



เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปีการศึกษา 2564



เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



Thermoelectric Dehumidifier

Narongrit Yangsuay

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Graduate Study, Faculty of Engineering

Southeast Asia University

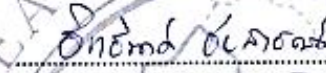
Academic Year 2021

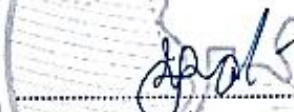
Copyright by Southeast Asia University

ชื่อวิทยานิพนธ์	เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก
ชื่อนักศึกษา	นายณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย
รหัสนักศึกษา	6344010005
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.บุญเลิศ สือเฉย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รศ. วิทยุณู แสงสินกสิกิจ)

 กรรมการ
(รศ. ดร. อธิพงศ์ ชัยสายัณห์)

 กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
(รศ. ดร. บุญเลิศ สือเฉย)

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์

 คณบดี
(ดร. ภาณุวัฒน์ แตระกุล)

วันที่สอบ: 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

Thesis Title Thermoelectric Dehumidifier
Student Name Mr.Narongrit Yangsuay
Student ID 6344010005
Thesis Advisor Assoc. Prof. Dr.Boonlert Suechoey

Examining Committee

W. Sawaengsinkasikit Chairman
(Assoc. Prof. Winyu Sawaengsinkasikit)

Ittipong Chaisayun Member
(Assoc. Prof. Dr. Ittipong Chaisayun)

Boonlert Member (Thesis Advisor)
(Assoc. Prof. Dr.Boonlert Suechoey)

This Thesis has been approved to be a Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Graduate Study, Faculty of Engineering

Panuwat Taerakul Dean
(Dr.Panuwat Taerakul)

Examination Date: July 20, 2022

ชื่อวิทยานิพนธ์	เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก
ชื่อนักศึกษา	นายณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย
รหัสนักศึกษา	6344010005
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.บุญเลิศ สือเฉย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ ที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1.12710 จำนวน 4 โมดูล ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งกับเครื่องระบายความร้อนแบบครีป ที่มีลักษณะเป็นครีบอลูมิเนียมสีเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด $94 \times 51 \times 305$ มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน และด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก จะระบายความร้อนด้วยฮีตปั๊ม ขนาด $85 \times 38 \times 87$ มิลลิเมตร และติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 4 ชุด ซึ่งการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็นและด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้การถ่ายเทความร้อนแบบบังคับโดยการติดตั้งพัดลม ทำการทดสอบเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นภายในห้องปิด โดยเปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 1 วัน จากผลการทดลองที่เกิดขึ้นพบว่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 3.65 แอมแปร์ สามารถลดความชื้นภายในห้อง 0.840 กิโลกรัมต่อวัน โดยที่เสียค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า 12 บาทต่อวัน

Thesis Title	Thermoelectric Dehumidifier
Student Name	Narongrit Yangsuay
Student ID	6344010005
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Boonlert Suechoey

Abstract

This thesis presents a prototype of thermoelectric dehumidifier which use the 4 thermoelectric modules (TEC1.12710). The cold side of the thermoelectric module was mounted on an aluminum heatsink that has 94 x 51 x 305 millimeter dimension. The hot side of the thermoelectric was install a heat pipe heat exchanger on each module. The dimension of heat pipe are 85 x 38 x 87 millimeter and cooling by 3 inch ventilation fan. The hot side and cold side of the thermoelectric module was exchange heat by force convection. The testing of thermoelectric dehumidifier was experiment in closed chamber and operate the dehumidifier on 24 hour. The experiment results, the optimum performance were obtained when supplied 3.65 A electrical current to the thermoelectric modules and the thermoelectric dehumidifier reduced room moisture about 0.840 kg per day. The electricity cost was only 12 bath/day.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือ ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเลิศ สือเฉย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณามอบหมายงานวิจัยอันเป็นประโยชน์ ได้อุทิศความรู้ ความสามารถ ให้คำปรึกษาแนะนำ และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

คณาจารย์ประจำหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ทุกท่านที่ให้ความรู้จากการเข้าเรียนในรายวิชาบัณฑิตศึกษา ถ่ายทอดประสบการณ์อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

เพื่อน พี่ น้อง หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดเวลาที่ผู้วิจัยได้ศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์แห่งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ขอขอบคุณครอบครัว พี่ชาย พี่สาว และน้องชาย ที่สนับสนุน ส่งเสริม และให้กำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

นายณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก.....	4
2.2 วงจรสร้างสัญญาณขับสวิตช์ (Pulse Width Modulation).....	9
2.3 ไอจีบีที (Isulated Gate Biopolar Transistor : IGBT).....	11
2.4 วงจรโทเท็มโพล(Totem Pole).....	13
2.5 ภาควายไฟ.....	14
2.6 ฟิวส์ (Fuse).....	17
2.7 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple).....	18
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น.....	18
2.10 ฮีตซิงก์ (Heat Sink).....	20
2.11 อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน หรือฮีตไปป์ (Heat Pipe).....	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 วิธีการดำเนินโครงการ.....	24
3.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	29
3.3 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปขับสวิตช์.....	29
3.4 การออกแบบวงจรขยายเพื่อใช้ขับเกท.....	30
3.5 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter).....	31
3.6 เครื่องลดความชื้นที่ทำการทดสอบ.....	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	36
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บผลของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	36
4.2 ผลการทดลองขณะจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก.....	37
4.3 ผลการทดลองใช้งานจริง.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	55
5.2 ปัญหาและการแก้ปัญหา.....	55
5.3 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่นๆ	56
เอกสารอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก.....	58
ภาคผนวก ข บทความวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่.....	62
ประวัติผู้เขียน.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้งาน.....	9
3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	34
4.1 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 24 V.....	37
4.2 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 36 V.....	40
4.3 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 48 V.....	42
4.4 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม.....	45
4.5 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน.....	45
4.6 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 1.....	46
4.7 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2.....	47
4.8 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 3.....	49
4.9 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 4.....	50
4.10 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 5.....	51
4.11 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 6.....	52

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 อุณหภูมิและความชื้นแบบแบ่งโซนของประเทศไทย.....	2
2.1 ปฏิกิริยาการแผ่รังสีของซีเบค.....	4
2.2 ปฏิกิริยาการแผ่รังสีของเพลทีเยอร์.....	4
2.3 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล.....	5
2.4 การเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำ.....	6
2.5 กราฟความสัมพันธ์ของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบค.....	7
2.6 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะทำความเย็น.....	8
2.7 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะทำความร้อน.....	8
2.8 ภาพมองด้านบนของ TL494.....	10
2.9 โครงสร้างของ TL494.....	11
2.10 สัญลักษณ์ไอจีบีที.....	12
2.11 สัญญาณพัลส์ที่นำไปขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดการนำกระแสและไม่นำกระแส.....	13
2.12 วงจรโทเท็มโพล.....	13
2.13 การทำงานของวงจรโทเท็มโพล.....	14
2.14 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์.....	15
2.15 รูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์.....	16
2.16 ฮีตซิงค์.....	21
2.17 โครงสร้างของฮีตไปป์.....	22
2.18 ฮีตไปป์ที่นำมาใช้งาน.....	22
3.1 แผนผังการปฏิบัติงาน.....	23
3.1 แผนผังการปฏิบัติงาน(ต่อ)	24
3.2 การออกแบบเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	25
3.3 ขนาดของเครื่องลดความชื้น.....	26
3.4 เครื่องลดความชื้นที่ทำการออกแบบ.....	26
3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้น.....	27
3.6 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม.....	28
3.7 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน.....	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.8 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	29
3.9 การต่อใช้งานไอซี TL494.....	30
3.10 วงจรโทเท็มโพลที่ใช้งาน.....	31
3.11 วงจรขับเกทของสวิตช์.....	31
3.12 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ของเครื่องลดความชื้น.....	33
3.13 การทดสอบเครื่องลดความชื้นและวัดสัญญาณของวงจรต่างๆ.....	34
3.14 วงจรที่ใช้ในการทดลองเครื่องลดความชื้น.....	35
4.1 วงจรรวมเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	37
4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 24 V.....	39
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 36 V.....	42
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 48 V	44
4.5 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความชื้น ครั้งที่ 1.....	47
4.6 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความชื้น ครั้งที่ 2.....	49
4.7 น้ำเริ่มมีการต่อตัวขึ้นที่ซิงก์.....	53
4.8 น้ำเริ่มหยดลงจากซิงก์.....	53
4.9 หยดน้ำที่ได้จากการทดสอบเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	53
4.10 ปริมาณน้ำที่ได้จากการลดความชื้น.....	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

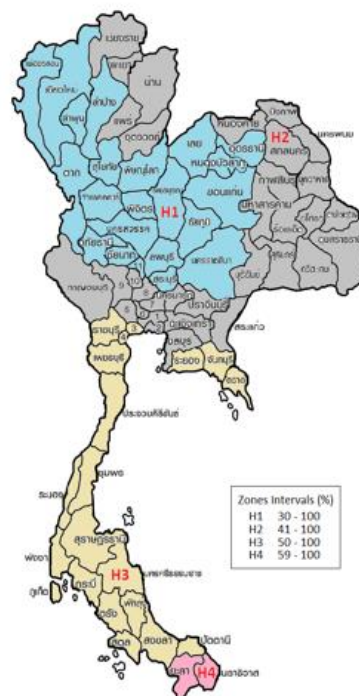
ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ภูมิอากาศ ของประเทศมีลักษณะเป็นแบบร้อนชื้นหรือภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามการแบ่งเขตภูมิอากาศแบบเคิเพิน ในขณะที่ภาคใต้และทางตะวันออกสุดของภาคตะวันออกเป็นเขตภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (Am) ทั่วประเทศมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 19.38 องศาเซลเซียส อากาศจะร้อนที่สุดช่วงกลางเดือนเมษายน หลังจากนั้น ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ประเทศไทย เข้าสู่ฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ พื้นที่ทั้งประเทศได้รับปริมาณฝนอย่างเพียงพอ ยกเว้นบางพื้นที่เท่านั้น แต่ระยะเวลาของฤดูฝนและปริมาณฝนมีความแตกต่างกันไปตามภูมิภาคและระดับความสูง

การลดความชื้นในอากาศสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องลดความชื้นซึ่งเป็นแบบระบบอัดไอ หรือการใช้สารดูดความชื้น แต่จากวิธีการดังกล่าวยังมีข้อเสียที่ยากแก่การแก้ปัญหาขึ้นหลายอย่าง สำหรับเครื่องลดความชื้นซึ่งเป็นแบบระบบอัดไอ ข้อเสียที่เกิดขึ้น คือในขณะที่ทำงานมีเสียงดัง การสั่นสะเทือนของเครื่องอัด ขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก และการรั่วซึมของสารทำงานซึ่งจะมีองค์ประกอบของสาร CFCs โดยสาร CFCs เป็นสารที่มีความเสถียรสูงมาก สามารถที่จะคงอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นเวลานาน 100.200 ปี ก่อนจะสลายตัว และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสารดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับโอโซนในชั้นบรรยากาศได้เป็นอย่างดี ทำให้ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลงเกิดรอยโหว่ของโอโซนขึ้น เป็นผลให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตราย ตกกระทบพื้นโลกเป็นปริมาณมากขึ้นสำหรับการใช้สารดูดความชื้น ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ต้องมีการดึงความชื้นออกจากสารดูดความชื้นเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแต่ผลที่ตามมา คือ อากาศจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

จากที่มาและความสำคัญข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการลดความชื้นของอากาศ โดยการนำอากาศที่ต้องการลดความชื้นผ่านด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก อากาศที่ได้จะมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง และที่สำคัญเทอร์โมอิเล็กทริกยังมีข้อดีต่างๆ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ทำให้ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก มีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องใช้สารทำงานที่มีส่วนประกอบของสาร CFCs สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย และยังมีขนาดกะทัดรัด จะเห็นได้จากผลการทดสอบ ว่าการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องลดความชื้นแบบอัดไอได้ ระบบดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะทำการวิจัยและออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะภูมิอากาศในประเทศไทย ดังภาพที่ 1.1



(ก) โซนอุณหภูมิของประเทศไทย



(ข) โซนความชื้นของประเทศไทย

ภาพที่ 1.1 อุณหภูมิและความชื้นแบบแบ่งโซนของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบเครื่องลดความชื้นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

1.2.2 เพื่อออกแบบวงจรกำลังสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ทำการทดลองโดยการลดความชื้นภายในห้องปิด มีขนาด 4.70 x 6.82 x 3.30 m. โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก คู่ลิ้งโมดูล รุ่น TEC1.12710 ขนาด 40 x 40 mm. จำนวน 4 ตัว

1.3.2 สามารถลดความชื้นภายในห้องปิดลงได้ 15%RH

1.3.3 ทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของเทอร์โมอิเล็กทริก

1.3.4 เปรียบเทียบการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกของเครื่องลดความชื้นแบบอนุกรมและแบบขนาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

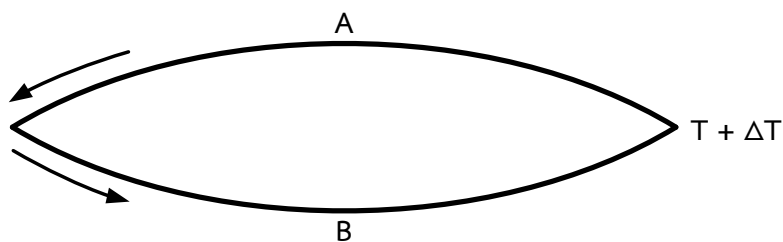
- 1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องลดความชื้น
- 1.4.2 ลดปริมาณการใช้สาร CFC_s เพื่อลดปัญหาการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก
- 1.4.3 เป็นการลดปัญหาที่แก้ไขได้ยากในเครื่องลดความชื้นแบบเก่า เช่น ระดับของเสียงที่ดังมาก การสั่นสะเทือนของเครื่องอัด ขนาดที่ใหญ่ และมีน้ำหนักมาก
- 1.4.4 ประหยัดพลังงาน

บทที่ 2

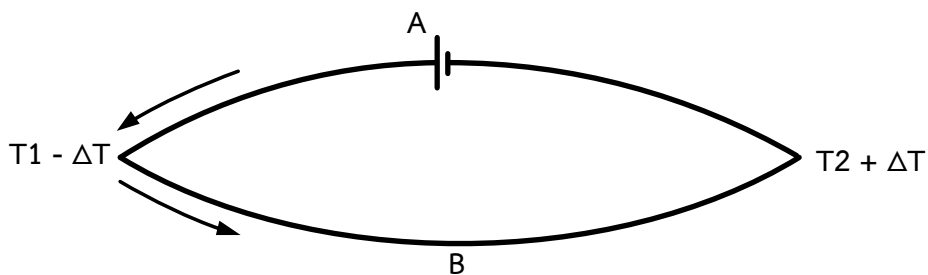
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

ในปี พ.ศ. 2364 โทมัส โจแฮนน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ค้นพบว่า เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อของตัวนำสองชนิดจะทำให้เกิดไฟฟ้าไหลในวงจรปิดซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) ดังภาพที่ 2.1 ต่อมาในปี พ.ศ. 2377 ยีน เพลทีเยอร์ ชาร์เลสอะธานาส (Jean Charle Athanase Peltier) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ค้นพบว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำสองชนิดที่ต่อกัน จะมีความร้อนเกิดขึ้นที่รอยต่อของตัวนำสองชนิด ความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (Peltier Effect) ดังภาพที่ 2.2



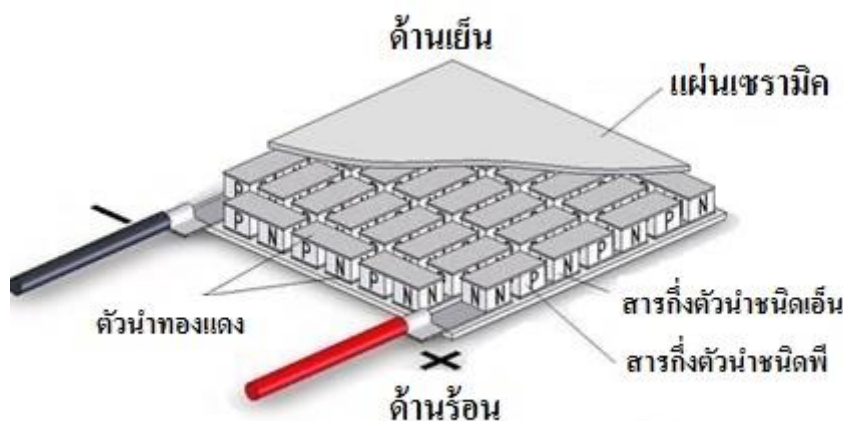
ภาพที่ 2.1 ปรากฏการณ์ซีเบค



ภาพที่ 2.2 ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์

จากการค้นพบปรากฏการณ์ทั้งสองได้ถูกนำมาพัฒนาจนกระทั่งได้ขึ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วย ตัวนำสองชนิดที่ต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้า และขนานกันทางความร้อน ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ถูกเรียกต่อมาว่า เทอร์โมอิเล็กทริก 20 ปีต่อมาได้มีการค้นพบว่า เมื่อนำสารกึ่ง

ตัวนำมาใช้แทนสารตัวนำในการสร้างเทอร์โมอิเล็กทริกจะให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานสูงจากนั้นมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกจึงกลายเป็นหัวข้อวิจัยใหม่ที่น่าสนใจในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น จนถึงปัจจุบัน ดังภาพที่ 2.3



