IR2110 เพื่อช่วยในการขับมอสเฟต โดยสัญญาณ PWM ที่ได้จาก IR2110 [4]จะมีรูปร่างดังรูปที่ 3 ส่วนวงจรขับมอสเฟตแสดงดังในรูปที่ 4



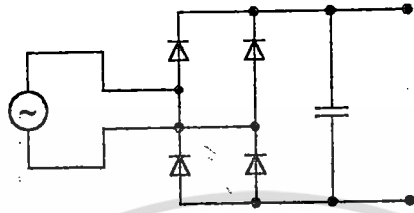
รูปที่ 3 แสดงสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรหลัก(Main Circuit)

3.4.1 การออกแบบวงจรเรียงกระแส

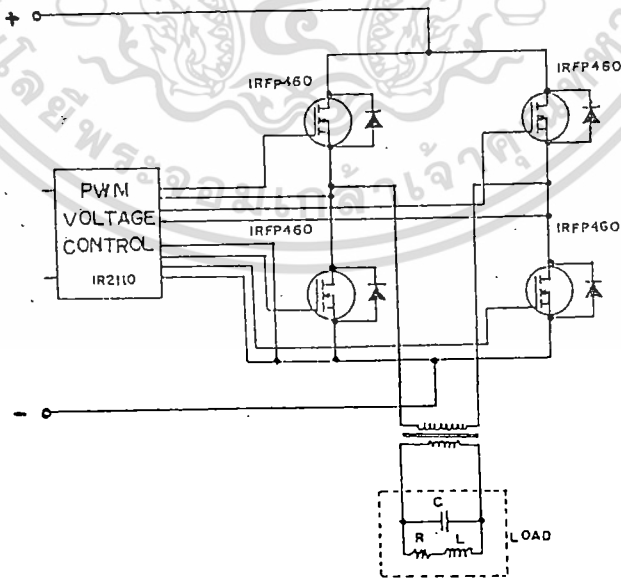
วงจรเรียงกระแสจะใช้วงจรไดโอดแบบบริดจ์ต่อวงจรเพื่อให้ได้ไฟตรงและกรองด้วย C เพื่อให้ไฟฟ้ากระแสตรงเรียบมากขึ้น [5] โดยวงจรสามารถแสดง ดังในรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรเรียงกระแส

3.4.2 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์

ใช้วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์(Full Bridge) เพื่อต้องการกำลังงานสูง(เมื่อใช้) โดยมี มอสเฟตกำลัง ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ด้วยความถี่ 30 kHz เาต์พุตอินเวอร์เตอร์จะมีรูปแรงแต้นเป็นรูปสี่เหลี่ยม(square wave) โดยมีค่ายอดถึงยอด(peak to peak) ± 300 โวลต์ การทำงานเป็นสวิตช์ แรงแต้นศูนย์ (Zero Voltage Switch ;ZVS) กระแสอินเวอร์เตอร์จะตามหลังแรงแต้นด้วยมุม ๆ หนึ่ง เพื่อลดผลของการสูญเสียในสวิตช์(switching loss) โดยมีรูปคลื่นกระแสใกล้เคียงไซน์(sine) [4] วงจรหลักในอินเวอร์เตอร์[5] แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น V , I , power , PF เพื่อประมาณกำลังงาน
เพื่อใช้ในการหุงต้มอาหาร

ตารางที่ 1 แสดงค่าการวัดพารามิเตอร์

Vac	30	60	90	120	150	180	200	220
Iac(A)	0.30	0.62	0.70	1.15	1.46	1.84	1.94	2.5
PFin	0.69	0.66	0.65	0.67	0.68	0.68	0.67	0.65
Pac(W)	6.2	24.55	40.95	92.46	148.92	225.22	259.96	357.5
Vdc	40	80	120	160	201	244	276	302
Idc(A)	0.15	0.3	0.33	0.57	0.73	0.94	1.08	1.16
Pdc(W)	6.07	24.05	40.13	90.61	145.44	220.71	259.76	350.53
Vac primary	38	76	118	155	198	240	270	300
Iac primary	0.37	0.73	0.78	1.34	1.69	2.11	2.17	2.68
PF primary	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
watt primary	5.88	23.32	38.92	87.89	141.56	214.08	247.1	339.83
Vac second- ary	5	10	16	22	24	30	36	39
Iac second- ary	2.22	4.41	4.6	7.57	11.16	11.46	13	13.06
PF(sec)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Po (watt)	4.7	18.68	31.13	70.40	113.04	131.26	197.68	215.3
% η	75.80	75.96	76.02	76.04	76.04	76.04	76.04	82.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

