

ฟูลบริดจ์สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก Full bridge switching power supply for a thermoelectric dehumidifier

เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์

Jensak Ekburanawat

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Rattanakosin, Nakhon Pathom
Corresponding author.Tel.: 08 9697 4340, E-mail: jensak.eak@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประดิษฐ์สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้นประกอบด้วยวงจรสำคัญหลายวงจร คือ วงจรซอฟต์แวร์สตาร์ท วงจรเรียงกระแส วงจรทบทระดับแรงดัน วงจรแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ หม้อแปลงความถี่สูง และวงจรเรียงกระแสด้านขาออก ตามลำดับ สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้นสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าขาออกได้ 2 ระดับ คือ 12 และ 24 โวลต์ การควบคุมการทำงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F886 ควบคุมการทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันและวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยวงจรควบคุมทำหน้าที่สร้างสัญญาณขับเคลื่อนให้กับสวิตซิงไोजิปทีใน วงจรทั้งสองเพื่อควบคุมแรงดันขาออกของวงจรให้คงที่ สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้นสามารถจ่าย กำลังไฟรวมให้โหลดได้เท่ากับ 94.85 วัตต์ ที่ประสิทธิภาพร้อยละ 83.20 และมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 0.95 lagging

คำสำคัญ : สวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลาย เทอร์โมอิเล็กทริก เครื่องลดความชื้น

Abstract

This research proposes an invention of the switching power supply designed for a thermoelectric dehumidifier. This switching power supply consists of many important part which are a soft-start circuit, rectifier, boost converter, full-bridge inverter, high frequency transformer and the output rectifier circuits. The switching power supply can produce two voltage levels; 12 and 24 volts. The microcontroller PIC16F886 integrated in the main control unit manages the operation of the boost converter circuit and full-bridge inverter circuit by generating the driving signal to the IGBT switch in both circuits for better output-voltage stability. This switching power

Received 12-06-2019

Revised 13-08-2019

Accepted 13-08-2019

supply can provide power rating of 94.85 watts in total and have 83.20 % efficiency with a power factor high as 0.95 lagging.

Keywords: Switching power supply, Thermoelectric, Dehumidifier

1. บทนำ

ประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบเขตร้อนชื้น โดยทั่ว ๆ ไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู คือ อากาศจะร้อนที่สุดในเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤษภาคม เป็นฤดูร้อน และจะมีฝนตกและเมฆมากจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วง กลางเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม เรียกว่า ฤดูฝน ส่วนเดือนพฤศจิกายน ถึงกลางเดือนมีนาคม อากาศจะแห้งและหนาวเย็นเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นฤดูหนาว ยกเว้นในภาคใต้ที่มีอากาศร้อนชื้นตลอดทั้งปีจึงมีแค่สองฤดู คือ ฤดูร้อนกับฤดูฝนเท่านั้น

1.1 สภาวะสบาย (Comfort zone)

สภาวะสบาย สามารถอธิบายได้ง่าย ๆ ว่าเป็นช่วงอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ทำให้คนส่วนใหญ่รู้สึกสบาย ซึ่งมีปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมที่มาปะทะตัวเรา และการแผ่ความร้อนจากสิ่งแวดล้อม องค์การ ASHVE (American society of heating & ventilating engineers) กำหนดช่วงสภาวะสบายสำหรับผู้อยู่อาศัยในประเทศสหรัฐอเมริกาไว้ที่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่างร้อยละ 30-70 ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่ทำให้ผิวหนังแห้งหรือรู้สึกเหนียวตัวจนเกินไป กับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) อยู่ในช่วง 18-29 องศาเซลเซียส [1] สภาวะสบายในแต่ละฤดูและแต่ละภูมิภาคจะแตกต่างกันไป สภาวะสบายในประเทศไทยจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 24-27 องศาเซลเซียส ความชื้น

สัมพัทธ์อยู่ที่ประมาณร้อยละ 50-70 และความเร็วลมที่ 0.2-1.0 เมตรต่อวินาที จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศไทยนั้นมีค่าสูงตลอดทั้งปี

ตารางที่ 1 ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีของแต่ละภูมิภาคในประเทศไทย [2]

ภาค	ร้อยละความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี
เหนือ	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	72
กลาง	73
ตะวันออก	76
ใต้ฝั่งตะวันออก	79
ใต้ฝั่งตะวันตก	80

1.2 จุดน้ำค้าง (Dew point)