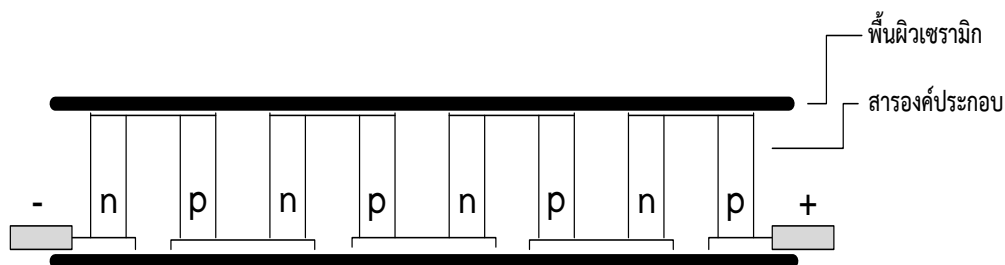
ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

2.1.1 ประเภทของเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกแบ่งการทำงานได้เป็น 2 โหมดดังนี้

1) โหมดผลิตไฟฟ้า ทำงานได้โดยให้ความต่างของอุณหภูมิบนแผ่นเซรามิกด้านบนและล่างทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากพาหะเอ็นและพีในสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นซึ่งมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอน (Electron) หรือประจุลบ เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่างการไหลของความร้อนจะทำให้เกิดการไหลของพาหะข้างมากเหล่านั้น อิเล็กตรอนจะไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีพาหะข้างมากเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง โฮลนั้นก็ไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง เช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจึงไหลตามกันไปทิศเดียวกัน

2) โหมดผลิตความเย็นด้วยไฟฟ้า การทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นเมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรง เข้าไปในสารกึ่งตัวนำชนิดพี และชนิดเอ็น 1 คู่ อุณหภูมิด้านเย็นที่จุดเชื่อมต่อจะลดลง จะมีการดูดกลืนความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ความร้อนที่ถูกดูดกลืนนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากชั้นที่มีพลังงานต่ำในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ไปสู่ชั้นที่มีพลังงานสูงในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ความร้อนที่ถูกดูดกลืนจะเคลื่อนที่ผ่านไปอีกด้านหนึ่งของจุดเชื่อมต่อที่มีอุณหภูมิด้านร้อน ด้วยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และจะปล่อยความร้อน อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่กลับเข้าสู่ชั้นที่มีพลังงานต่ำในสารกึ่งตัวนำชนิดพี โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “เพลเทียร์เอฟเฟกต์” [5] ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำ

สารประกอบที่ใช้ในการผลิตเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

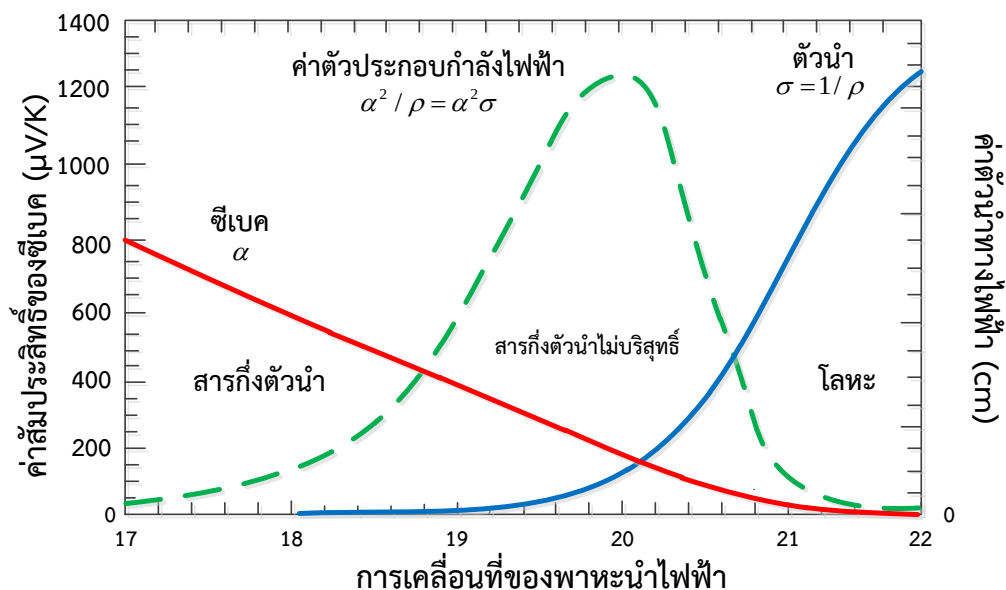
Cooling Module

- Bismuth Telluride (Bi_2Te_3)
- Bismuth Antimony (BiSb)
- Lead Telluride (PbTe)

Power Module

- Silicon Germanium (SiGe)

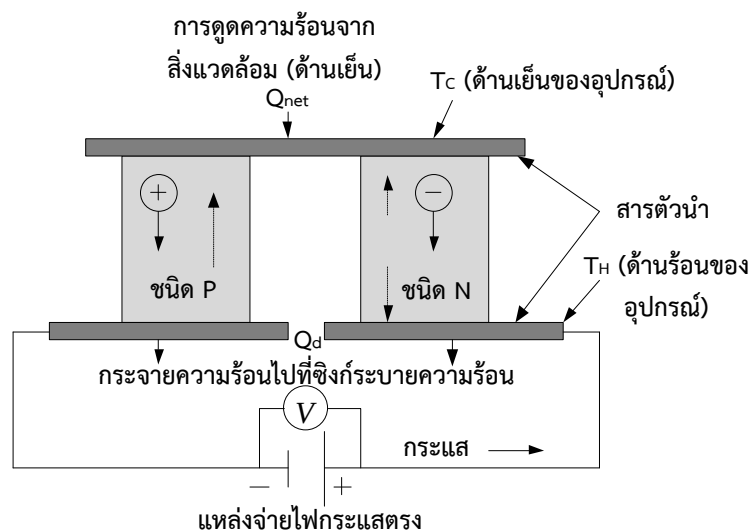
สารประกอบที่กล่าวมาข้างต้น เป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ให้ค่า Figure of Merit ดีที่สุดขณะนั้นอย่างเด่นชัด ในช่วงอุณหภูมิใช้งาน 3 ช่วง โดยโลหะผสม Bi_2Te_3 เหมาะกับการนำมาใช้ในระบบทำความเย็นและระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานระหว่าง 180 K (-93°C) ถึง 450 K (177°C) ส่วนวัสดุ PbTe และ SiGe ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งความร้อนที่เหลือทิ้งเกรดสูง และในยานอวกาศซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 500 K (227°C) ถึง 900 K (627°C) และตั้งแต่ 800 K (527°C) ถึง 1300 K (1027°C) ตามลำดับในรูปที่ 2.5 เป็นเส้นกราฟเปรียบเทียบค่า Power Factor และสัมประสิทธิ์ของซีเบ็คระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ จะเห็นว่าสารกึ่งตัวนำให้ค่า Power Factor สูงกว่าโลหะ (Metal) โดยสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่ที่ใช้ได้แก่ Bi_2Te_3 , BiSb , PbTe และ SiGe เป็นต้นค่า Power Factor จะสูงที่สุดถ้าวัสดุเป็น Semimetal (Metal Alloys) หรือ Heavily Doped Semiconductor ดังภาพที่ 2.5



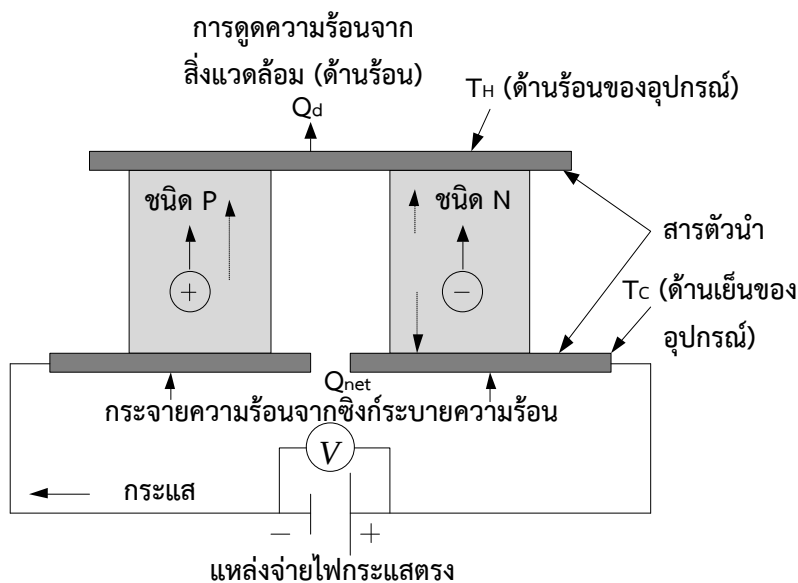
ภาพที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบค

2.1.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานที่ทำจากสารกึ่งตัวนำที่สามารถสร้างความเย็น และสร้างความร้อนได้ จากปรากฏการณ์เพลเทียร์ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น หลักการทำงานของอุปกรณ์มีดังนี้ เมื่อให้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current) ไหลผ่านสารกึ่งตัวนำสองชนิด (ชนิด N และ P) ที่อยู่ภายในอุปกรณ์ ด้านหนึ่งของอุปกรณ์จะเย็น (Cold End) และอีกด้านหนึ่งของอุปกรณ์จะร้อน (Hot End) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 อุณหภูมิทางด้านเย็น (T_c) จะลดลง ในขณะที่ความร้อนจะถูกดูดจากสิ่งแวดล้อมดูดความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกทางด้านเย็นจะไปกระตุ้นทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำชนิด P ที่มีระดับพลังงานต่ำกว่าไปยังสารกึ่งตัวนำชนิด N ที่มีระดับพลังงานสูงกว่า และปล่อยความร้อนที่อิเล็กตรอนได้รับทางด้านร้อนของอุปกรณ์ ในทางตรงกันข้าม ถ้าเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกจะกลายเป็นด้านร้อน ส่วนด้านร้อนนั้นจะกลายเป็นด้านเย็น ดังแสดงในภาพที่ 2.6 สำหรับความสามารถในการทำความเย็นของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าน้อยเมื่อเทียบการทำความร้อน เนื่องจากความเย็นที่ผลิตได้ถูกลดทอนจากความร้อนไหลย้อนกลับที่เกิดจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็น (Conducted Heat) และความร้อนที่เกิดจากความต้านทานไฟฟ้า (Joule Heat) [6]



ภาพที่ 2.6 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะทำความเย็น



ภาพที่ 2.7 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะทำความร้อน

จากภาพที่ 2.7 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกนั้นยังสามารถผันความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีก ด้วยจากปรากฏการณ์ซีเบคที่กล่าวไปแล้ว หลักการทำงานของอุปกรณ์เพื่อเปลี่ยน ความร้อนเป็น ไฟฟ้ามีดังนี้ เมื่อให้แหล่งความร้อนที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ความร้อนที่เทอร์โมอิเล็กทริก ได้รับจะไปกระตุ้นการไหลของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำ จึงทำให้เกิดกระแสไหลภายในวงจรเมื่อ ต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าจะทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น

2.1.3 รายละเอียดของเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้

เทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้สั่งซื้อมาจากบริษัท Thermonamic Electronics Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd. ซึ่งเป็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เป็นโหมดทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1.12710 ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้งาน

คุณสมบัติ	อุณหภูมิทางด้านร้อน	
	25 (°C)	50 (°C)
กำลังไฟฟ้าสูงสุด (W)	85	96
Delta Tmax (°C)	66	75
กระแสสูงสุด (A)	10.5	10.5
แรงดันสูงสุด (V)	15.2	17.4
ความต้านทานของโมดูล (Ω)	1.08	1.24

2.2 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulation)

วงจรสร้างสัญญาณพัลส์จะเป็นวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ และส่งสัญญาณพัลส์ไปขยายต่อที่วงจรโทเท็มโพล แล้วนำไปขับสวิตช์

2.2.1. ลักษณะการทำงานของวงจรขับสวิตช์

ลักษณะการทำงานของพัลส์วิดมอดูเลชั่น โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

- 1) เปลี่ยนแปลงทั้งความถี่ และความกว้างของพัลส์ (Variation of Both Frequency and Pulse Width)
- 2) เปลี่ยนแปลงความถี่ โดยความกว้างของพัลส์คงที่ (Constant Pulse Width with Variable Frequency)
- 3) เปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ โดยความถี่คงที่ (Constant Frequency with Variable Pulse Width)

การทำงานทั้ง 3 ลักษณะนี้มีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกันออกไป การทำงานในลักษณะที่ 2 และลักษณะที่ 3 จะดีกว่าลักษณะที่ 1 เนื่องจากความสามารถกำหนดความถี่หรือช่วงเวลา t_{on} ที่จะทำให้สวิตช์เรกกูเลเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้ แต่แบบที่ 1 นั้นความถี่ ความกว้างของพัลส์เกิดขึ้นเองจากวงจร จึงอาจจะไม่ใช้ความถี่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงานก็ได้ ดังนั้นวงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิด ส่วนใหญ่จึงใช้การทำงานในลักษณะที่ 2 หรือลักษณะที่ 3 เสียเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันวงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิด โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ ได้ถูกพัฒนาให้เป็นวงจรสำเร็จรูปในไอซี (IC) ตัวเดียว เหมาะสำหรับใช้งานด้านแหล่งจ่ายไฟตรง ซึ่งการใช้งานไอซีเหล่านี้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอกเพียงเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดจุดการทำงานของพัลส์วิด

มอดูเลชันนั้น เพื่อให้การทำงานของแหล่งจ่ายไฟตรงสวิตซ์ซึ่งซึ่งมีความสมบูรณ์มากขึ้น อาจจะมีการเพิ่มเติมวงจรของระบบต่างๆ เช่น วงจรเปรียบเทียบสำหรับป้องกันกระแส เป็นต้น

2.2.2 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ TL494

TL494 เป็นวงจรที่รวมฟังก์ชันทุกอย่างที่ต้องการในการสร้างวงจรปรับ Pulse – Width – Modulation (PWM) ในชิปเพียงตัวเดียว ซึ่งหลักการทำงานของ PWM คือการปรับความกว้างของลูกคลื่นพัลส์ในขณะที่มีความถี่คงที่ วงจร TL494 สามารถปรับค่า Dead –Time . Control (DTC) ของสัญญาณได้ และสามารถกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณได้ตั้งแต่ 1.300 Hz โดยต่อ R_T กับ C_T เข้ากับวงจรการคำนวณหา R_T กับ C_T เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการได้ตามสมการที่ (2.1)

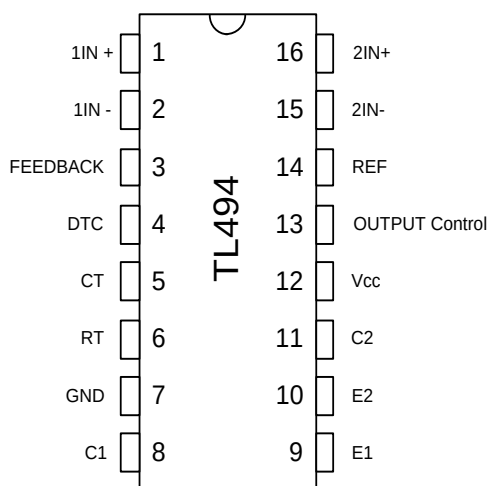
$$f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \times C_T} \quad (2.1)$$

โดยที่

f_{osc} = ความถี่ในระบบไฟฟ้า (Hz)

R_T = ตัวต้านทาน (Ω)

C_T = ขนาดของคาปาซิเตอร์ (F)

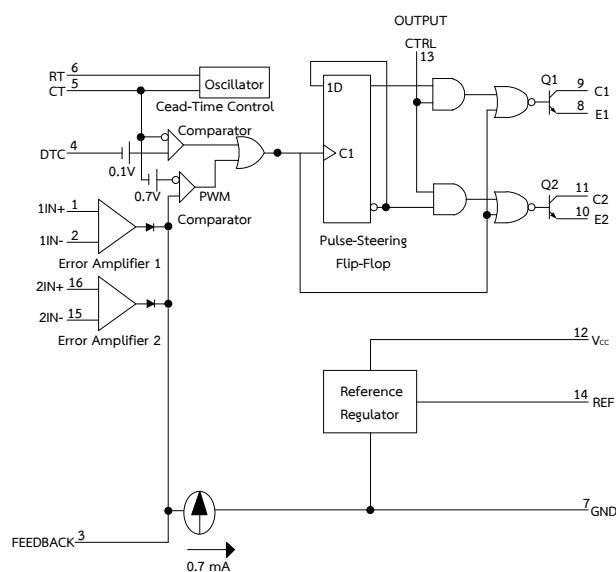


ภาพที่ 2.8 ภาพมองด้านบนของ TL494

หน้าที่แต่ละขาของ TL494 มีหน้าที่ดังนี้

- ขาที่ 1 คือ ขาที่ต่อกับขั้วบวกของ Error Amplifier ตัวที่ 1
- ขาที่ 2 คือ ขาที่ต่อกับขั้วลบของ Error Amplifier ตัวที่ 1
- ขาที่ 3 คือ ขา Feedback มีหน้าที่นำค่าที่วัดได้จากเอาต์พุตมาคำนวณการควบคุม
- ขาที่ 4 คือ ขาที่ใช้ควบคุมค่า Dead time ของสัญญาณ

- ขาที่ 5 คือ ขา C_T ใช้เปรียบเทียบกับเพื่อปรับความถี่ของสัญญาณ
- ขาที่ 6 คือ ขา R_T ใช้เปรียบเทียบกับเพื่อปรับความถี่ของสัญญาณ
- ขาที่ 7 คือ ขากราวด์ของวงจร
- ขาที่ 8 คือ ขา Collector ของทรานซิสเตอร์ตัวที่หนึ่ง
- ขาที่ 9 คือ ขา Emitter ของทรานซิสเตอร์ตัวที่หนึ่ง
- ขาที่ 10 คือ ขา Emitter ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง
- ขาที่ 11 คือ ขา Collector ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง
- ขาที่ 12 คือ ขาไฟเลี้ยงของวงจร
- ขาที่ 13 คือ ขาที่รับสัญญาณควบคุมมาเพื่อขับเอาต์พุตของวงจร
- ขาที่ 14 คือ ขาที่จ่ายไฟ Reference ออกมาประมาณ 4.75.5.25 V
- ขาที่ 15 คือ ขาที่ต่อกับขั้วลบของ Error Amplifier ตัวที่ 2
- ขาที่ 16 คือ ขาที่ต่อกับขั้วบวกของ Error Amplifier ตัวที่ 2