V_{ac} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอินพุต หน่วย โวลต์

I_{ac} คือ กระแสไฟฟ้าอินพุต หน่วย A

P_{Fin} คือ ตัวประกอบกำลังทางด้านอินพุต

V_{dc} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หน่วย โวลต์

I_{dc} คือ กระแสไฟตรง หน่วย A

P_{dc} คือ วัตต์ของไฟตรง หน่วย วัตต์

$V_{ac(primary)}$ คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง คิด
ช่วง peak หรือ rms

$I_{ac(primary)}$ คือ กระแสไฟฟ้าสลับความถี่สูงทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง คิดเป็น
rms

$PF(primary,secondary)$ คือ ตัวประกอบกำลังเมื่อผ่านหม้อแปลง

$V_{ac(secondary)}$ คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง คิด
เป็น rms

$I_{ac(secondary)}$ คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง คิด
เป็น rms

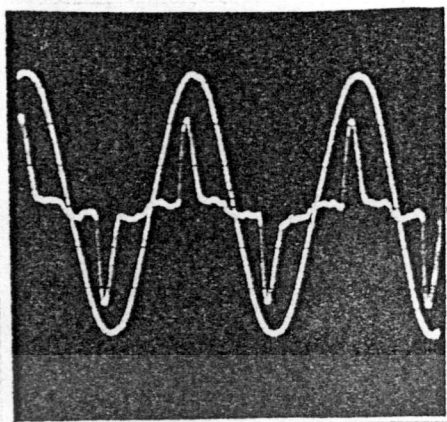
P_o คือ วัตต์เอาต์พุต

η คือ ประสิทธิภาพ

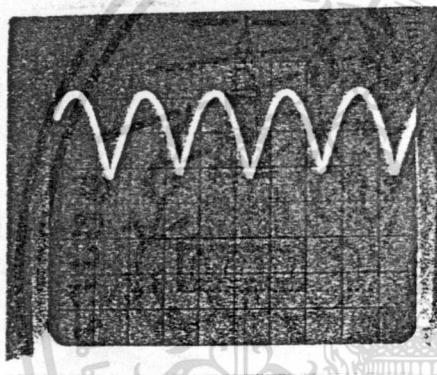
ตารางที่ 2 แสดงค่าในการหาปริมาณความร้อนจากการต้มน้ำโดยอุณหภูมิห้อง 25 องศา
เซลเซียส วัตต์แรงดันอินพุต 220 โวลต์

มวลของน้ำ(kg)	ปริมาณน้ำ(ml)	Δt (sec)	อุณหภูมิ (C)	ปริมาณความร้อน (kJ)
0.25	250	1020	70	46.665
0.50	500	1200	70	93.33
0.75	750	1500	70	139.995
1.00	1000	1920	70	186.660

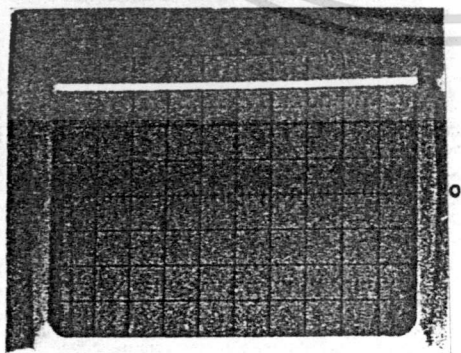
แสดงรูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง วัดที่จุดต่าง ๆ



รูปที่ 7 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสทางด้านอินพุต
ch1 = 100 V/div , ch2 = 0.5 A/div T = 50 ms/div



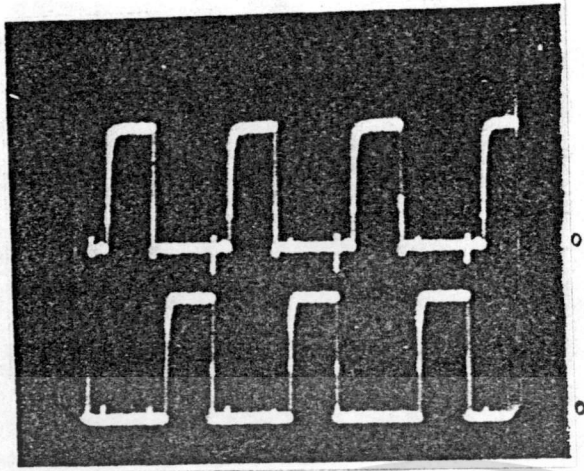
รูปที่ 8 เอาด็ตู้ตจากวงจรเรียงกระแสโดยยังไม่มีวงจรกรรขง
100 V/div 5 mS/div



รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตที่จะให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์

ch1 = 100 V/div T = 5 mS/div

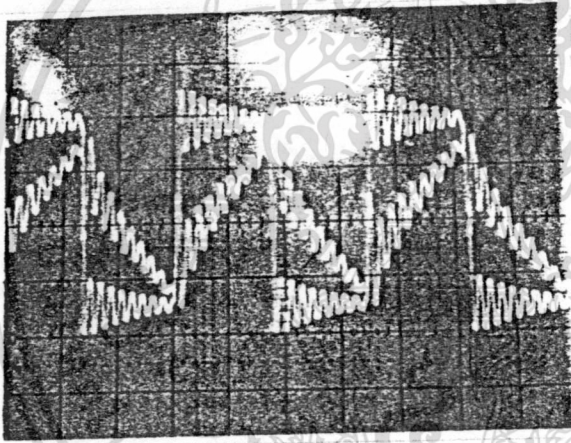
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 รูปสัญญาณการขั้บเกตจาก IR2110 2 ตัว

รูปบนขั้บมอเตอร์เฟด Q1,Q3 ch1 =5V/div , ส่วนรูปล่างขั้บมอเตอร์เฟด Q2,Q4 ch2= 5V/div

T=10uS/div



รูปที่ 11 แสดงรูปสัญญาณกระแสและแรงดันของด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง

ch1 = 100 V/div ,ch2 = 1A/div ,T = 10 uS/div

5. สรุปผลการทดลอง

เครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ สามารถต้มน้ำ 1 ลิตร เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ สามารถตั้งเวลาด้วยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 คิดเป็นประสิทธิภาพทางไฟฟ้าประมาณ 80 % สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น 70 °C คิดเป็นประสิทธิภาพโดยรวม(ทางเทอร์โมไดนามิก) 30 % ซึ่งถือว่าต่ำมาก เกิดการสูญเสียจากการ radiate จากภาชนะ และผลที่ได้กำลังงานเอาต์พุตมีค่าต่ำ ในที่นี้คือ 212 วัตต์ ซึ่งต่ำกว่าที่คาดไว้คือ 1000 วัตต์ อันเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียในหม้อแปลงความถี่สูง อีกทั้งหม้อแปลงความถี่สูงมีค่า L มากจึงทำให้ปริมาณกระแสต่ำลง และมีผลให้แรงดันทุติยภูมิมีค่าต่ำกว่าที่ออกแบบไว้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

- 5.1 ต้องออกแบบหม้อแปลงใหม่ โดยให้พันแบบ bifilar ก็จะได้ผลของ L ในหม้อแปลงความถี่สูง
- 5.2 แก้ววงจรสับเบอร์ เนื่องจากมีสไปค์(spike) ของแรงดันมาก

6. เอกสารอ้างอิง

- [1]. P.Simpson , Induction Heating Handbook , McGraw-Hill , 1979.
- [2]. Andel S. Sedra and Rennet C.Smith , Microelectronics circuit ,Prentice-Hall Internation , 1989.
- [3]. เจริมพร เฉลยกิจ และ อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ," การออกแบบตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลงความถี่สูงโดยคอมพิวเตอร์", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18 , หน้า 49 ถึง 54 ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ,พฤศจิกายน 2538.
- [4]. _____, International Rectifier ,1992.
- [5]. M.H.Rashid , Power Electronics Circuit ,Devices and Applications ,Prentice-Hall Internation ,1988.

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการสภากิจแห่งชาติ(สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยในครั้งนี้

แบบฟอร์มรายงานผลสำเร็จงานวิจัย
ปีงบประมาณ 2540

โครงการวิจัยเรื่อง เครื่องหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ
หัวหน้าโครงการ นายอนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

ผลสำเร็จ

1. นำผลการวิจัยไปไว้สอนนักศึกษา

ระดับ ปริญญาตรี

วิชา 1. switch-mode power supply

2. Project I,II

2. นำผลวิจัย ไปตีพิมพ์เผยแพร่

ไม่มี เนื่องจากต้องการต้นแบบที่สมบูรณ์มากกว่านี้ และจะดำเนินการตีพิมพ์วารสารในโอกาสต่อไป

3. นำผลวิจัยไปเป็นต้นแบบให้แก่หน่วยงานภายนอกหรือไม่อย่างไร

ยัง เนื่องจากต้องทำต้นแบบให้สมบูรณ์มากกว่านี้