จุดน้ำค้าง คือ จุดที่ไอน้ำในอากาศควบแน่นและกลั่นตัวเป็นน้ำ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) คืออุณหภูมิ ณ จุดที่เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลงในขณะที่ปริมาณไอน้ำคงที่ การลดอุณหภูมิจนถึงจุดจุดหนึ่งจะทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการอิมิตัว และกลั่นตัวควบแน่นเป็นหยดน้ำที่ความดันบรรยากาศคงที่ เราสามารถคำนวณหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้จากค่าความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และค่าอุณหภูมิในขณะนั้น (T) ได้จากสมการที่ 1

เมื่อกำหนดให้ค่า Magnus parameters [3] ที่อุณหภูมิระหว่าง -45 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส มีค่า β เท่ากับ 17.62 และ λ เท่ากับ 243.12 องศาเซลเซียส

$$D_p(T, RH) = \frac{\lambda \cdot \left[\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right]}{\beta - \left[\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right]} \quad (1)$$

1.3 แนวคิดและขอบเขตของงานวิจัย

แนวคิดของงานวิจัยนี้ก็คือ การสร้างเครื่องลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่อสร้างสภาวะสบายในบ้านพักอาศัยที่ใช้หลักการควบแน่นของไอน้ำเมื่ออุณหภูมิลดลงถึงจุดน้ำค้าง ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ลดลงจะเพิ่มสภาวะสบายในบ้านพักอาศัยได้ เครื่องลดความชื้นนี้จะใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นอุปกรณ์ในการทำความเย็นแทนเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ การใช้งานเทอร์โมอิเล็กทริกมีข้อดี คือ ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ทำให้ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก มีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องใช้สารทำงานที่มีส่วนประกอบของสาร CFCs สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย และยังมีขนาดกะทัดรัดอีกด้วย

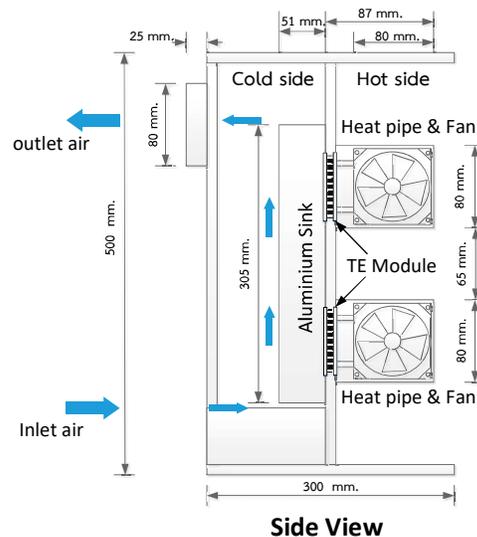
ขอบเขตของงานวิจัยก็คือ การออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นอุปกรณ์ทำความเย็น และออกแบบวงจรสวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับจ่ายไฟให้กับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกเครื่องนี้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 โครงสร้างของเครื่องลดความชื้น

เครื่องลดความชื้นต้นแบบที่สร้างขึ้นทำจากแผ่นอะคริลิก หนา 5 มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องมีลักษณะเป็นตู้ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านทำความเย็น

และด้านระบายความร้อน ด้านทำความเย็นประกอบไปด้วย ครีบอลูมิเนียมด้านเย็น ขนาด 94 x 305 x 94 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน สำหรับเป็นพื้นที่ให้ไอน้ำควบแน่นเป็นหยดน้ำ เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1-12710 จำนวน 4 โมดูล ถาดรองน้ำ พัดลมสำหรับหมุนเวียนอากาศ และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ส่วนทางฝั่งด้านร้อนจะประกอบไปด้วยฮีตไปป์ (Heat pipe) สำหรับระบายความร้อนจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล จำนวน 4 ชุด และพัดลมระบายความร้อนขนาด 80 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัว



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเครื่องลดความชื้น

2.2 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลนั้นขึ้นอยู่กับการระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของโมดูล หากสามารถระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของโมดูลได้มากก็จะสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของโมดูล (ΔT) ได้มากเช่นกัน การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลต้องคำนึงถึงความสามารถของระบบระบายความร้อนด้วย

เพราะถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมากจนไม่สามารถระบายความร้อนออกจากโมดูลได้ทัน ความร้อนจากด้านร้อนที่ระบายไม่ทันจะสะท้อนมาทางด้านเย็นทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของโมดูลลดลง

ดังนั้นจึงต้องหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล โดยทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกทั้ง 4 โมดูลแบบอนุกรม แล้วทดลองจ่ายแรงดันที่ 24, 36 และ 48 โวลต์ ตามลำดับ ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกใช้ อุณหภูมิที่ครีบอลูมิเนียมด้านเย็น และบันทึกค่าอุณหภูมิด้านเย็นเทียบกับเวลาจนอุณหภูมิด้านเย็นมีค่าคงที่ ได้ผลดังตารางที่ 2