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของ TL494

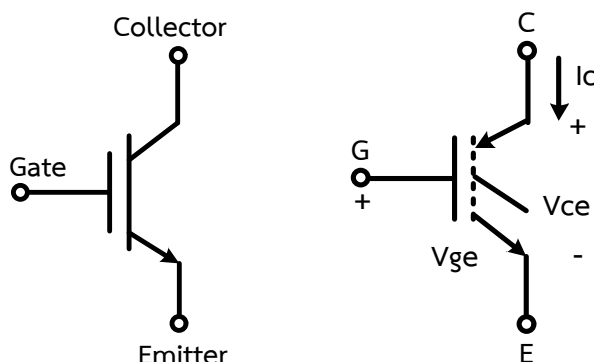
2.3 ไอจีบีที (Isulated Gate Biopolar Transistor : IGBT)

ไอจีบีทีจัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่สามารถควบคุมให้นำกระแสและควบคุมให้หยุดนำกระแสได้โดยการควบคุมจากแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกต ดังภาพที่ 2.10 ไอจีบีทีมีสัญลักษณ์และคุณลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะสภาวะอยู่ตัว

ไอจีบีทีได้รวบรวมข้อดีของมอสเฟตกำลัง ทรานซิสเตอร์กำลังและจีโอไธริสเตอร์มารวมอยู่ด้วยกัน คือ ไอจีบีทีจะมีค่าอิมพีแดนซ์ขาเกตที่มีค่าสูงคล้ายมอสเฟตกำลัง ซึ่งต้องการพลังงานน้อยมากในการควบคุมการสวิตช์ ควบคุมการนำและหยุดนำกระแสด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกต รวมทั้งสามารถใช้งาน การสวิตช์ซึ่งความถี่สูง

ไอจีบีทีจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำ คล้ายทรานซิสเตอร์กำลัง ซึ่งมีค่า 2.3 V สำหรับพิกัดแรงดันไฟฟ้า 1000 V นอกจากนั้นไอจีบีทีจะออกแบบให้ทนแรงดันไฟด้านลบได้ คล้ายกับจีทีโอไธริสเตอร์

ไอจีบีทีจะมีช่วงเวลานำกระแสและหยุดนำกระแสมีค่าประมาณ 1 ไมโครวินาที มีขนาดพิกัดกระแสถึง 2000 A และพิกัดแรงดันไฟ 5000 V



ภาพที่ 2.10 สัญลักษณ์ไอจีบีที

2.3.1 การขับเกตไอจีบีที

ลักษณะคุณสมบัติทางด้านเข้าของไอจีบีทีจะถูกควบคุมด้วยแรงดันเกต โดยแรงดันเกตจะมีการจำกัดไว้ตาม รายละเอียดข้อมูล ของอุปกรณ์แต่ละรุ่น เพราะถ้าหากมีแรงดันเกต (V_{GS}) มากเกินไปอาจทำให้ฉนวนชั้นที่เคลือบไอจีบีทีถึงเสียหายได้ เนื่องจากเกตของไอจีบีทีจะถูกแยกออกจากช่องนำกระแสด้วยชั้นบางๆ ของซิลิคอน (Silicon Dioxide) โดยแรงดันเกตสูงสุดจะมีค่า 20 V และแรงดันขับเกตจะต้องออกมาจากวงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลชัน เพื่อให้ไอจีบีทีสามารถมีช่วงนำกระแสและไม่นำกระแสซึ่งจะเหมือนกับสวิตช์ตัวหนึ่ง ทั้งนี้เราเปิดวงจรเอาไว้ตัวเก็บประจุด้านขาเข้าของไอจีบีทีอาจถูกชาร์จโดยกระแสรั่วไหล (Leakage Current) ทำให้แรงดันระหว่างเกตกับซอร์สมีค่าสูงกว่า V_{GS} ซึ่งทำให้ไอจีบีทีนำกระแสได้ ดังนั้นความต้านทานระหว่างเกตกับซอร์สจะเป็นทางผ่านของกระแสรั่วไหล และรักษาไม่ให้แรงดันระหว่างเกตกับซอร์สไม่ให้สูงกว่า V_{GS}

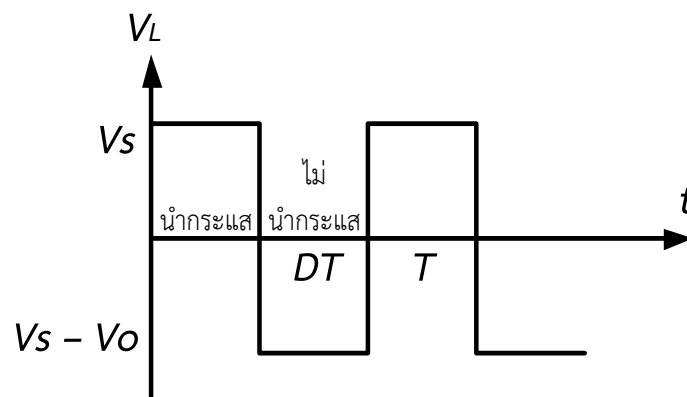
2.3.2 วงจรขับเกตสำหรับไอจีบีที

วงจรขับขาเกตของตัวไอจีบีทีจะต้องสามารถจ่ายกระแส (Sourcing) และดึงกระแส (sinking) ได้อย่างรวดเร็วเพื่อจะให้ไอจีบีทีสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูง ถ้าสัญญาณด้านเข้าได้รับแรงดันจากอุปกรณ์ลอจิกดิจิทัลแรงดันต่ำ แรงดันด้านออกอาจจะไม่เพียงพอที่จะขับให้สวิตช์นำกระแสได้ จึงต้องมีการปรับปรุงวงจรขับ ด้วยการใช้วงจรโทเท็มโพล (Totem Pole) ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบด้วยคู่ไบโพล่าทรานซิสเตอร์แบบ NPN และ PNP สำหรับการทำงานของวงจรขับเกต เมื่อแรงดันด้านเข้าของวงจรขับเกตมีค่าสูง ทรานซิสเตอร์ Q1 จะเริ่มนำกระแสและทรานซิสเตอร์ Q2 ไม่นำกระแส เป็นผลทำให้สวิตช์เริ่มนำกระแส และเมื่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าของวงจรขับเกตมีค่าต่ำ

ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไม่นำกระแสและทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแส ซึ่งจะเป็นการย้ายประจุจากขาเกท เป็นผลทำให้สวิตช์เริ่มหยุดนำกระแสได้

2.3.3 สัญญาณขับเกทไอจีบีที

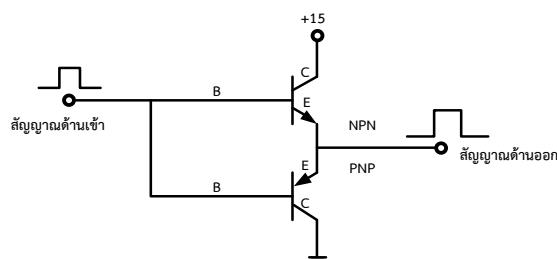
การที่จะทำให้ไอจีบีทีทำงานหรือสวิตช์ได้นั้น สัญญาณที่เข้าขาเกทของไอจีบีที ดังภาพที่ 2.11 จะต้องมีความถี่สัญญาณที่มีลักษณะที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square) ยิ่งเป็นสี่เหลี่ยมที่มีความเหลื่อมมากๆ ก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นเพราะสามารถที่จะนำกระแสและไม่นำกระแสได้อย่างสนิท ทำให้ตัวไอจีบีทีไม่เกิดความร้อน



ภาพที่ 2.11 สัญญาณพัลส์ที่นำไปขับเกทเพื่อให้เกิดการนำกระแสและไม่นำกระแส

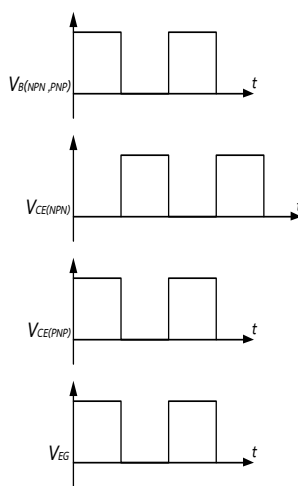
2.4 วงจรโทเท็มโพล (Totem Pole)

วงจรโทเท็มโพลเป็นวงจรขับเกทเป็นวงจรที่สำคัญวงจรหนึ่งที่ใช้เป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างภาคควบคุมกับวงจรกำลัง เพื่อใช้ขับขาเกทไอจีบีทีอีกทีหนึ่ง วงจรขับขาเกทจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณวงจรพัลส์ที่มอดูเลชั่นโดยผ่านตัวแยกสัญญาณ สัญญาณที่ออกมาจะนำไปขับให้โมดูลทำงาน



ภาพที่ 2.12 วงจรโทเท็มโพล

จากภาพที่ 2.12 วงจรโทเท็มโพลนั้นจะต่อด้วยไพลาร์ทรานซิสเตอร์ด้วยกันสองชนิดคือ NPN และ PNP การทำงานของวงจรนั้น เมื่อแรงดันด้านเข้าของวงจรขั้วเกทมีค่าสูงทรานซิสเตอร์ Q_1 จะเริ่มนำกระแสและทรานซิสเตอร์ Q_2 ไม่นำกระแส เป็นผลทำให้มอเตอร์กำลังเริ่มนำกระแสและเมื่อแรงดันด้านเข้าของวงจรขั้วเกทมีค่าต่ำทรานซิสเตอร์ Q_1 จะไม่นำกระแสและทรานซิสเตอร์ Q_2 จะนำกระแส ซึ่งจะเป็นการย้ายประจุจากขาเกทเป็นผลทำให้ไอจีบีทีนั้นเริ่มหยุดนำกระแสได้ ดังภาพที่ 2.13



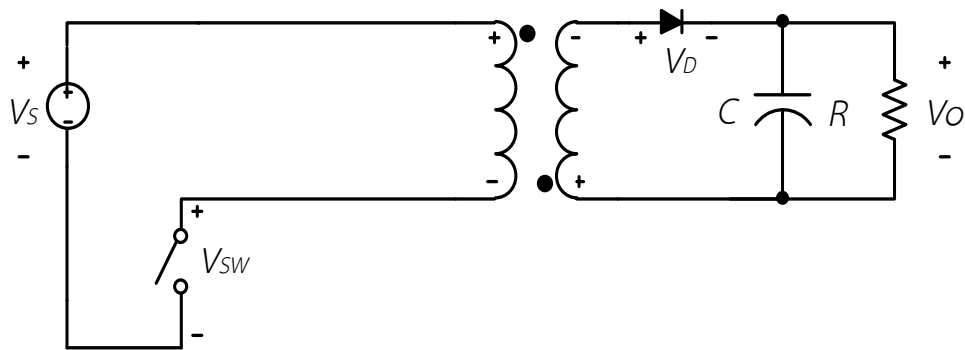
ภาพที่ 2.13 การทำงานของวงจรโทเท็มโพล

2.5 ภาคจ่ายไฟ

วงจรที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งหมด ยกเว้นภาคกำลังสวิตช์ที่เป็นไอจีบีที เพราะชุดนี้รับไฟจากแหล่งจ่ายโดยตรง ซึ่งภาคจ่ายไฟของแหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ ซึ่งภาคจ่ายไฟของเครื่องลดความชื้นนี้ จะใช้วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ในการลดระดับแรงดัน จากแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดัน 220 V เมื่อผ่านวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ จะลดเหลือ 17 V แล้วจึงใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ในการควบคุมให้มีแรงดันคงที่ ที่แรงดัน 15 V เพื่อจ่ายให้กับวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ขับนำเกท

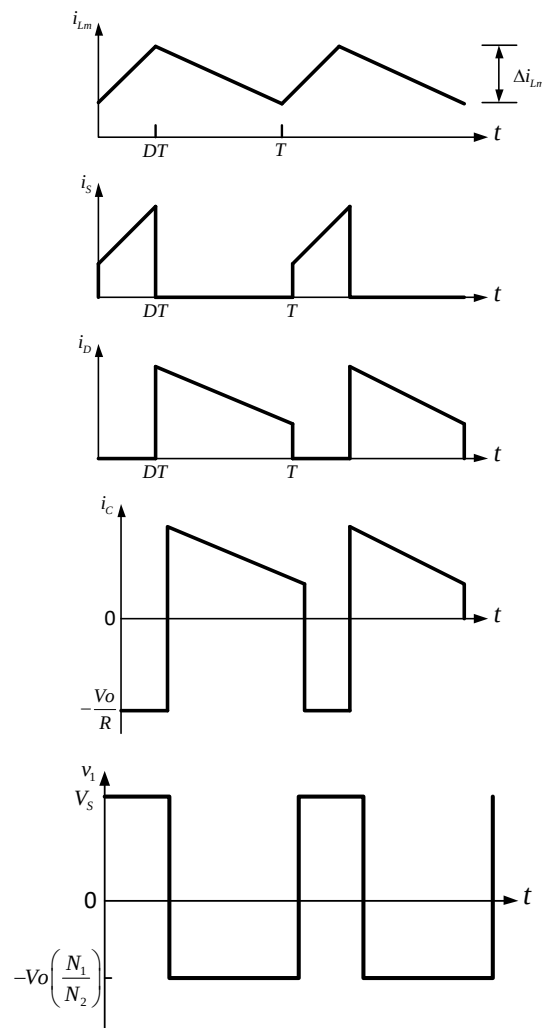
2.5.1 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

วงจรที่ใช้สำหรับป้อนแรงดันดังภาพที่ 2.14 มีลักษณะคล้ายกับวงจรบัคบูสต์คอนเวอร์เตอร์ แต่จะแตกต่างกันตรงที่วงจรฟลายแบ็คนั้น หม้อแปลงจะมีทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ ทำให้แรงดันและกระแสที่ออกจากวงจรฟลายแบ็คนั้นไม่เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายที่รับไฟเข้ามาโดยใช้หม้อแปลงลดแรงดันและแยกกราวด์ออกจากกัน ทำให้อุปกรณ์ที่รับไฟจากวงจรฟลายแบ็คไม่ได้รับสัญญาณรบกวนจากภาคกำลังทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]



ภาพที่ 2.14 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

ลักษณะของรูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าของวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ที่มีการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตโดยใช้หม้อแปลง จะมีลักษณะการทำงานตั้งแต่เริ่มจนหยุดการทำงาน ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 รูปคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าของวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

การพิจารณาด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า เนื่องจากไดโอดไม่นำกระแสเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้ามักเป็นศูนย์ ซึ่งหมายถึงกระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ก็จะมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน ในขณะด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าสวิตช์กำลังนำกระแส เป็นผลทำให้เกิดกระแสสะสมในตัวเหนี่ยวนำ ในการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้

1) การออกแบบหม้อแปลงฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ด้านฝั่งปฐมภูมิการออกแบบหม้อแปลงฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ด้านฝั่งปฐมภูมิโดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$N_1 = \frac{D_{\min} V_{in, \max}}{A_c B_m f_s} \quad (2.2)$$

โดยที่ N_1 = จำนวนรอบของขดลวดฝั่งปฐมภูมิ

$$\begin{aligned}
 D_{\min} &= \text{ค่าดิวิตัซเคิล} \\
 V_{in,\max} &= \text{แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงสุด} \\
 A_c &= \text{พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก} \\
 B_m &= \text{ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด} \\
 f_s &= \text{ความถี่}
 \end{aligned}$$

2) การออกแบบหม้อแปลงฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ด้านฝั่งทุติยภูมิการออกแบบหม้อแปลงฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ด้านฝั่งทุติยภูมิโดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$N_2 = \frac{N_1}{a} \quad (2.3)$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \text{จำนวนรอบของขดลวดฝั่งปฐมภูมิ} \\
 N_2 &= \text{จำนวนรอบของขดลวดฝั่งทุติยภูมิ} \\
 a &= \text{อัตราส่วนของหม้อแปลง}
 \end{aligned}$$

3) การคำนวณค่าดิวิตัซเคิล การคำนวณค่าดิวิตัซเคิลโดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$D = \frac{1}{\left(\frac{V_s}{V_o}\right) \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right) + 1} \quad (2.4)$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 D &= \text{ค่าดิวิตัซเคิล} \\
 V_s &= \text{แรงดันไฟฟ้าด้านเข้า} \\
 V_o &= \text{แรงดันไฟฟ้าด้านออก}
 \end{aligned}$$

2.6 ฟิวส์ (Fuse)

ฟิวส์มีหน้าที่หลัก 2 ประการ ป้องกันอุปกรณ์เสียหายเนื่องจากกระแสเกิน และเพื่อแยกส่วนวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟกรณีที่มีการลัดวงจรเกิดขึ้น การเลือกใช้ฟิวส์เพื่อใช้ในส่วนของวงจรเรกติไฟเออร์ในสวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลายนั้น มีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้ คือ

2.6.1 ค่าอัตราทนแรงดัน (Voltage Rating)

ฟิวส์มาตรฐานสำหรับอิเล็กทรอนิกส์จะมีอัตราทนแรงดันได้ตามลำดับดังนี้ คือ 30, 60, 125, 250, 300, 500, 600 และ 700 V การกำหนดใช้ค่าทนแรงดันของฟิวส์นับเป็นสิ่งสำคัญโดยที่ค่าอัตราทนแรงดันของฟิวส์ที่จะใช้ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่าแรงดันของวงจรเพื่อลดการอาร์คภายในตัวฟิวส์ขณะลัดวงจร ถ้าอัตราทนแรงดันของฟิวส์มีค่าต่ำเกินไปการเกิดอาร์คภายในตัวฟิวส์มีค่าต่ำเกินไปการเกิดอาร์คภายในตัวฟิวส์อาจเป็นไปอย่างรุนแรงและตัวฟิวส์จะแตกออกได้ ซึ่งเสี่ยงต่อการลัดวงจรภายในสวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย