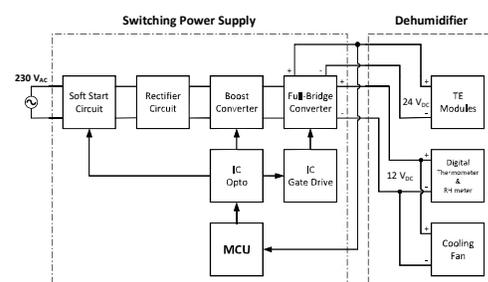
ตารางที่ 2 ค่าแรงดันและกระแสที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

Voltage (V)	Temp. (°C)	Time (min)	Current (A)
24	14.11	32	3.65
36	13.33	39	5.25
48	13.98	38	6.58

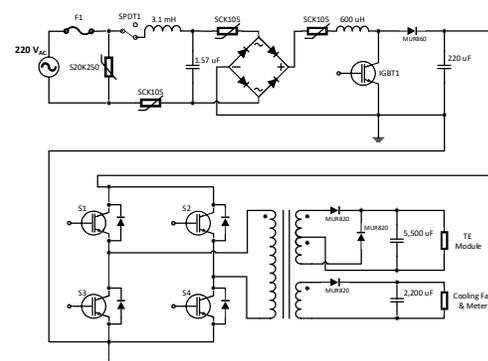
จากสมการที่ 1 หากกำหนดให้อุณหภูมิห้องที่ต้องการลดความชื้นเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 สามารถคำนวณอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้เท่ากับ 19 องศาเซลเซียส หมายความว่าในสภาวะดังกล่าวหากเครื่องลดความชื้นสามารถทำให้อุณหภูมิด้านเย็นลดลงเป็น 19 องศาเซลเซียส ใอน้ำในอากาศก็จะสามารถควบแน่นเป็นหยดน้ำที่ครีบริดด้านเย็นของเครื่องได้ หากพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 2 แล้วจะพบว่าการจ่ายแรงดัน 24 โวลต์ ให้กับโมดูลก็เพียงพอที่จะทำความเย็นเพื่อให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำได้แล้ว

2.3 การออกแบบและสร้างวงจรจ่ายไฟแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

จากเหตุผลในข้อ 2.2 จึงทำการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกได้ 2 ระดับ คือ 24 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และ 12 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับพัดลมระบายความร้อนและเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล ส่วนประกอบต่าง ๆ ของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่ออกแบบ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพส่วนประกอบของเครื่องลดความชื้นและสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย



ภาพที่ 3 วงจรกำลังของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

2.3.1 ขั้นตอนการทำงานของวงจร

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก มีลำดับการทำงานดังต่อไปนี้ จากวงจรภาพที่ 2 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

220 โวลต์ จากแหล่งจ่ายถูกส่งผ่านเข้าสู่วงจรซอฟต์แวร์สตาร์ท โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ ปิด-เปิด และลดกระแสกระชากเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ในวงจร ต่อมาไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกแปลงเป็นกระแสตรงโดยวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ แล้วผ่านวงจรทบระดับแรงดันเพิ่มแรงดันขึ้นเป็น 380 โวลต์ เพื่อปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของวงจร หลังจากนั้นจะส่งต่อไปยังวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงรูปสี่เหลี่ยม และถูกลดแรงดันไฟฟาลงอีกครั้งด้วยหม้อแปลงความถี่สูง แล้วผ่านเข้าวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลต์ จ่ายให้กับโหลดเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และแรงดัน 12 โวลต์ จ่ายให้กับอุปกรณ์อื่นในเครื่องลดความชื้น การควบคุมการทำงานของวงจร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่สร้างสัญญาณขับสวิตซ์ต่าง ๆ ในวงจรกำลัง โดยมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้สามารถปรับการทำงานของวงจรได้จากสัญญาณป้อนกลับที่ได้รับอีกด้วย