2.6.2 ค่าอัตราทนกระแส (Current Rating)

ค่าอัตราทนกระแสไฟฟ้าสามารถกำหนดได้จากค่ากระแสอาร์เอ็มเอสด้านอินพุตของวงจรเรกติไฟเออร์ ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสของวงจรเรกติไฟเออร์ จะขึ้นกับค่าของโหลดค่าความต้านทาน R_L และค่าตัวเก็บประจุฟิเตอร์ การพิจารณาอัตราทนกระแสของฟิวเตอร์ซึ่งอาจกำหนดได้จากค่าของวงจรเรกติไฟเออร์นั่นเอง โดยให้เผื่อค่าอัตราทนกระแสไว้อีก 50 เปอร์เซ็นต์ด้วยเพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน

2.7 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (EMF) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้เกิดการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821

2.7.1 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ สัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าโลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1) ผลของซีเบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิตสเตต เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั้นคือ

- ค่า EMF ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ
- ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า EMF ก็จะมีค่าเป็นศูนย์
- ถ้าอุณหภูมิจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า EMF ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น

ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้นเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว ว่าอากาศที่เราใช้ในการหายใจโดยทั่วไปไม่ใช่อากาศแห้ง แต่มีไอน้ำเป็นส่วนประกอบ ซึ่งไอน้ำก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญนอกจากอุณหภูมิ และความเร็วของอากาศซึ่งส่งผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ โดยทั่วไปมนุษย์มีความรู้สึกสบายที่อุณหภูมิระหว่าง 22.27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 30.70 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วของอากาศประมาณ 1.5 m/s โดยความชื้นสัมพัทธ์เป็นค่าการวัดความสามารถของอากาศในการดูดความชื้น ดังนั้นการลดความชื้นภายในอาคารลง จะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนโดยการระเหยของร่างกายมนุษย์เพิ่มขึ้น

การควบคุมความชื้นสามารถทำได้โดยใช้หลักการควบแน่นของอากาศ โดยการลดอุณหภูมิของความชื้นในอากาศ ให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง มีผลทำให้ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เพราะฉะนั้นอัตราส่วนความชื้นในอากาศก็จะลดลง

2.8.1 คุณสมบัติของอากาศชื้น

การหาคุณสมบัติทางความร้อนของอากาศชื้น มักจะแสดงโดยแผนภูมิไซโครเมตริกซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก ก่อนที่จะใช้แผนภูมิไซโครเมตริกอย่างถูกต้อง ควรทำความเข้าใจกับความหมายและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับการใช้แผนภูมิกับการใช้แผนภูมิไซโครเมตริกก่อน

1) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature; T_{db}) คือ อุณหภูมิของอากาศที่อ่านจากเทอร์มิเตอร์กระเปาะแห้ง และได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง เนื่องจากผลของการแผ่รังสี

2) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature; T_{wb}) คือ อุณหภูมิของอากาศที่อ่านจากเทอร์มิเตอร์ที่กระเปาะหุ้มด้วยสำลีเปียก ในขณะที่มีกระแสลมพัดผ่านกระเปาะด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 4.6 m/s

3) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature; T_{dp}) คือ อุณหภูมิที่มีไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเป็นหยดน้ำ เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง

4) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; ϕ) คือ อัตราส่วนระหว่างโมเลกุลของไอน้ำในอากาศชื้น กับโมเลกุลของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกันหรืออัตราส่วนระหว่างความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศชื้นกับความดันของไอน้ำในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกัน

5) อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio; W) คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของไอน้ำกับอากาศแห้งที่มีอยู่ในอากาศ หรือน้ำหนักของไอน้ำในแต่ละหน่วยน้ำหนักของอากาศแห้งที่มีอยู่ในอากาศชื้น

6) ความดันไอ (Vapor Pressure; P) คือ ความดันที่กระทำโดยไอน้ำในอากาศ และถ้าอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำเรียกความดันไอของอากาศที่อิ่มตัวนี้ว่าความดันไออิ่มตัว

7) ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Humid Specific Volume; V) คือ ปริมาตรของอากาศชื้นต่อหน่วยน้ำหนักของอากาศ

8) เอนทัลปี (Enthalpy; h) คือ สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกของสสารที่อุณหภูมิกำหนดให้ ซึ่งอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิอ้างอิง ถ้าให้อุณหภูมิอ้างอิงของอากาศอยู่ที่ 0°C ที่ ความดัน 1 บรรยากาศ ดังนั้นเอนทัลปีของอากาศที่อัตราส่วนความชื้น อุณหภูมิ จะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอหมด

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้ เย็นลงขณะที่ปริมาณไอน้ำยังคงที่ การลดอุณหภูมิถึงจุดหนึ่งจะทำให้ไอน้ำเกิดการอิ่มตัว และกลั่นตัวควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ (Condensate) ที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) คงที่ ตัวอย่าง Dew Point ที่เห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การดื่มน้ำเย็นไว้ และมีหยดน้ำมาเกาะที่ผิวแก้ว ด้านนอก เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณแก้วน้ำเย็นต่ำกว่าจุดน้ำค้างและกลั่นตัวเกาะอยู่บนผิวแก้ว สำหรับคนที่ใส่แว่นตา จะมีประสบการณ์นี้ดี หากเดินเข้าไปในห้องเย็นจะมีไอน้ำมาเกาะ

ทำให้แวนตาเป็นฝ้า เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นไปถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มได้อีก อุณหภูมิอากาศไม่จำเป็นต้องลดลง เพื่อให้เกิดการกลั่นตัว อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะเท่ากับอุณหภูมิที่วัดได้จากอากาศ (อุณหภูมิกระเปาะแห้ง)

2.10 ฮีตซิงก์ (Heat Sink)

ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ฮีตซิงก์เป็นส่วนประกอบเพิ่มความเย็นตัวอุปกรณ์โดยความร้อนสลายไปในอากาศโดยรอบฮีตซิงก์ใช้เพื่อเพิ่มความเย็นแก่ระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรับความร้อนของตัวชิพและอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เลเซอร์ที่สูงกว่าพลังงานและไดโอดเปล่งแสง เป็นต้น ฮีตซิงก์เป็นตัวถ่ายเทความร้อนเหมือนกับตัวที่เพิ่มความเย็นในตู้แช่เย็นหรือเครื่องปรับอากาศหรือหม้อน้ำในรถยนต์

2.10.1 ความสำคัญของรูปร่างฮีตซิงก์

การระบายความร้อนที่เกิดจากการทำงานของชิพนั้น ฮีตซิงก์นั้นจะใช้กระบวนการแพร่กระจายการเป็นสื่อ และการพาความร้อนจากตัวชิพ ซึ่งวิธีทั้ง 3 นี้ ล้วนแต่เป็นคุณสมบัติของโลหะทั้งสิ้นการที่ฮีตซิงก์นั้นใช้วิธีการเหล่านี้ในการระบายความร้อนออกจากตัวชิพก็เพราะว่าตัวฮีตซิงก์เองก็เป็นเหมือนกับโลหะธรรมดาๆ นั่นเอง

การแผ่ความร้อน หมายความว่า ความร้อนนั้นได้กระจายออกจากวัตถุ โดยจะเป็นลักษณะทางภาวะแม่เหล็กไฟฟ้า โดยความสามารถนี้จะขึ้นอยู่กับมวลสารของวัตถุ และสีที่ใช้ซึ่งหากสียิ่งเข้มก็จะยิ่งแพร่ความร้อนได้ดี ส่วนการเป็นสื่อความร้อนนั้นจะเป็นลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานกันระหว่างโมเลกุล โดยอนุภาคที่มีพลังงานน้อยกว่าจะเป็นฝ่ายที่รับพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงกว่า แต่จากการที่ฮีตซิงก์นั้นสัมผัสอยู่กับชิพโดยตรง และตลอดเวลา ทำให้ฮีตซิงก์นั้นไม่สามารถกำจัดความร้อนให้หมดไปได้ แต่การที่ฮีตซิงก์เป็นสื่อทางความร้อนนี้จึงทำให้ความร้อนที่เกิดจากชิพนั้น มาอยู่ที่ฮีตซิงก์แทน และสุดท้ายคือในส่วนของการพาความร้อนนั้น จะเป็นอาการที่ความร้อนนั้นเคลื่อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งอากาศหรือน้ำที่อยู่รอบๆ นั้นมันจะมีผลต่อการเคลื่อนนี้เสมอ บางครั้งเราจะเรียกว่า Forced Convection ซึ่งตามสภาวะการทำงานตามปกติของฮีตซิงก์นั้น ก็จะเป็นลักษณะนี้อยู่แล้ว เพราะฮีตซิงก์นั้นก็จะถูกเป่าด้วยพัดลมระบายความร้อนที่มักจะถูกติดตั้งอยู่บนตัวมันนั่นเอง การที่ฮีตซิงก์จะมีคุณภาพดีมาน้อยเพียงใดนั้น สิ่งสำคัญคือการออกแบบตัวฮีตซิงก์ โดยจะต้องออกแบบให้มีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ ทำให้พื้นที่ผิวของตัวฮีตซิงก์มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และให้อากาศนั้นไหลผ่านตัวฮีตซิงก์มากที่สุด และด้วยทิศทางที่ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ตัวฮีตซิงก์เองจะต้องถูกออกแบบให้ความร้อนนั้นสามารถที่จะเดินทางมาจากด้านล่าง ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องสัมผัสกับชิพไปสู่ส่วนที่เรียกว่าครีปได้ง่าย และส่วนที่สัมผัสกับชิพนั้นจะต้องราบเรียบที่สุด ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ถึงแม้ว่าหน้าสัมผัสนั้นจะดูราบเรียบอย่างไร หน้าสัมผัสนั้นก็ยังคงมีช่องว่างเล็กๆ ที่เราแทบจะมองไม่เห็นอยู่ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้สารนำความร้อน ที่มีลักษณะอ่อนตัวมาเป็นตัวประสานให้หน้าสัมผัสของฮีตซิงก์กับชิพนั้นสนิทกันมากขึ้นตั้งนั้นจากปัจจัยที่มีผลต่อตัวฮีตซิงก์ จึงทำให้ถูกออกแบบมาในแนวของการทำให้ฮีตซิงก์นั้นมีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ พร้อมกับการใช้พัดลมระบายอากาศที่มีพลังสูงๆ นอกจากนี้ก็คือ การทำให้ฮีตซิงก์นั้นมีครีปเป็น

จำนวนมากพร้อมกับออกแบบให้อากาศที่เป่ามาจากพัดลมนั้น สามารถที่จะไหลผ่านฮีตซิงก์ได้อย่างสะดวกโดยการไหลเวียนของอากาศเองนั้นจะไม่มีผลต่อสภาพอากาศที่อยู่รอบๆ

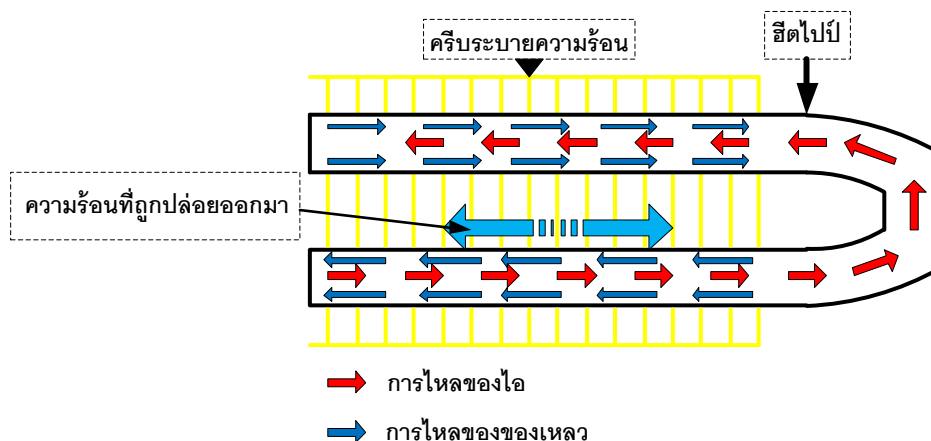


ภาพที่ 2.16 ฮีตซิงก์

2.11 อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน หรือฮีตไปป์ (Heat Pipe)

ฮีตไปป์เป็นประดิษฐ์กรรมที่ใช้ถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีชิ้นส่วนกลไก และทำงานโดยมีการบำรุงรักษาน้อย ไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้า จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับนำมาใช้ถ่ายเทความร้อนจากภายในห้องปรับอากาศมาควบคุมความชื้นภายในห้องปรับอากาศ เมื่อเป็นแหล่งความร้อนภายในห้องเอง เครื่องปรับอากาศก็ไม่ต้องการความนำไฟฟ้ามากขึ้น จึงสามารถควบคุมความชื้นได้โดยไม่เสียค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ฮีตไปป์มีลักษณะเป็นท่อปลายปิดทั้งสองข้าง ภายในบรรจุสารสำหรับการถ่ายเทความร้อน ด้านหนึ่งของท่ออยู่ในบริเวณแหล่งความร้อนหรือมีอุณหภูมิสูง อีกด้านหนึ่งอยู่ในบริเวณที่ต้องการความร้อนหรือด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ท่อจะอยู่แนวดิ่งหรือเอียงจากด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ามาสู่ด้านที่มีอุณหภูมิสูง ฮีตไปป์อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน โดยการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารที่บรรจุอยู่ภายในท่อที่ส่วนล่างของท่อสารถ่ายเทความร้อนในสถานะของเหลวได้รับความร้อนที่ส่งผ่านผนังท่อจากแหล่งความร้อน และเปลี่ยนสถานะเป็นไอลอยขึ้นสู่ส่วนบนของท่อ ที่ส่วนบนไอสารถ่ายเทความร้อนจะคายความร้อนให้กับบริเวณที่ต้องการความร้อนผ่านผนังท่อ และเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเกาะผนังท่อ และไหลกลับมาสู่ส่วนล่างของท่อด้วยน้ำหนักตัว และได้รับความร้อนเปลี่ยนสถานะเป็นไอลอยขึ้น วนเวียนไปตลอดเวลาที่มีความแตกต่างด้านอุณหภูมิ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนดี ท่อที่ใช้จึงเป็นท่อทองแดงเพราะมีค่าการนำความร้อนสูง ส่วนสารถ่ายเทความร้อนอาจเป็นน้ำ หรือน้ำยาทำความเย็นชนิดใดก็ได้ตามความเหมาะสม ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 โครงสร้างของฮีตไปป์

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสถานะจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนแฝงซึ่งมีปริมาณความร้อนมาก การถ่ายเทความร้อนจึงขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนเวียนของสารถ่ายเทความร้อน ท่อแนวดิ่งจึงมีการถ่ายเทความร้อนดีที่สุด เพราะสารถ่ายเทความร้อนในสภาวะของเหลวจะไหลกลับมาได้รวดเร็วที่สุด ฮีตไปป์นี้สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าการนำความร้อนของแท่งทองแดงนับพันเท่า ลักษณะของฮีตไปป์ที่นำมาใช้งานแสดง ดังภาพที่ 2.18

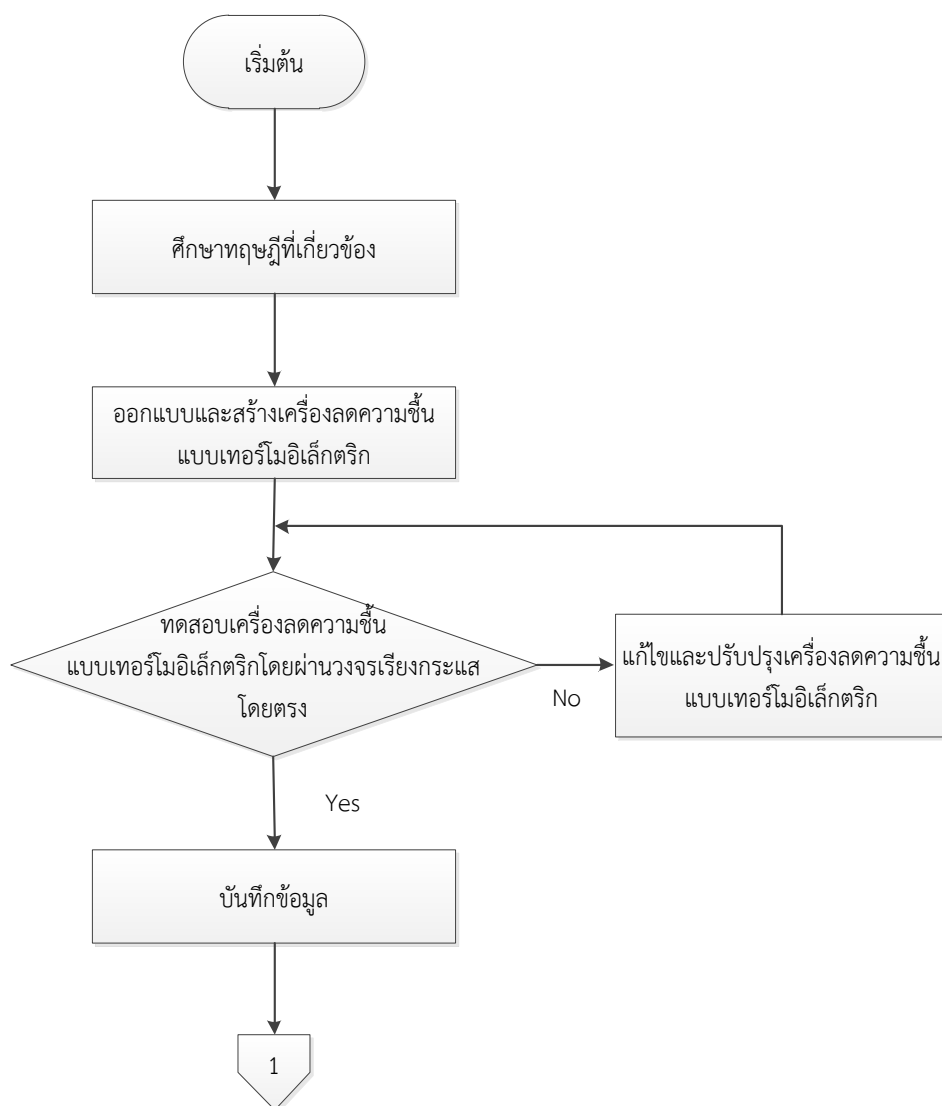


ภาพที่ 2.18 ฮีตไปป์ที่นำมาใช้งาน

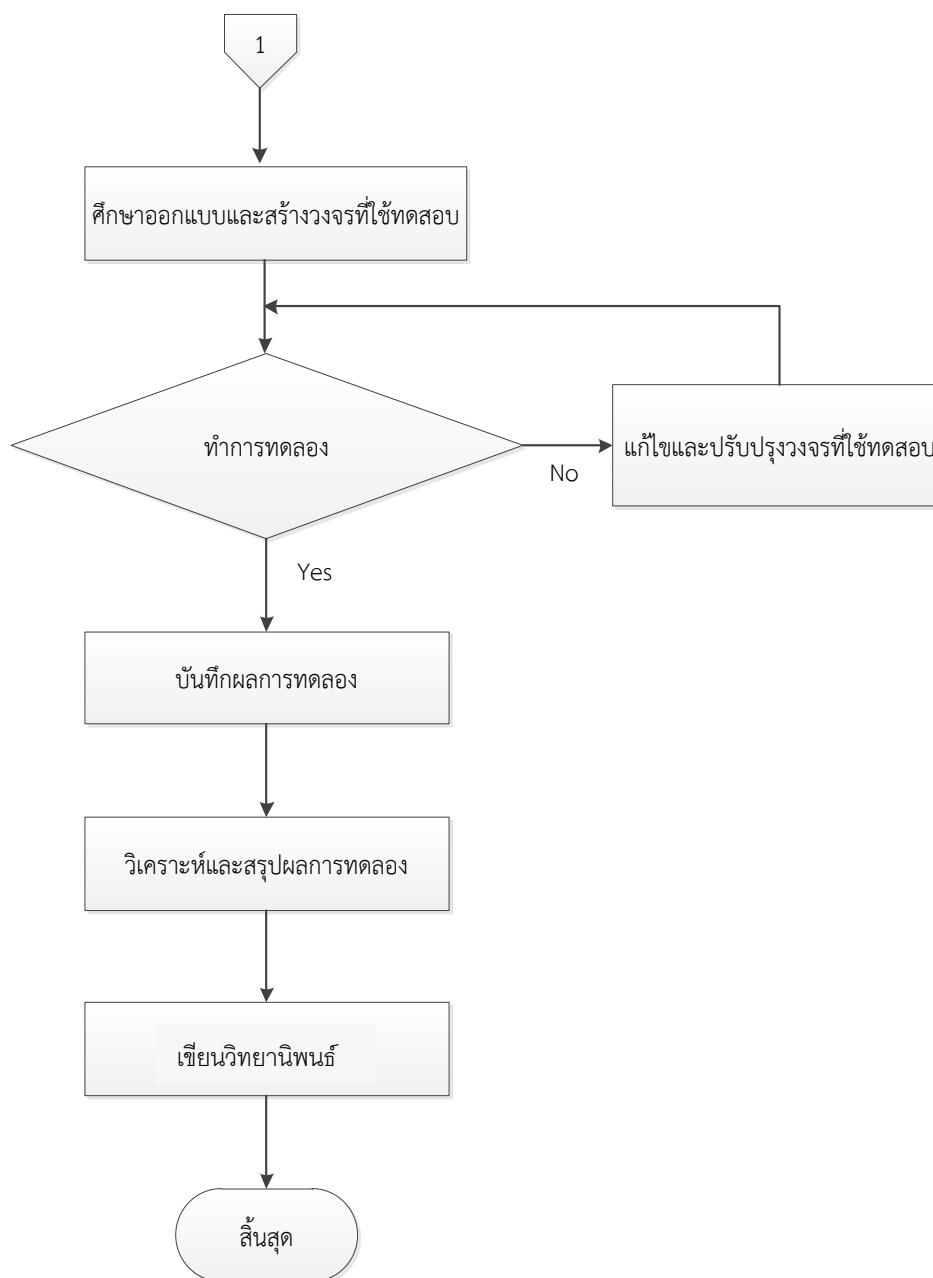
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายภายในเวลาที่กำหนดนั้น จำเป็นจะต้องมีการวางแผนในโครงการนี้ก่อนเพื่อให้ทราบแนวทางและขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้อง จากการศึกษาทฤษฎีในบทที่ 2 สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานของวงจรเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก และเขียนออกมาเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังการปฏิบัติงาน



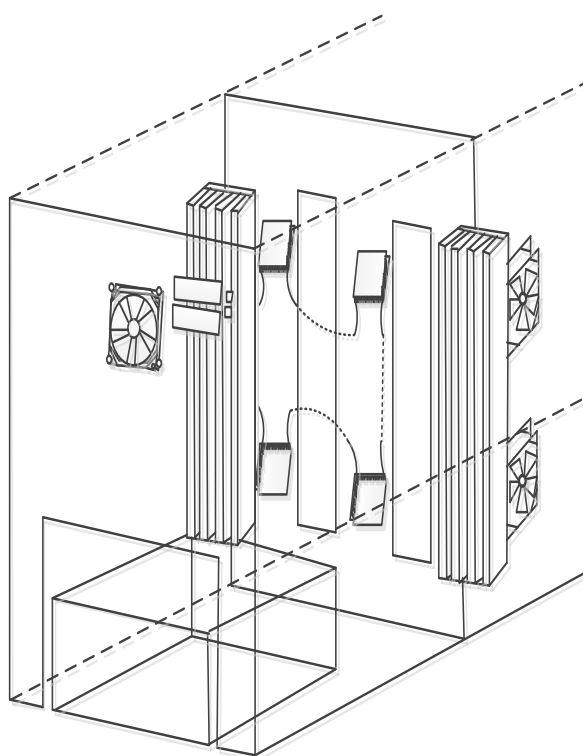
ภาพที่ 3.1 แผนผังการปฏิบัติงาน (ต่อ)

3.1 วิธีการดำเนินโครงการ

3.1.1 การออกแบบเครื่องลดความชื้น

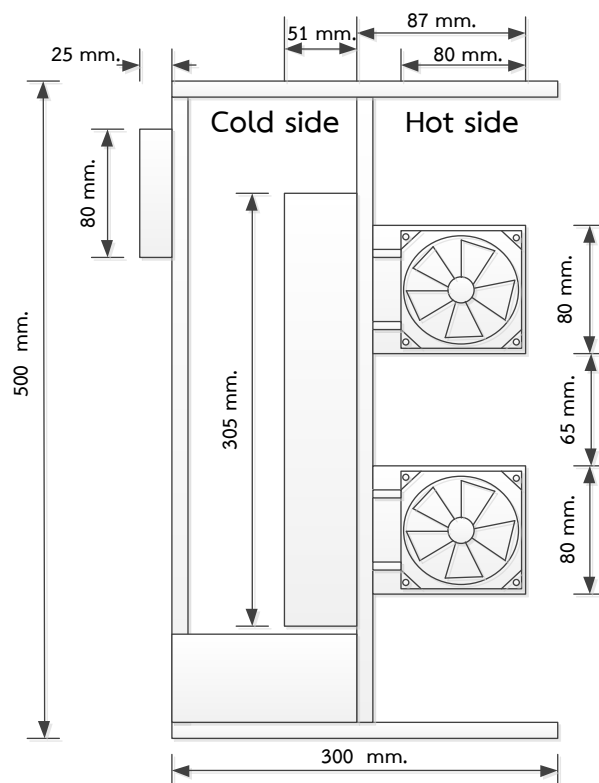
การออกแบบเครื่องลดความชื้นนั้น จะใช้แผ่นอะคลีลิกความหนา 5 mm. เป็นโครงสร้างของเครื่องลดความชื้น เนื่องจากทนทานต่อแรงกระแทก มีความเหนียว ไม่ดูดความชื้น และสามารถรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย จะแบ่งเครื่องลดความชื้นออกเป็น 2 ฟัง คือ ฟังด้านเย็น และฟังด้านร้อน ฟังด้านเย็นจะประกอบไป

ด้วย ถาดรองน้ำ พัดลมระบายอากาศ จำนวน 1 ตัว ตัววัดอุณหภูมิและความชื้นยี่ห้อ Temperature รุ่น EM.101TH ฮีตซิงก์ ขนาด 94 x 305 x 94 mm. จำนวน 2 อัน เทอร์โมอิเล็กทริก คูลิ่งโมดูล รุ่น TEC1.12710 ใช้จำนวน 4 โมดูล มีขนาด 40 x 40 mm. ส่วนทางฝั่งด้านร้อนจะประกอบไปด้วย ฮีตไปป์ ยี่ห้อ CPU Cooler DEEPCOOL Iceedge Mini FS พร้อมพัดลมระบายอากาศขนาด 3 นิ้ว ยี่ห้อ TITAN จำนวน 4 ชุด เนื่องจากเทอร์โมอิเล็กทริกต่อ 1 โมดูลจะมี 2 ด้าน คือด้านเย็นใช้ในการ ลดความชื้นและด้านร้อนจะระบายสู่สภาพแวดล้อม เพื่อให้การลดการลดความชื้นมีประสิทธิภาพดี การระบายความร้อนถือเป็นสิ่งสำคัญ ในการระบายความร้อนจึงใช้ฮีตไปป์ และพัดลมระบายอากาศ 1 ชุดต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล ดังนั้นเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้งานจำนวน 4 โมดูล จะใช้ฮีตไปป์ และพัดลมระบายอากาศจำนวน 4 ชุด ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การออกแบบเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ภายในเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ที่มี 2 ด้าน ทั้งด้านร้อนและด้านเย็นจะ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น พัดลมระบายอากาศ ฮีตซิงก์ และชุดฮีตไปป์ เป็นต้น จะมีขนาดดัง ภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขนาดของเครื่องลดความชื้น

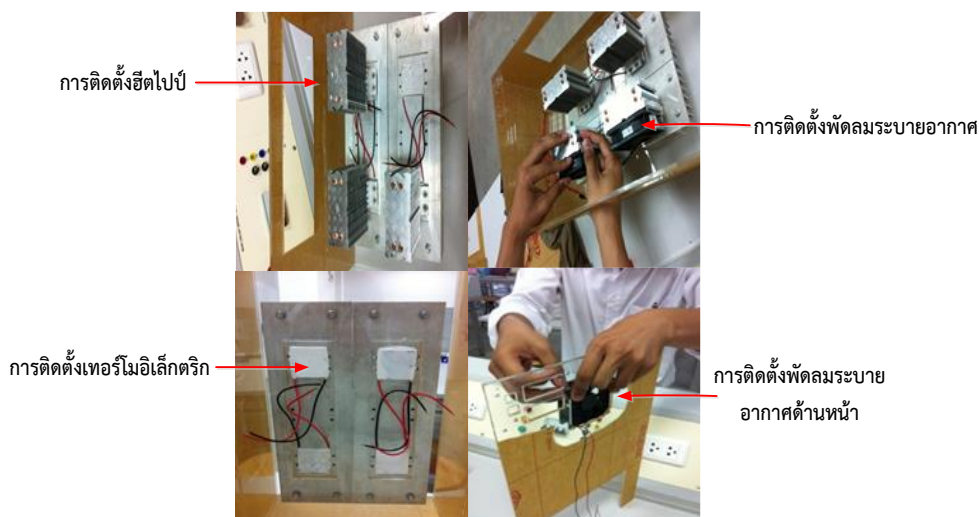
ลักษณะโครงสร้างและจุดกึ่งกลางที่กั้นระหว่าง 2 ด้านคือ ฝั่งด้านเย็นและฝั่งด้านร้อน ของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องลดความชื้นที่ทำการออกแบบ

3.1.2 การติดตั้งเครื่องลดความชื้น

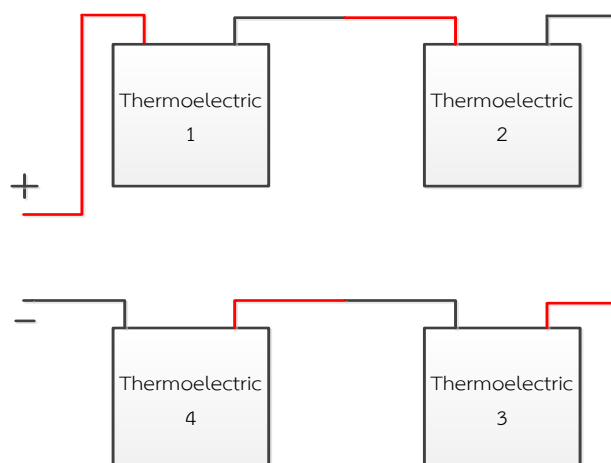
การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้งานของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ลงภายใน โครงสร้างที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่องลดความชื้น

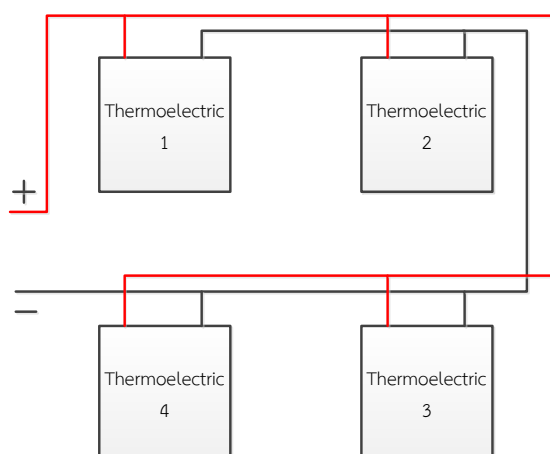
3.1.3 การทดสอบเครื่องลดความชื้นโดยใช้วงจรเรียงกระแส

ในการทดสอบการลดความชื้น จะใช้ฮีตซิงค์ขนาด $94 \times 305 \times 94$ mm. ในการเพิ่มพื้นที่ หน้าสัมผัสอุณหภูมิด้านเย็นให้มากขึ้น ซึ่งเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล จะมีรัศมีการกระจายความเย็นได้ 7 cm. เพื่อให้ความเย็นกระจายได้ทั่วถึงทั้งฮีตซิงค์ ฮีตซิงค์ 1 อัน จะใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 ตัว ดังนั้นใช้ฮีตซิงค์จำนวน 2 อัน จึงเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 4 ตัว ที่เหมาะสมกับขนาดเครื่องลด ความชื้นและมาทำการต่ออนุกรม ดังภาพที่ 3.6 และทำการต่อขนาน ดังภาพที่ 3.7 โดยทำการจ่าย แรงดันด้วยแหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ แล้วผ่านวงจรเรียงกระแสโดยจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็ก ทริกตัวละ 6 V, 9 V และ 12 V จากนั้นจะทำการทดสอบว่าแรงดันระดับใดที่สามารถลดอุณหภูมิให้ ถึงจุดกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้ และใช้พลังงานต่ำที่สุดแล้วนำไปออกแบบวงจรเพื่อใช้สำหรับ เครื่องลดความชื้น



ภาพที่ 3.6 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม

ภาพที่ 3.6 แสดงการต่ออนุกรมจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่ไหลเหมือนกัน แต่แรงดันที่ตกคร่อมที่ไหลทั้งหมดรวมกันจะเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ แต่เมื่อไหลตัวใดตัวหนึ่งขาดจะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร และกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่ไหลเหมือนกัน แต่แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ไหลทั้งหมดรวมกันจะเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ แต่เมื่อไหลตัวใดตัวหนึ่งขาดจะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



ภาพที่ 3.7 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน

ภาพที่ 3.7 แสดงการต่อแบบขนาน การนำไหลมาต่อขนานหรือตกคร่อมกัน จะได้แรงดันที่ตกคร่อมไหลเหมือนกันแต่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่ไหลทั้งหมดรวมกันจะเท่ากับกระแสไฟฟ้ารวมของวงจรแบบขนาน

จากการทำการทดลองการนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัว มาต่อโหลดแบบขนาน ที่แรงดันตกคร่อมโหลดที่ต่างกัน คือ 6 V, 9 V และ 12 V แล้วทำการทดสอบว่าแรงดันระดับใดที่สามารถลดอุณหภูมิให้ถึงจุดกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้ และใช้พลังงานต่ำที่สุด แล้วนำไปออกแบบวงจรเพื่อใช้สำหรับเครื่องลดความชื้น

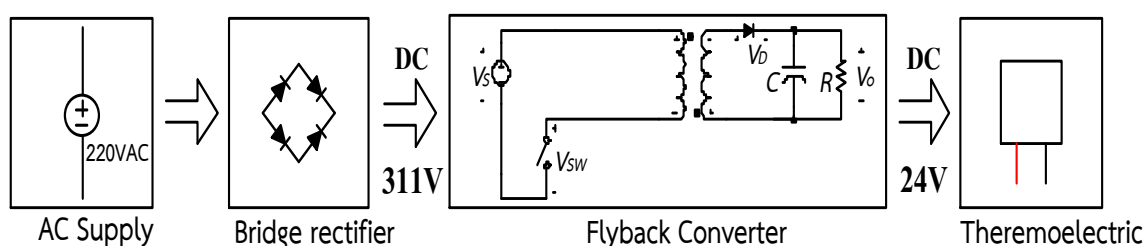
3.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