2.3.2 การออกแบบวงจร

จากวงจรกำลังในภาพที่ 3 การออกแบบวงจรสามารถพิจารณาตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. วงจรซอฟต์แวร์สตาร์ท (Soft start) เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อวงจรทั้งหมดเพราะเนื่องจากช่วยลดทอนกระแสพุ่งเข้า ไม่ให้สร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์และวงจรโดยรวมได้ การลดกระแสพุ่งเข้านั้นทำได้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การลดทอนกระแสพุ่งเข้าแบบพาสซีฟ โดยใช้ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์เป็นตัวลดทอนกระแส การควบคุมการทำงานของวงจรกำลังนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของรีเลย์ ที่ทำหน้าที่ ปิด-เปิด วงจร และค่อยๆ เพิ่มวัฏจักรงานของ IGBT1 ในวงจรทบระดับแรงดันขึ้นเพื่อให้กระแสที่ไหลเข้าวงจรค่อย ๆ เพิ่มขึ้น การเพิ่ม

วัฏจักรงานที่ละน้อยจะช่วยลดกระแสพุ่งเข้าขณะกวดสวิตซ์เริ่มทำงาน

2. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ทำหน้าที่กรองความถี่สูงที่ปะปนมากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้ลดทอนลง ทำให้ความถี่รบกวนมีน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของวงจรดีขึ้น สามารถคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำได้จากสมการ

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

เมื่อ

f_c คือ ความถี่ที่ต้องการตัดออก

L คือ ค่าของตัวเหนี่ยวนำ

C คือ ค่าของตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจร

ในวงจรที่ออกแบบได้กำหนดให้ตัวเหนี่ยวนำมีค่า 3 มิลลิเฮนรี่ และตัวเก็บประจุมี 1.57 ไมโครฟารัด ดังนั้นความถี่ที่ถูกตัดทอนลงไป คือ ความถี่ที่มากกว่า 2,300 กิโลเฮิร์ตซ์ ขึ้นไป

3. วงจรทบระดับแรงดัน (Boost convertor) วงจรทบระดับแรงดันทำหน้าที่เพิ่มแรงดันขาออกของวงจรด้วยตัวเหนี่ยวนำที่สะสมพลังงานไว้ แรงดันขาออกของวงจรสามารถหาได้จากสมการที่ 3 [4]

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (3)$$

เมื่อ

V_{in} คือ แรงดันขาเข้าของวงจร

V_{out} คือ แรงดันขาออกของวงจร

D คือ วัฏจักรงาน (Duty cycle)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวเหนี่ยวนำค่า 600 ไมโครเฮนรี่ ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการทดลอง สวิตซ์ที่ใช้ในวงจรทบระดับต้องสามารถทนแรงดันตกคร่อมได้สองเท่าของ

แรงดันขาเข้าวงจร ดังนั้นจึงเลือกใช้สวิตช์เป็นไอจีบีทีเบอร์ RGTH00TS65GC11 ขนาดพิกัด 650 โวลต์ 50 แอมแปร์ และเลือกใช้คาปาซิเตอร์ 220 ไมโครฟารัด 450 โวลต์ เป็นตัวกรองแรงดันให้ราบเรียบ เพื่อส่งต่อไปยังวงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

4. วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ (Full bridge Inverter) เป็นวงจรที่ใช้สวิตช์ 4 ตัวในการทำงาน สวิตช์ตัวบนและตัวล่างจะทำงานพร้อมกัน คือ สวิตช์ S_1 , S_4 จะทำงานพร้อมกัน และสวิตช์ S_2 , S_3 จะทำงานพร้อมกันและจะสลับกันทำงานเป็นคู่ ๆ ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์แต่ละคู่จะเท่ากับแรงดันขาเข้าของวงจร ซึ่งสวิตช์ที่ใช้เป็นไอจีบีทีแบบเดียวกับที่ใช้ในวงจรทบทระดับ

5. หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง (High frequency transformer) [5,6] โครงสร้างหม้อแปลงที่ใช้มีขดลวดปฐมภูมิ 1 ขด ขดลวดทุติยภูมิ 2 ขด พันบนแกนเฟอร์ไรต์ ขนาด EE42 โดยออกแบบที่แรงดันปฐมภูมิเท่ากับ 380 โวลต์ แรงดันทุติยภูมิเท่ากับ 24 และ 12 โวลต์ ตามลำดับความถี่สวิตช์เท่ากับ 25 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งคำนวณหาจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิได้ตามสมการที่ 4

$$N_1 = \frac{V_{in}}{4A_c \cdot B_m \cdot f_s} \quad (4)$$

หาอัตราส่วนของหม้อแปลงได้จากสมการที่ 5 และ 6

$$V_{out} = 2V_{in} \left[\frac{N_2}{N_1} \right] \cdot D_{max} \quad (5)$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_{out}}{2V_{in} \cdot D_{max}} \quad (6)$$