วงจรเครื่องลดความชื้น เพื่อให้เกิดแนวคิดและแนวทางการสร้างโครงงานต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจมากขึ้นดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและหลักการทำงานของวงจรเครื่องลดความชื้น
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)
3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรสร้างสัญญาณพัลส์

4. ศึกษาเกี่ยวกับวงจรขับเคลื่อน การออกแบบและการสร้างวงจรควบคุมระบบนั้นมีความจำเป็นที่ต้องมีการออกแบบวงจรและเลือกใช้ไอซีและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้วงจรที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามความต้องการ

วงจรควบคุมการทำงานของระบบนี้ จะใช้แหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรส่วนต่างๆ ส่วนวงจรภาคกำลังจะใช้วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ที่ต่อวงจรแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยทำงานจากโหมดควบคุมจากแรงดัน และจะมีสัญญาณที่เอาต์พุต 2 ขา คือ ขา 9 และขา 10 แต่ในวงจรนี้ใช้ขา 9 โดยสัญญาณพัลส์ที่ได้จากขา 9 จะเป็นสัญญาณพัลส์ที่ทำงานอยู่ เพื่อควบคุมสวิตช์ให้ทำงาน แต่สัญญาณที่ได้มีกำลังเอาต์พุตน้อยเกินกว่าที่จะทำให้สวิตช์ทำงานได้ ดังนั้นจึงใช้วงจรขยายโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายสัญญาณทำให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ เพื่อที่จะมาป้อนเข้าส่วนของวงจรภาคกำลังซึ่งต่อวงจรแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์ ส่วนสัญญาณที่ออกจากวงจรภาคกำลังจะป้อนเข้าที่เครื่องลดความชื้นโดยผ่านตัวเทอร์โมอิเล็กทริก ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

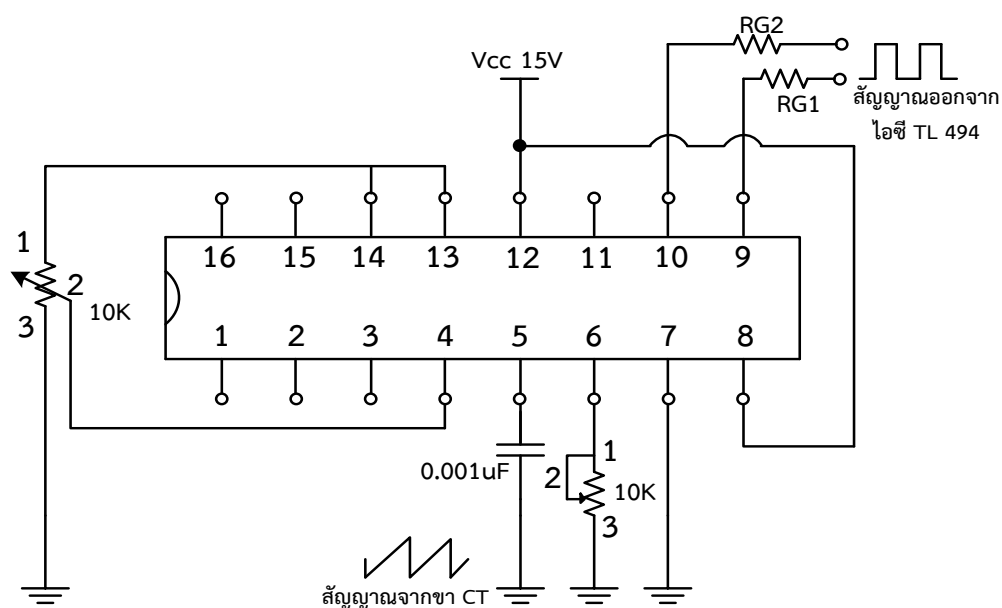
3.3 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อนำไปขับสวิตช์

วงจรสำหรับสร้างสัญญาณและปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยใช้ไอซีเบอร์ TL494 ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ โดยได้ต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเข้าไปในวงจร ตัวต้านทานที่ต่อนั้นจะมีหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลเข้าไอซีและตัวเก็บประจุจะมีหน้าที่เป็นตัวกรองความถี่สูงให้กับ

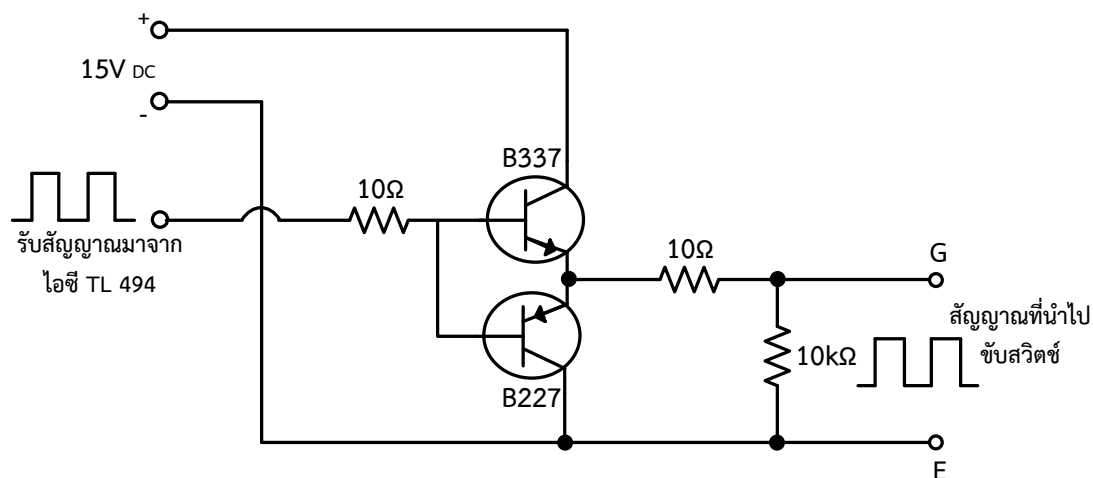
วงจร แต่แรงดันที่ออกจากไอซียังไม่เพียงพอที่จะสามารถขับสวิตช์ให้ทำงานได้ จึงได้ต่อวงจรโทเท็มโพลเพื่อเพิ่มแรงดันให้เพียงพอที่จะขับสวิตช์ให้ทำงานได้ความถี่จะถูกกำหนดโดยขา C_T ที่ขา 5 และขา R_T ที่ขา 6 โดยเราสามารถปรับความถี่ได้ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ที่ขา 5 ของไอซี ความถี่ที่เราต้องการอยู่ที่ 25 kHz โดยกำหนด C_T ให้เท่ากับ $0.01 \mu\text{F}$ และค่า R_T ให้เท่ากับ $10 \text{ k}\Omega$

3.4 การออกแบบวงจรขยายเพื่อใช้ขับเกท

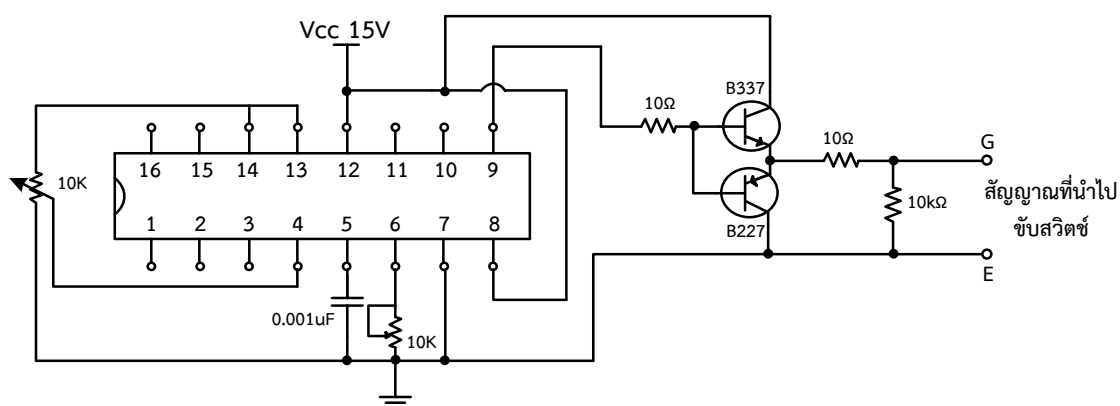
เนื่องจากสัญญาณพัลส์ของไอซีมีแรงดันด้านออกไม่เพียงพอที่จะสามารถขับให้สวิตช์ทำงาน จึงได้ออกแบบวงจรเพื่อขยายแรงดัน โดยจะรับสัญญาณพัลส์จากไอซี TL494 และใช้หลักการส่งผ่านสัญญาณพัลส์ด้วยแสง (Isolator) ภายในตัวไอซีโดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกมาทำการต่อร่วมกันอยู่ และมีทรานซิสเตอร์ 2 ตัว เป็นชนิด PNP และ NPN ต่อกันเป็นวงจรโทเท็มโพล เพื่อนำไปขับสวิตช์ให้สวิตช์สามารถทำงานได้สามารถดูการต่อใช้งานของวงจรรวมของชุดคอนโทรลได้ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การต่อใช้งานไอซี TL494



ภาพที่ 3.10 วงจรโทเท็มโพลที่ใช้งาน



ภาพที่ 3.11 วงจรขับเกทของสวิตช์

3.5 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านขาเข้าของวงจรไฟฟ้าที่แรงดัน 311 V จากนั้นจะทำการลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงด้วยวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ เพื่อจ่ายให้กับวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ ที่ต้องการแรงดัน 24 V โดยใช้ไอจีบีทีเป็นตัวสวิตช์ซึ่งเป็นวงจรแปลงผันแบบฟูลบริดจ์ แล้วต่อกับหม้อแปลงเหนี่ยวนำโดยมีขดลวดเหนี่ยวนำต่ออยู่ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งทำหน้าที่ให้กำเนิดความร้อนกับโหลด โดยตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กจะสะสมพลังงานขณะสวิตช์นำกระแสและจะคายพลังงานไปยังโหลดขณะสวิตช์ไม่นำกระแส ส่วนวงจรกรองแรงดันด้านเอาต์พุตจะใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงเรียบและมีแรงดันกระแสเพื่อลดลง

3.5.1 การพันหม้อแปลงฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

จำนวนรอบของลวดทองแดงที่พันในหม้อแปลงฝั่งปฐมภูมิหาได้จากสมการที่ (2.2)

$$N_1 = \frac{D_{\min} V_{in, \max}}{A_c B_m f_s}$$

$$D_{\min} = \frac{D_{\max}}{D_{\max} + \left[(1 - D_{\max}) \left(\frac{V_{in, \max}}{V_{in, \min}} \right) \right]}$$

$$D_{\min} = \frac{0.3}{0.3 + \left[(1 - 0.3) \left(\frac{220}{200} \right) \right]} = 0.28$$

โดย A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนหม้อแปลง (EE 42) มีค่าเท่ากับ 1.82 mm^2 .
และ B_m คือ ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด (ค่าของวงจรฟลายแบ็คจะใช้อยู่ที่ 0.1)

$$N_1 = \frac{0.28 \times 220}{182 \times 10^{-6} \times 0.1 \times 25 \times 10^3} = 135 \text{ รอบ}$$

ดังนั้น จำนวนรอบด้านปฐมภูมิเท่ากับ 135 รอบ

จำนวนรอบของลวดทองแดงที่พันในหม้อแปลงฝั่งทุติยภูมิหาได้จากสมการที่ (2.3)

$$N_2 = \frac{N_1}{a}$$

$$\alpha = \frac{V_{in, \max}}{V_{out}}$$

$$\alpha = \frac{311}{24} = 12.45$$

$$N_2 = \frac{135}{12} = 11.25 \quad \text{รอบ}$$

ดังนั้น จำนวนรอบฝั่งด้านทุติยภูมิเท่ากับ 12 รอบ

3.5.2 การคำนวณหาค่าดิวิตไซเคิล

หาได้จากสมการที่ (2.4)

$$D = \frac{1}{\left(\frac{V_s}{V_o} \right) \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right) + 1}$$

$$D = \frac{1}{\left(\frac{311}{24}\right) \times \left(\frac{11.25}{135}\right) + 1} = 0.316 \approx 30\%$$

โดยค่าตัวชี้ไขเคลิลที่ได้จากการคำนวณออกมานั้นใกล้เคียงกับค่าที่ใช้จริงในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

3.5.3 การเลือกไดโอดในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

การเลือกไดโอด ต้องเลือกให้ทนกระแสของวงจรมากกว่าประมาณ 2 เท่าเพื่อให้วงจรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5.4 การเลือกตัวเก็บประจุในวงจรกรองแรงดัน

เนื่องจากแรงดันที่ออกมาจากวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์นั้น ยังไม่เป็นไฟกระแสตรงที่สมบูรณ์ทำให้วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ทำงานไม่เสถียรภาพ เพราะอาจมีความถี่รบกวนหากมีค่าเก็บประจุที่มากจะสามารถคายพลังงานได้เป็นระยะเวลานาน จึงทำให้เป็นไฟกระแสตรงที่สมบูรณ์ขึ้น จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุขนาด 450 W, 220 μ F จากการออกแบบหม้อแปลง และเลือกใช้อุปกรณ์ในวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์เมื่อนำมาต่อกัน แสดงการต่อลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์แสดงได้ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ของเครื่องลดความชื้น

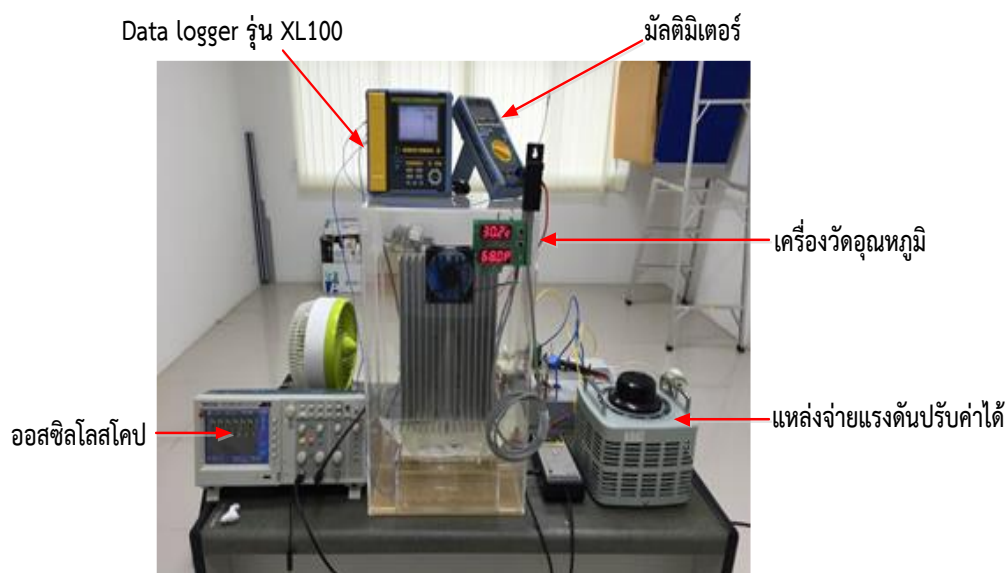
3.6 เครื่องลดความชื้นที่ทำการทดสอบ

ในการทดสอบเก็บผลการทดลอง เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกใช้ไฟฟ้าขนาด 1 เฟส ระดับแรงดันที่ 220-240 โวลต์ รายละเอียด แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

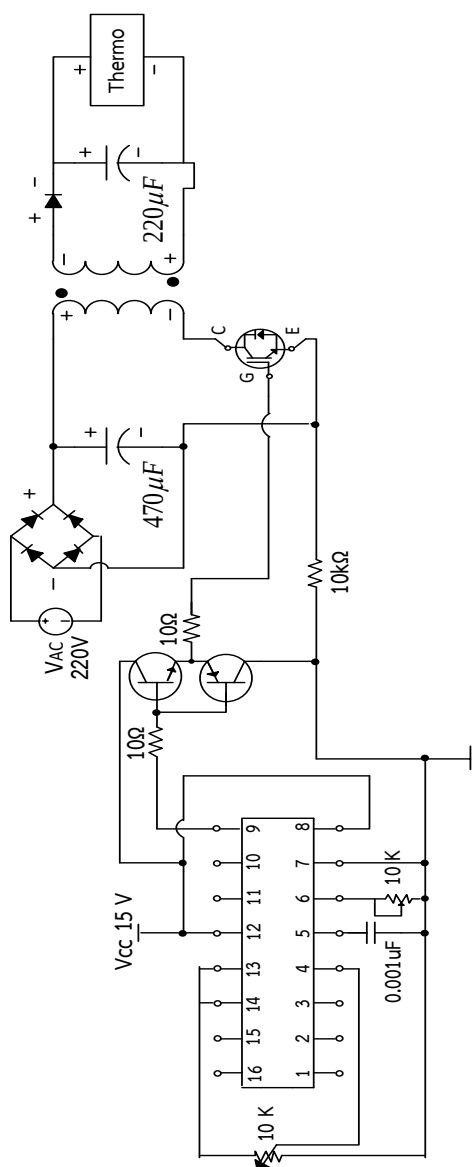
เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Dehumidifier)	
เฟส	1 เฟส
แรงดันไฟฟ้า	220 - 240 โวลต์
ความถี่	50 เฮิร์ตซ์
กำลังไฟฟ้า	787 วัตต์
กระแสไฟฟ้า	3.65 แอมแปร์

ในการทดลองของเครื่องลดความชื้นภายในห้องแบบปิดขนาด 4.70 X 6.82 X 3.30 m. โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกคูลิ่งโมดูล รุ่น TEC1.12710 จำนวน 4 โมดูล แสดงดังภาพที่ 3.13 โดยก่อนทำการทดลองมีความชื้นภายในห้องปิดอยู่ 83%RH หลังจากทำการทดลองลดความชื้นภายในห้องปิดลงความชื้นคงเหลืออยู่ 68%RH