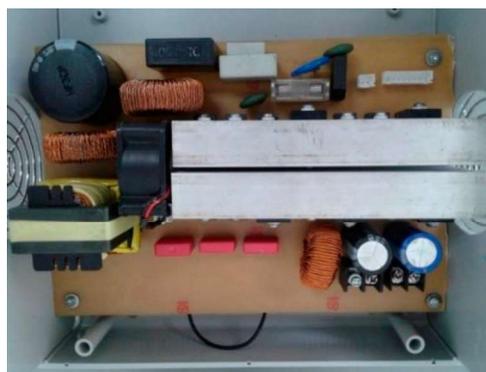
และเมื่อทราบอัตราส่วนของหม้อแปลงและสามารถหาจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิได้จากสมการที่ 7

$$n = \frac{N_2}{N_1} \quad (7)$$

เมื่อ

- A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์
- B_m คือ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก
- D คือ วัฏจักรงานสูงสุด
- N_1 คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ
- N_2 คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ
- n คือ อัตราส่วนของหม้อแปลง

6. วงจรเรียงกระแส (Rectifier) ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงความถี่สูง มีวงจรเรียงกระแส 2 ชุด วงจรที่จ่ายแรงดัน 24 โวลต์ เป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรที่จ่ายแรงดัน 12 โวลต์ เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ทั้งสองวงจรใช้ไดโอด MUR820 (Fast recovery diode) 200 โวลต์, 8 แอมแปร์ทำหน้าที่เรียงกระแสในวงจร วงจรกำลังของสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว แสดงดังภาพที่ 4

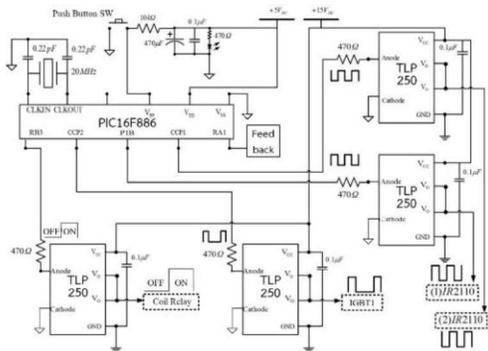


ภาพที่ 4 วงจรกำลังของสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

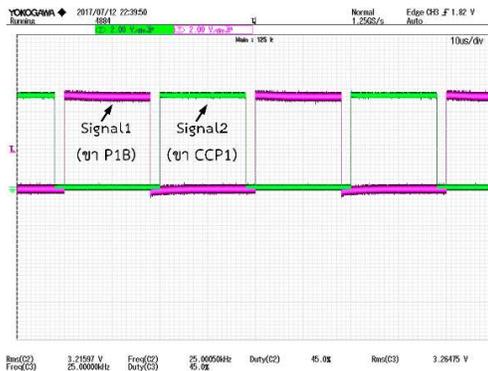
2.3.3 การออกแบบวงจรควบคุมและโปรแกรม

การควบคุมการทำงานของสวิตซ์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์

PIC16F886 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณป้อนกลับเป็นแรงดันขาออกของวงจรจะทำการประมวลผลข้อมูลและทำงานตามคำสั่งในโปรแกรม ถ้าข้อมูลที่ได้รับเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะสร้างสัญญาณพัลส์ออกไปขับเคลื่อนและควบคุมให้พัลส์นั้นคงที่ แต่ถ้าสัญญาณป้อนกลับไม่เป็นไปตามเงื่อนไขก็จะเพิ่มหรือลดวัฏจักรงานของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไป การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังภาพที่ 5



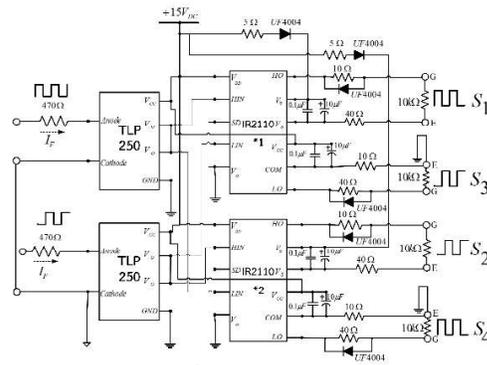
ภาพที่ 5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



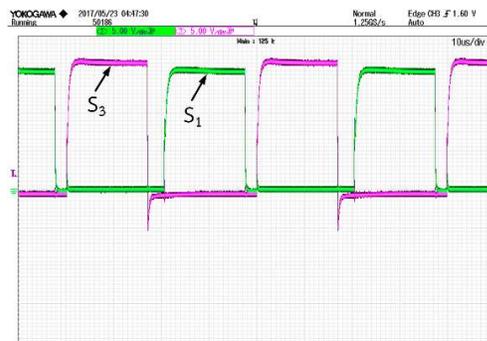
ภาพที่ 6 สัญญาณขับสวิตช์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ส่งจาก PIC16F886 ไปยัง TLP 250

วงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟูลบริดจ์นั้น สวิตช์ตัวบน (S_1, S_2) จะไม่สามารถใช้กราวด์ร่วมกับ สวิตช์ตัวล่าง (S_3, S_4) ได้ เนื่องจากการทำงานที่ คาบเวลาต่างกันและการอ้างอิงกราวด์ที่ต่างกัน จึง

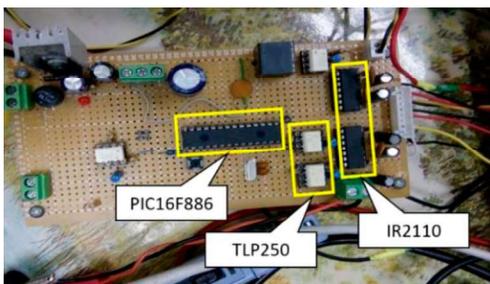
จำเป็นต้องใช้ไอซีเกตไดรเวอร์เพื่อแยกสัญญาณระหว่างไอซีกับภาคกำลังออกจากกันและขยายสัญญาณขับเคลื่อนให้เป็น 4 สัญญาณ โดยใช้ไอซีเบอร์ IR2110 จำนวน 2 ตัว IR2110 จะรับสัญญาณเข้าจาก ออปโตคัปเปิลอร์ 2 สัญญาณ แต่จะสลับกันรับสัญญาณขาเข้า คือ IR2110 ตัวที่ 1 จะรับสัญญาณ H_{IN} และ L_{IN} จากออปโตคัปเปิลอร์ต่างสัญญาณกัน ส่วน IR2110 ตัวที่ 2 ก็ทำงานในลักษณะเดียวกัน ทำให้ได้สัญญาณขับเคลื่อนสวิตช์ตัวบนและตัวล่างที่ต่างกัน 2 คู่ ดังภาพที่ 7



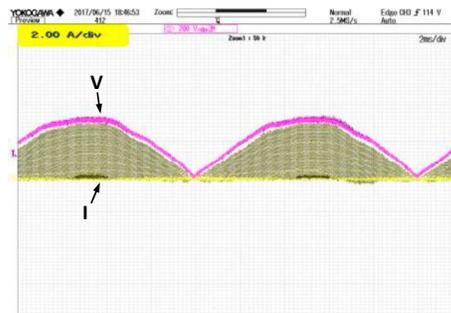
ภาพที่ 7 วงจรไอซีขับเกต



ภาพที่ 8 สัญญาณขับเคลื่อนของสวิตช์ S_1 และ S_3 ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ที่มาจากไอซี IR2110 ตัวที่ 1



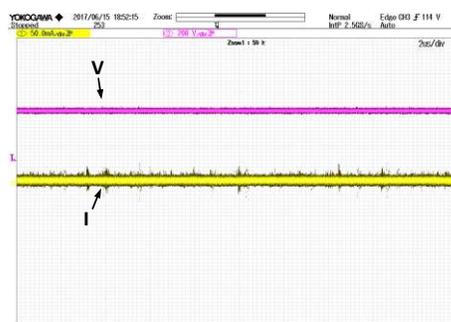
ภาพที่ 9 วงจรควบคุมและวงจรขับเคลื่อนที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว



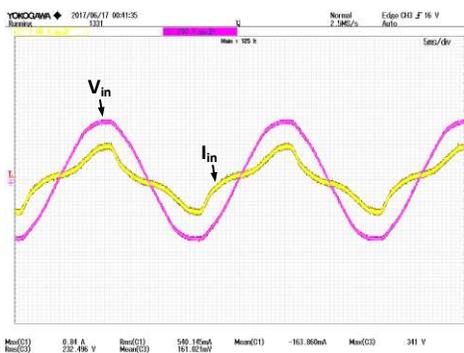
ภาพที่ 11 กระแสและแรงดันขาเข้าของวงจรทบระดับแรงดัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

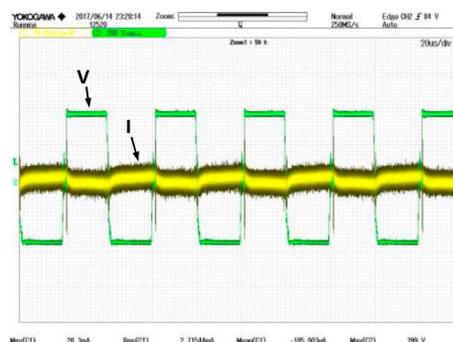
ทำการทดลองโดยใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้นจ่ายไฟให้กับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก แล้วทำการวัดค่าแรงดัน กระแสกำลังไฟฟ้า ณ จุดต่าง ๆ ในวงจรด้วยออสซิลโลสโคปยี่ห้อ YOKOGAWA 200 MHz 2.5 GS และวัดค่าตัวประกอบกำลังของวงจรด้วย Power quality analyzer ยี่ห้อ Fluke รุ่น 434 โดยรูปสัญญาณที่วัดได้ แสดงดังภาพที่ 10-17 ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรที่วัดได้ แสดงดังภาพที่ 18



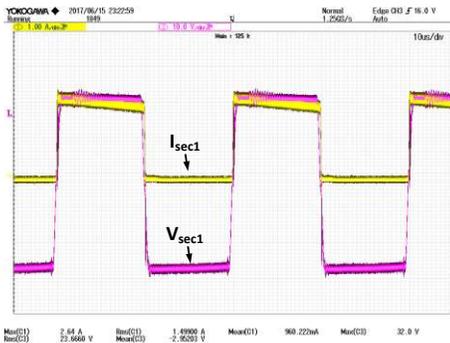
ภาพที่ 12 กระแสและแรงดันขาเข้าของวงจรฟูลบริจด์อินเวอร์เตอร์



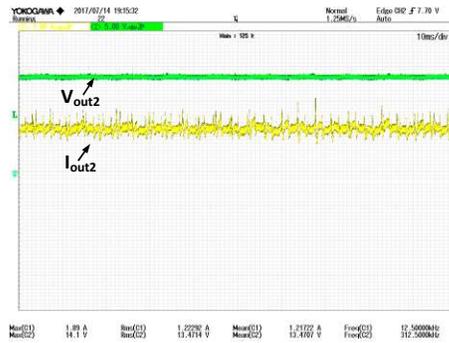
ภาพที่ 10 กระแสและแรงดันขาเข้าวงจรเรียงกระแสชุดแรก



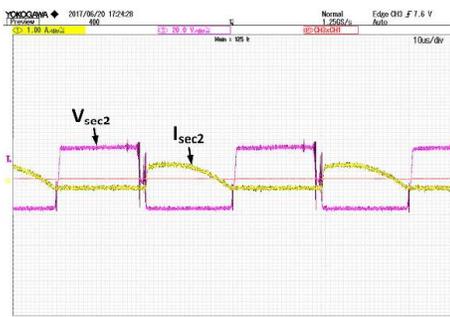
ภาพที่ 13 กระแสและแรงดันตกคร่อมสวิตซ์ตัวที่ 1 ในวงจรอินเวอร์เตอร์



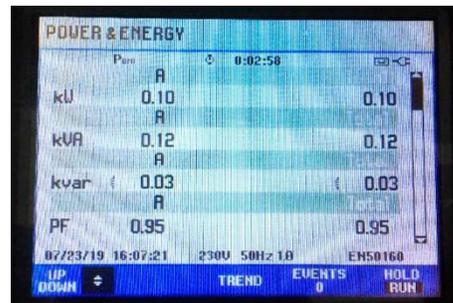
ภาพที่ 14 กระแสและแรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงขดที่ 1



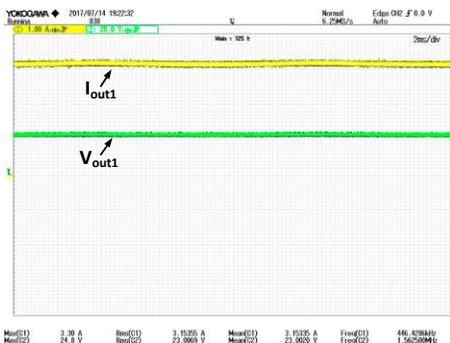
ภาพที่ 17 กระแสและแรงดันของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นที่จ่ายให้พัดลมระบายความร้อน



ภาพที่ 15 กระแสและแรงดันที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงขดที่ 2



ภาพที่ 18 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจร

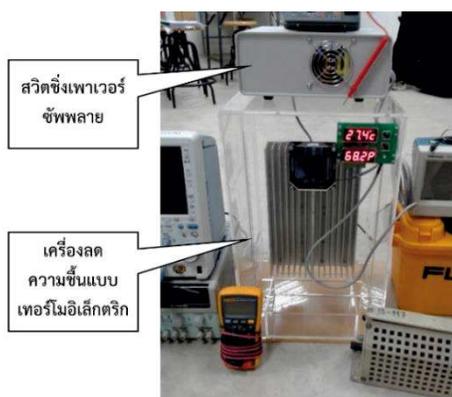


ภาพที่ 16 กระแสและแรงดันของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นที่จ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ภาพที่ 14 คือภาพของกระแสและแรงดันที่วัดได้จากขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงขดที่ 1 ที่ต่อกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และภาพที่ 15 คือภาพของกระแสและแรงดันที่วัดได้จากขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงขดที่ 2 ที่ต่อกับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ดังนั้นกระแส I_{sec2} ด้านซีกบวกจึงมีลักษณะรูปคลื่นต่างจากซีกลบ