ภาพที่ 3.13 การทดสอบเครื่องลดความชื้นและวัดสัญญาณของวงจรต่างๆ

วงจรรวมที่ใช้ในการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก แบ่งออกเป็น 2 ชุดจะประกอบไปด้วยชุดภาคคอนโทรล มีวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ TL494 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ และปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ ส่วนวงจรโทเท็มโพล ทำหน้าที่ขยายสัญญาณพัลส์แล้วนำไปขับสวิตช์และชุดภาคกำลัง มีวงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปจ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก แสดงดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 วงจรที่ใช้ในการทดลองเครื่องลดความชื้น

บทที่ 4

ผลการทดลอง

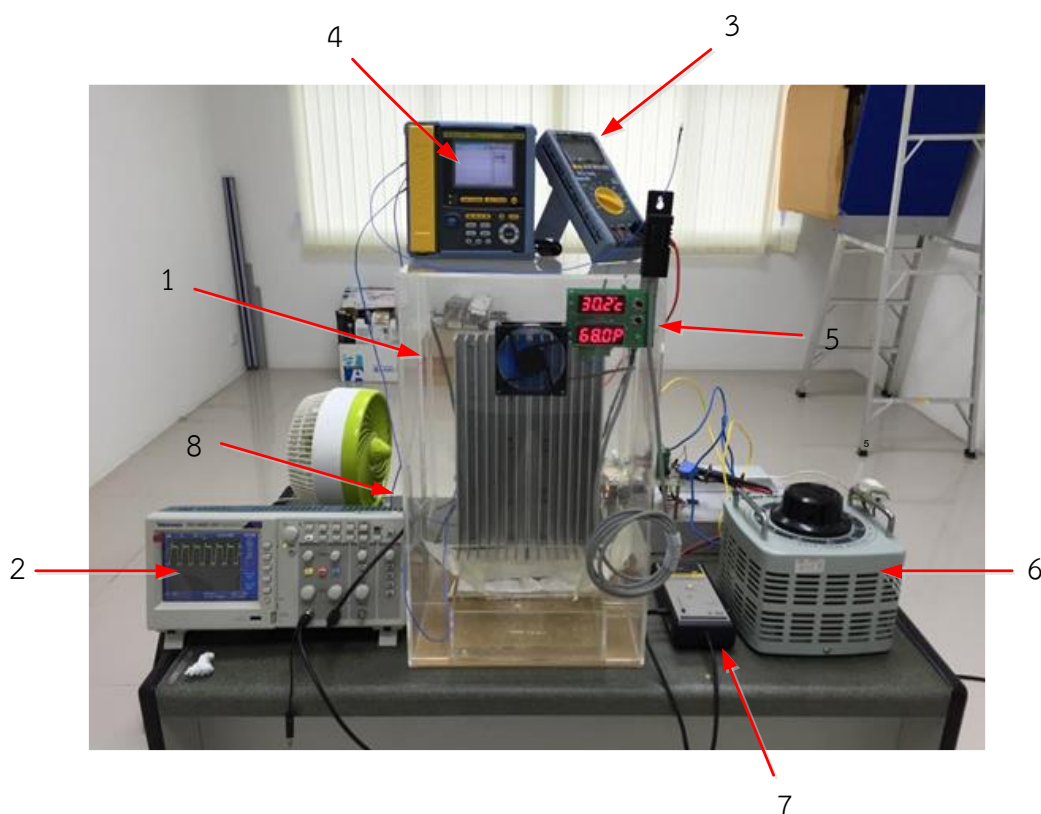
จากทฤษฎีและการนำเสนอในข้างต้น ได้มีการทดลองวงจรและวัดสัญญาณส่วนต่างๆ ของวงจร ได้แก่ วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ การบันทึกผลการทดลอง และภาพสัญญาณต่างๆ ขณะวงจรทำงานจะนำเสนอได้ดังต่อไปนี้

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บผลของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ในการทดลองเก็บผลของเครื่องลดความชื้น จะใช้อุปกรณ์กับเครื่องมือต่างๆ ในการวัดค่า และบันทึกผลข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Thermoelectric | จำนวน 4 ตัว |
| 2. Oscilloscope 60 MHz 1 GS/ยี่ห้อ Textronix | จำนวน 1 เครื่อง |
| 3. Multi meter ยี่ห้อ KYORITSU | จำนวน 1 เครื่อง |
| 4. Data logger รุ่น XL100 | จำนวน 1 เครื่อง |
| 5. Temperature recorder | จำนวน 1 เครื่อง |
| 6. Variac | จำนวน 1 เครื่อง |
| 7. Passive Probe 1x10 ยี่ห้อ Tek | จำนวน 2 ตัว |
| 8. Current Probe ยี่ห้อ YOGOGAWA | จำนวน 1 ตัว |

ในการทดลองทำการลดความชื้นภายในห้องปิด โดยใช้เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ที่ทำการสร้างขึ้น มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า และทำการบันทึกผลการทดลองต่างๆ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 วงจรรวมเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

4.2 ผลการทดลองขณะจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก

4.2.1 ผลการทดลองขณะจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 24 V

จากการทดลองทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 4 ตัว โดยการต่ออนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 24 V แรงดันตกคร่อมที่เทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละ 6 V แล้วได้ทำการบันทึกค่าแรงดัน กระแส อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถจ่ายได้นำมาสรุปเป็นตารางแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 24 V

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
1	25.285	25.437
2	24.199	35.479
3	22.548	38.834
4	21.113	38.672

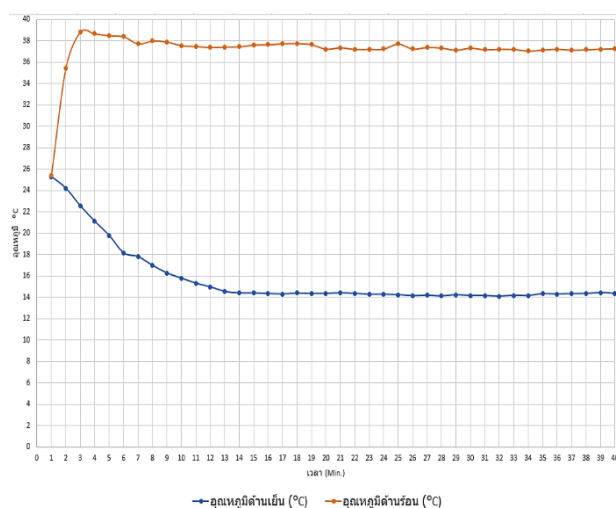
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
5	19.773	38.489
6	18.160	38.400
7	17.803	37.721
8	16.984	37.997
9	16.274	37.903
10	15.793	37.571
11	15.321	37.484
12	14.979	37.383
13	14.554	37.428
14	14.419	37.454
15	14.417	37.627
16	14.372	37.649
17	14.323	37.744
18	14.402	37.761
19	14.361	37.655
20	14.380	37.235
21	14.428	37.365
22	14.380	37.215
23	14.291	37.221
24	14.290	37.246
25	14.249	37.720
26	14.148	37.249
27	14.191	37.390
28	14.134	37.335
29	14.237	37.149
30	14.171	37.325

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
31	14.169	37.185
32	14.113	37.222
33	14.188	37.213
34	14.171	37.058
35	14.340	37.156
36	14.322	37.234
37	14.348	37.149
38	14.371	37.179
39	14.451	37.239
40	14.388	37.271

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกที่อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น ในขณะที่ยังไม่มีกระแสจ่ายแรงดัน จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัวต่ออนุกรม แล้วทำการจ่ายแรงดัน 24 V จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 38.834 °C และอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 14.113 °C ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 24 V

4.2.2 ผลการทดลองขณะจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 36 V

จากการทดลองทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 4 ตัว โดยการต่ออนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 36 V แรงดันตกคร่อมที่เทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละตัวละ 9 V แล้วได้ทำการบันทึกค่าแรงดัน กระแส อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถจ่ายได้นำมาสรุปเป็นตารางแสดงในตารางที่ 4.2

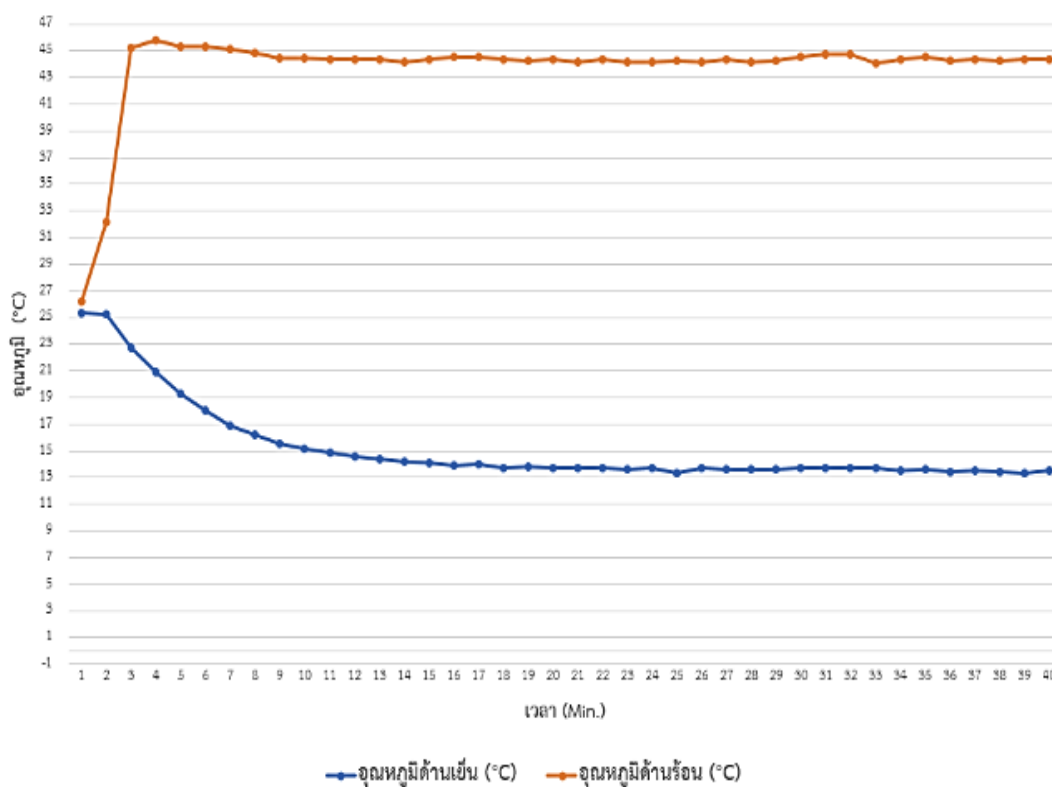
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 36 V

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
1	25.386	26.177
2	25.206	32.129
3	22.773	45.275
4	20.935	45.773
5	19.269	45.298
6	18.027	45.374
7	16.926	45.174
8	16.201	44.836
9	15.516	44.491
10	15.130	44.437
11	14.862	44.406
12	14.563	44.390
13	14.357	44.329
14	14.184	44.206
15	14.066	44.366
16	13.947	44.573
17	13.963	44.588
18	13.750	44.335
19	13.812	44.258
20	13.694	44.373

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
21	13.717	44.211
22	13.678	44.357
23	13.654	44.150
24	13.669	44.211
25	13.329	44.228
26	13.700	44.195
27	13.614	44.341
28	13.629	44.172
29	13.645	44.279
30	13.708	44.570
31	13.755	44.708
32	13.715	44.716
33	13.684	44.041
34	13.550	44.324
35	13.652	44.516
36	13.384	44.301
37	13.541	44.408
38	13.415	44.285
39	13.328	44.339
40	13.478	44.392

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกที่อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น ในขณะที่ยังไม่มีกระแสจ่ายแรงดัน จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัวต่ออนุกรม แล้วทำการจ่ายแรงดัน 36 V จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 45.773 °C และอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 13.328 °C ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 36 V

4.2.3 ผลการทดลองขณะจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 48 V

จากการทดลองทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 4 ตัว โดยการต่ออนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 48 V แรงดันตกคร่อมที่เทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละตัวละ 12 V แล้วได้ทำการบันทึกค่าแรงดันกระแส อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถจ่ายได้นำมาสรุปเป็นตารางแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองอุณหภูมิ Thermoelectric TEC1.12710 ต่ออนุกรม 48 V

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
1	25.083	26.015
2	23.195	49.778
3	21.007	52.040

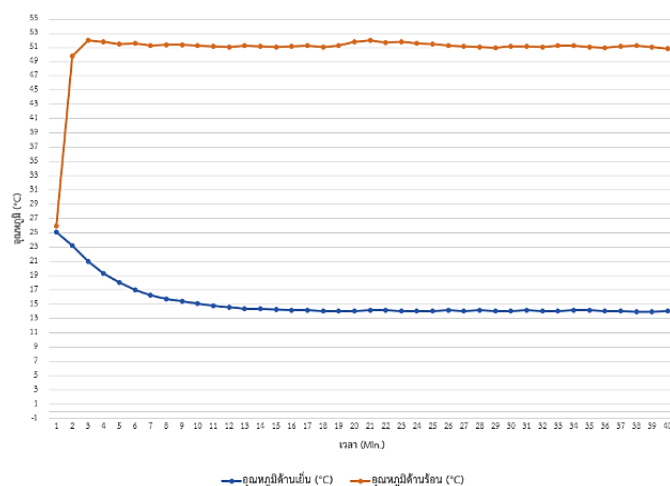
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
4	19.381	51.742
5	18.029	51.528
6	17.046	51.627
7	16.243	51.260
8	15.771	51.352
9	15.401	51.405
10	15.165	51.314
11	14.842	51.138
12	14.606	51.092
13	14.433	51.290
14	14.425	51.145
15	14.330	51.100
16	14.228	51.184
17	14.196	51.290
18	14.062	51.023
19	14.117	51.260
20	14.086	51.779
21	14.133	51.963
22	14.133	51.687
23	14.078	51.772
24	14.031	51.634
25	14.086	51.504
26	14.133	51.275
27	14.086	51.183
28	14.133	51.046

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)
29	14.086	51.000
32	14.086	51.046
33	14.086	51.229
34	14.180	51.275
35	14.180	51.091
36	14.086	51.000
37	14.086	51.183
38	13.983	51.267
39	13.999	51.053
40	14.038	50.862

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกที่อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นในขณะที่ยังไม่มีการจ่ายแรงดัน จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัวต่ออนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 48 V จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 52.040 °C และอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 13.983 °C ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการต่ออนุกรมที่แรงดัน 48 V

ผลจากการทำการทดลองเมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัว มาต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนาน ที่แรงดันตกคร่อมที่ต่างกัน คือ 6 V, 9 V, 12 V ทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลา 40 นาที และสรุปผลดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม

ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล แบบอนุกรม			
แรงดัน (V)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (min)	อัตราการกินกระแส (A)
6	14.113	32	3.65
9	13.328	39	5.25
12	13.983	38	6.58

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน

ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล แบบขนาน			
แรงดัน (V)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (min)	อัตราการกินกระแส (A)
6	16.703	33	12.90
9	16.008	37	17.05
12	16.313	39	25.28

จากการทดลอง สามารถสรุปผลได้ตามตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 24 V โดยจะมีแรงดันตกคร่อมเทอร์โมอิเล็กทริกตัวละ 6 V นั้น สามารถทำการลดอุณหภูมิลงได้ถึงจุดกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้ และกินกระแสต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเลือกนำแรงดันที่ 24 V นำมาใช้ออกแบบใช้ทดสอบวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์

4.3 ผลการทดลองใช้งานจริง

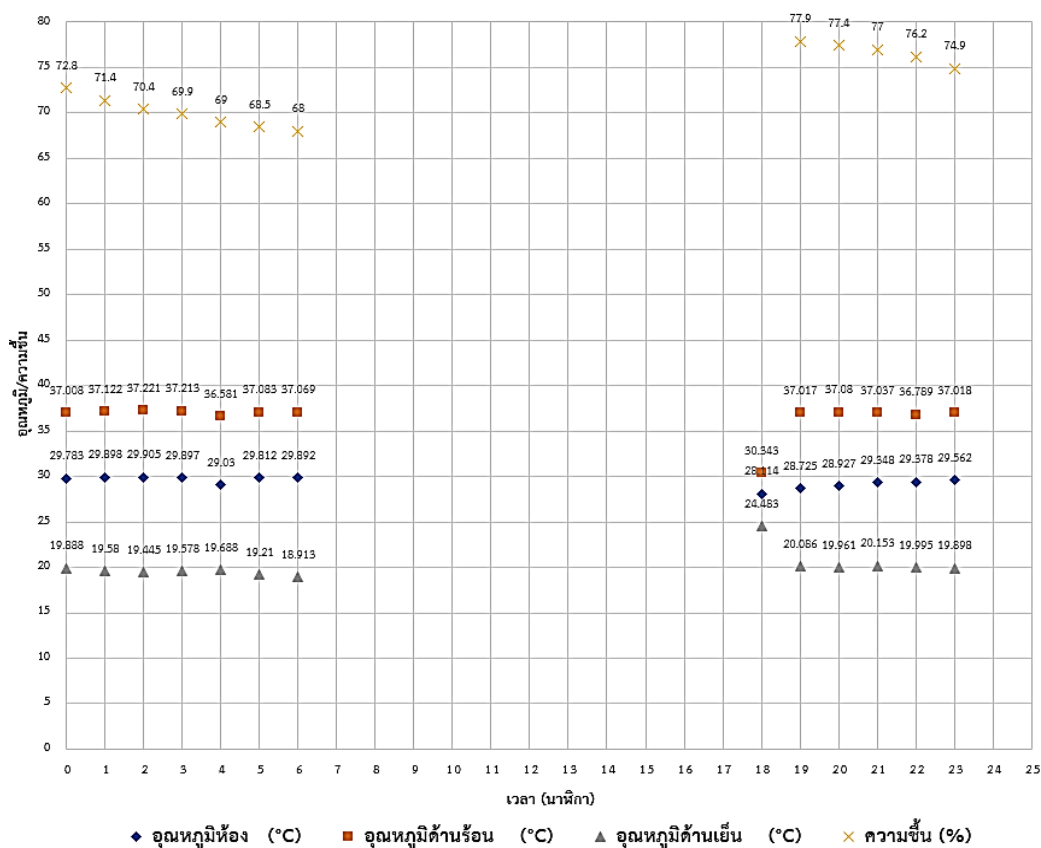
ทำการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการทดลอง 12 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิด้านร้อน อุณหภูมิด้านเย็น และความชื้น แล้วนำผลการทดลองที่ได้สรุปลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 1