ขณะเครื่องทำงานทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้าได้ 114 วัตต์ และวัดค่ากำลังไฟฟ้าขาออกที่จ่ายให้กับโหลดเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก หน้าจอแสดงผล และพัดลมระบายความร้อนได้รวม 94.85 วัตต์ เมื่อนำค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากทั้ง 2 จุด มาหักลบกัน จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของวงจรเท่ากับ 19.15 วัตต์ และสามารถคำนวณค่า

ประสิทธิภาพของวงจรไดร์้อยละ 83.20 การใช้งานวงจรซอฟต์แวร์และวงจรทระดับแรงดัน สามารถลดกระแสพุ่งเข้าและปรับค่าตัวประกอบกำลังของวงจรได้ โดยค่าตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าเท่ากับ 0.95 lagging แต่เนื่องจากอุปกรณ์ในวงจรและโหลดมีค่าความเหนี่ยวนำแฝงอยู่ วงจรจึงมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเพียง 0.95 lagging ซึ่งต้องปรับปรุงให้สูงขึ้นต่อไป สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายและเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 19

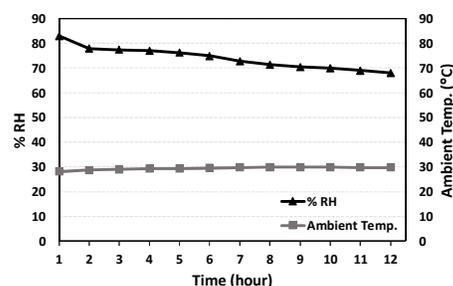


ภาพที่ 19 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายและเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้น พบว่าเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบขนาด 4.70 x 6.80 x 3.30 เมตร ลงได้และสามารถควบคุมความชื้นภายในห้องไม่ให้เปลี่ยนแปลงตามความชื้นของสภาพแวดล้อมด้านนอกได้ อุณหภูมิของห้องทดสอบเมื่อเริ่มทำการทดลองอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส จากการทดลองความชื้นในอากาศจะเริ่มจับ

ตัวเป็นหยดน้ำที่ครีบอลูมิเนียมด้านเย็นของเครื่องเมื่อเวลาผ่านไป 15-20 นาที และหลังจากนั้นประมาณ 20-25 นาที ใอน้ำที่ก่อตัวขึ้นจะหยดลงสู่ถาดรองน้ำ ทำการทดลองลดความชื้นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เครื่องสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดสอบลงเหลือร้อยละ 15 (ดูภาพที่ 20) ปริมาณน้ำที่ได้จากการลดความชื้น 425 กรัม สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายที่สร้างขึ้นสามารถจ่ายไฟให้เครื่องลดความชื้นทำงานได้อย่างต่อเนื่องและปกติ โดยความร้อนของอุปกรณ์ในวงจรที่วัดได้มีค่าไม่เกินจุดวิกฤตและไม่มีอุปกรณ์ใดเสียหาย



ภาพที่ 20 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องที่บันทึกได้ขณะทำการทดลองระยะเวลา 12 ชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้จากงบประมาณเงินรายได้ของมหาวิทยาลัย ประจำปี พ.ศ. 2562 ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. อ้างอิง

- [1] Comfort Zone for Conditioned Space [Internet] . [cited 2019 March 30] . Available form: <http://www.air-conditioner>

- selection. com/ comfort- zone- air-conditioner-sizing.html.
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ความชื้นสัมพัทธ์ [เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน 2562] จาก: <http://www.tmd.go.th/info>.
- [3] Sonntag D. Important New Values of the Physical Constants of 1986. Vapour Pressure Formulations based on the IST-90 and Psychrometer Formulae. Z. Meteorol. 1990:340-44.
- [4] Muhammad H. Rashid. Power Electronics Handbook. California USA. Academic Press; 2001.
- [5] Brown M. , Practical Switching Power Supply Design. California USA. Academic Press; 1990.
- [6] Daniel W. H. Switching Power Supply Design. USA. McGraw-Hill; 2011.