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	28.114	30.343	24.483	83.0
19.00	28.725	37.017	20.086	77.9
20.00	28.927	37.080	19.961	77.4
21.00	29.348	37.037	20.153	77.0
22.00	29.378	36.789	19.995	76.2
23.00	29.562	37.018	19.898	74.9
0.00	29.783	37.008	19.888	72.8
1.00	29.898	37.122	19.580	71.4
2.00	29.905	37.221	19.445	70.4
3.00	29.897	37.213	19.578	69.9
4.00	29.030	36.581	19.688	69.0
5.00	29.812	37.083	19.210	68.5
6.00	29.892	37.069	18.913	68.0

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 8 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 9 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 00.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นภายในห้องที่ 83 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลอง ความชื้นภายในห้องลดลงเหลือ 68 เปอร์เซ็นต์

ก่อนเริ่มทำการลดความชื้น มีความชื้นภายในห้องอยู่ที่ 83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มทำการจ่ายแรงดัน 24 V ให้กับเครื่องลดความชื้น ความชื้นภายในห้องจะลดลงเรื่อยๆ หลังจากทำการทดลองผ่านไปครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นภายในห้องลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความชื้น ครั้งที่ 1

ทำการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการทดลอง 12 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิด้านร้อน อุณหภูมิด้านเย็น และความชื้น แล้วนำผลการทดลองที่ได้สรุปลงในตารางที่ 4.6 หลังจากนั้นทำการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2 ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.7

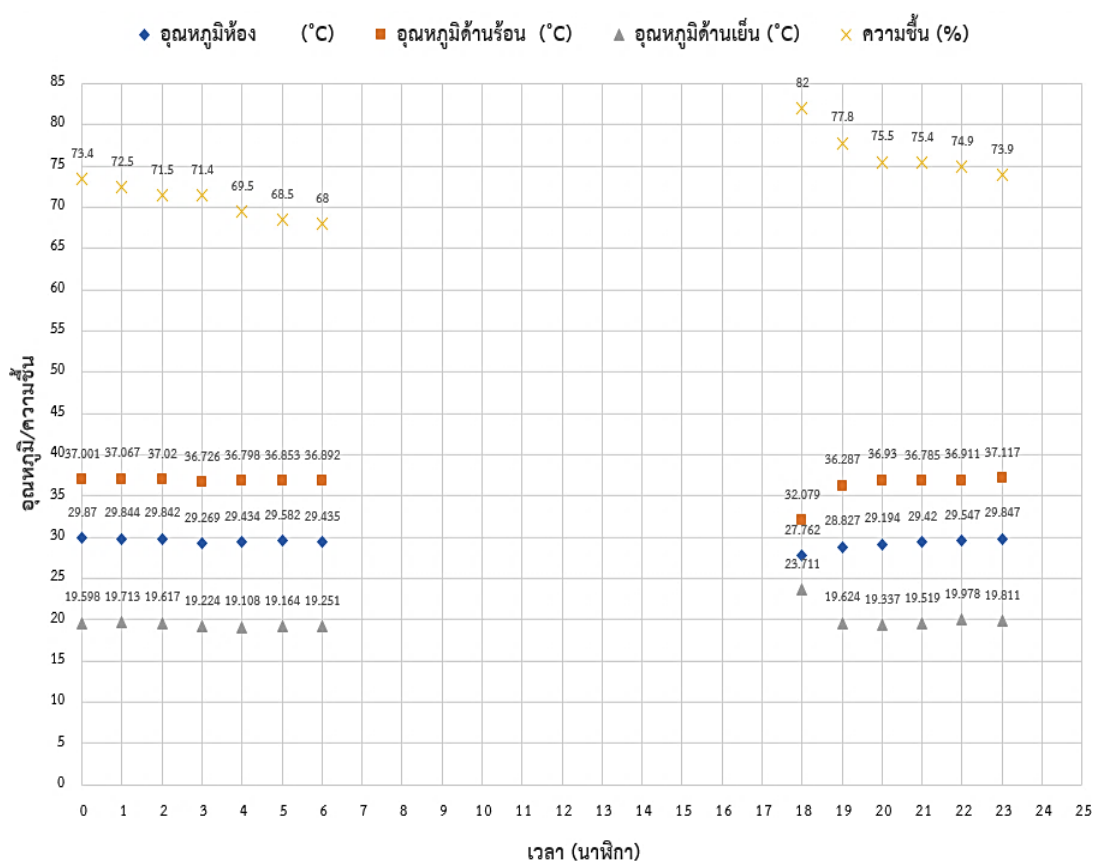
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 2

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	27.762	32.079	23.711	82.0
19.00	28.827	36.287	19.624	77.8
20.00	29.194	36.930	19.337	75.5
21.00	29.420	36.785	19.519	75.4

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
22.00	29.547	36.911	19.978	74.9
23.00	29.847	37.117	19.811	73.9
0.00	29.870	37.001	19.598	73.4
1.00	29.844	37.067	19.713	72.5
2.00	29.842	37.020	19.617	71.5
3.00	29.269	36.726	19.224	71.4
4.00	29.434	36.798	19.108	69.5
5.00	29.582	36.853	19.164	68.5
6.00	29.435	36.892	19.251	68.0

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 9 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 10 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 0.01 น. - 06.00 น. ก่อนเริ่มทำการทดลองลดความชื้น มีความชื้นภายในห้องอยู่ที่ 82 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มทำการจ่ายแรงดัน 24 V ให้กับเครื่องลดความชื้น ความชื้นภายในห้องจะลดลงเรื่อยๆ หลังจากทำการทดลองผ่านไปครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นภายในห้องลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความชื้น ครั้งที่ 2

เมื่อทำการทดลองของเครื่องลดความชื้นภายในห้อง เมื่อเทอร์โมอิเล็กทริกทำงาน อากาศและความชื้นภายในห้องจะถูกดูดเข้าไปในเครื่องลดความชื้น เมื่อทำการทดลองผ่านไป 20 นาที เริ่มมีหยดน้ำก่อตัวขึ้นที่ซิงก์ของเครื่องลดความชื้น โดยผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 3 แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 3

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิผิวนร้อน (°C)	อุณหภูมิผิวนเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	28.114	30.343	24.483	83.0
19.00	28.725	37.017	20.086	77.9
20.00	28.927	37.080	19.961	77.4
21.00	29.348	37.037	20.153	77.0
22.00	29.378	36.789	19.995	76.2

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
23.00	29.562	37.018	19.898	74.9
0.00	29.783	37.008	19.888	72.8
1.00	29.898	37.122	19.580	71.4
2.00	29.905	37.221	19.445	70.4
3.00	29.897	37.213	19.578	69.9
4.00	29.030	36.581	19.688	69.0
5.00	29.812	37.083	19.210	68.5
6.00	29.892	37.069	18.913	68.0

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 23 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 24 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 0.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นอยู่ภายในห้องที่ 83 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลอง ความชื้นภายในห้องลดลงเหลือ 68 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 4

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	27.962	32.179	23.761	76.4
19.00	28.837	36.289	19.634	74.7
20.00	29.297	36.101	19.337	74.2
21.00	29.421	36.785	19.519	73.7
22.00	29.547	36.911	19.978	72.9
23.00	29.847	37.117	19.811	71.8
0.00	29.817	37.101	19.498	70.2
1.00	29.844	37.068	19.723	69.3
2.00	29.842	37.02	19.612	68.7
3.00	29.269	36.626	19.224	68.3
4.00	29.434	36.798	19.108	67.7

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
5.00	29.582	36.853	19.164	67.4
6.00	29.435	36.892	19.251	67.2

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 24 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 25 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 00.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นอยู่ภายในห้องที่ 76.4 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลอง ความชื้นภายในห้องลดลงเหลือ 67.2 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 5

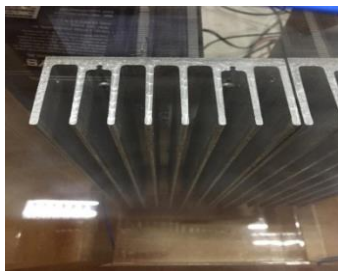
เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	27.452	29.335	23.582	90
19.00	27.623	35.023	19.039	85.5
20.00	27.824	35.084	18.941	81.2
21.00	27.945	35.035	19.154	78.9
22.00	28.176	34.889	18.993	77.1
23.00	28.367	35.021	18.896	75.8
0.00	28.489	35.01	18.878	74.2
1.00	28.512	35.127	18.562	73
2.00	28.41	35.329	18.439	72.1
3.00	28.501	35.212	18.567	71.4
4.00	28.656	34.678	18.673	70.6
5.00	28.712	35.189	18.225	69.5
6.00	28.822	35.056	17.946	69

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 25 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 26 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 00.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นอยู่ภายในห้องที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลองลดลงเหลือ 69 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกครั้งที่ 6

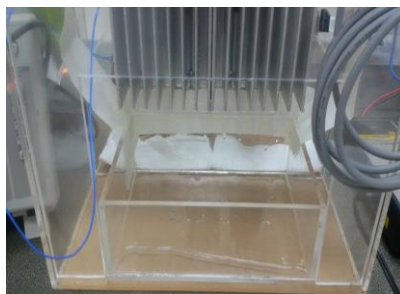
เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	28.625	34.342	25.438	70
19.00	29.124	38.438	21.527	69.1
20.00	29.337	38.484	20.641	68.7
21.00	29.748	38.153	21.643	68.4
22.00	29.788	38.096	20.695	68.1
23.00	30.014	37.426	20.553	67.5
0.00	30.254	38.175	20.531	67
1.00	30.725	38.087	20.346	66.5
2.00	30.904	38.122	20.299	66.2
3.00	30.687	38.241	20.305	65.8
4.00	30.357	38.226	20.486	65.6
5.00	30.839	37.399	20.263	65.3
6.00	30.902	38.096	19.947	65

หมายเหตุ ทำการทดลองวันที่ 26 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 00.00 น. และวันที่ 27 มีนาคม 2565 ตั้งแต่เวลา 00.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นอยู่ภายในห้องที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลอง ความชื้นภายในห้องลดลงเหลือ 65 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4.7 น้ำเริ่มมีการต่อตัวขึ้นที่ซิงก์

จากที่ได้ทำการทดลองเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 30.35 นาที ไอน้ำที่ก่อตัวขึ้นจะรวมตัวกันแล้วหยดลงสู่ถาดรองน้ำ ดังภาพที่ 4.7 และ ภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 น้ำเริ่มหยดลงจากซิงก์

จากที่ได้ทำการทดลองเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง เครื่องลดความชื้นจะสามารถลดความชื้นได้ 15 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ได้จากการลดความชื้นก็คือ น้ำปริมาณ 425 กรัม ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 หยดน้ำที่ได้จากการทดสอบเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

เมื่อทำการทดลองลดความชื้นภายในห้องเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง เครื่องลดความชื้นจะสามารถลดความชื้นได้ 15 เปอร์เซ็นต์ และผลที่ได้จากการลดความชื้นก็คือ น้ำปริมาณ 425 กรัม แล้วนำน้ำที่ได้ไปใส่ภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อทำให้เห็นปริมาณน้ำได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ปริมาณน้ำที่ได้จากการลดความชื้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเรื่อง เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถสรุปผลการทดลองได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1) เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถลดปริมาณความชื้นภายในห้องขนาด $4.70 \times 6.82 \times 3.30$ เมตร ลงได้ โดยสามารถควบคุมความชื้นไม่ให้ขึ้นสูงขึ้น โดยควบคุมปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของอากาศแวดล้อมด้านนอก สำหรับอุณหภูมินั้น เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถควบคุมให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมด้านนอกได้ แต่อุณหภูมิของอากาศยังเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมด้านนอกและความร้อนจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้งาน

2) อัตราการไหลของอากาศ ที่ผ่านด้านเย็นของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก มีผลทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำในอากาศ โดยมีอัตราการไหลของอากาศมากเกินไปทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำในอากาศน้อยลง

3) ปริมาณน้ำที่ได้จากการควบแน่นมีค่ามากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในแต่ละวัน ในกรณีที่ปริมาณความชื้นระหว่างวันมีค่าน้อย การควบแน่นของน้ำก็จะน้อยกว่าในกรณีที่ปริมาณความชื้นระหว่างวันมีค่ามาก เมื่อเทียบกับอุณหภูมิผิวครีبد้านเย็นที่เท่ากัน

4) อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดความชื้น คือ กรณีที่อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมสูง การระบายความร้อนที่ผิวด้านร้อนทำได้น้อยลงส่งผลให้ความร้อนถ่ายเทสูง ด้านเย็นส่งผลให้อุณหภูมิผิวครีبد้านเย็นเพิ่มสูงขึ้น

5) ทดลองลดความชื้นครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นภายในห้องลดลง 15%RH ปริมาณน้ำที่ได้จากการลดความชื้น คือ 425 กรัม

6) จากการทดลองของเครื่องลดความชื้น เมื่อเวลาผ่านไป 15.20 นาที จะเห็นไอน้ำจับตัวที่ซิงก์ด้านเย็น หลังจากนั้นประมาณ 10 นาที น้ำที่เกาะบริเวณซิงก์ด้านเย็น จะลดลงสู่บริเวณถาดรองน้ำ

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน

1) เทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้เกิดปัญหาทำให้ค่าแรงดันที่วัดได้คลาดเคลื่อน คือ เทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละตัวกินแรงดันไม่เท่ากัน

2) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนไม่ทันทำให้ความร้อนไหลย้อนกลับไปฝั่งอุณหภูมิด้านเย็น

3) เครื่องมีวัตต์มีความคลาดเคลื่อนทำให้ข้อมูลที่ได้คลาดเคลื่อน

5.2.2 การแก้ไข

- 1) เปลี่ยนเทอร์โมอิเล็กทริกใหม่ทั้ง 4 ตัวเพื่อให้สมดุลเพราะเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาเปลี่ยนใหม่เป็นคนละรุ่นกับเทอร์โมอิเล็กทริกตัวเก่า
- 2) ทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อให้ระบายความร้อนได้ดียิ่งขึ้น
- 3) ทำการทดลองบันทึกผล 2 ครั้งแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเฉลี่ยเพื่อให้ได้ผลตามจุดประสงค์

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่นๆ

5.3.1 การนำไปใช้ประโยชน์

- 1) สามารถนำผลการทดลองไปใช้วิเคราะห์เพื่อออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นำไปใช้กับเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพที่สุดได้
- 2) สามารถเลือกใช้ชนิดของวงจรคอนเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับเทอร์โมอิเล็กทริก
- 3) สามารถนำเทอร์โมอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้กับการลดความร้อน

5.3.2 แนวทางการประยุกต์หรือพัฒนาต่อยอดในลักษณะอื่น

- 1) เครื่องลดความร้อนแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดลองควรออกแบบให้สามารถควบคุมอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกให้ได้ตามที่ต้องการ
- 2) ถ้าต้องการให้เครื่องลดความร้อนแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ลดความร้อนลงมากกว่า 65% ควรออกแบบให้การระบายความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีมากขึ้น เพื่อที่จะสามารถทำให้อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ลดลงได้มากขึ้น
- 3) ถ้าต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายในวงจรการออกแบบภาคจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถใช้วงจรแปลงไฟฟ้าแบบ Linear แบบเชิงเส้นได้ เพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ในตัววงจรไฟฟ้า ให้มีปริมาณที่น้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Letsatitthanakorn C, “3.D Numerical Modeling of Laminar Free Convection in fin Heat Exchanger: Application to the Design of Thermoelectric Air Conditioner,” A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Drgree of Doctor of Philosophy, Energy Technology Program, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2010.
- [2] Vain, J.G, Astrain, D, Domingues, M, “Numerical modling and a design of a thermo electric dehumidifier,” *Applied Thermal Engineering*22, 2012, pp. 407–422.
- [3] Sofrata, H, “Heat Rejection Alternatives for Thermoelectric Refrigerators,” *Energy Conver.Mgmt.*, Vol. 39, No.3, 2001, pp. 269–280.
- [4] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทอร์โมอิเล็กทริก [ออนไลน์]. สาระสังเขป (16 พฤษภาคม 2556). สืบค้นจาก :<http://pineapple.eyes.snru.ac.th/thermo/?q=node/6>
- [5] ทศวัลย์ คัมภีระพันธุ์ และวรวิทย์ โกสลาทิพย์. วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกจิ๋ว และแจ๋ว [ออนไลน์]. สาระสังเขป (16 พฤษภาคม 2556). สืบค้นจาก : <http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>
- [6] Tellurex Coporation, “Frequently Asked Question,” 2010, from <http://www.tellurex.com/resoure/txfaqc.htm>
- [7] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และวุฒิพล ธาราธีรเศณษฐ, แหล่งจ่ายกำลังสวิตชิงในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง, ห้างหุ้นส่วนจำกัดวี.เจ.พรินติง, 2555, หน้าที่ 638-641.
- [8] N. Yangsuay, B. Suechoey, N. Suwanchatree, S. Bunjongjit, “Thermoelectric Dehumidifier,” in *Proceedings of 9th SAU National Interdisciplinary Conference (SAUNIC 2022)*, Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability, 2022 pp. 329-335.

ภาคผนวก ก
คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก

**Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd****Thermoelectric
Cooler****TEC1-12710****Performance Specifications**

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	85	96
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	10.5	10.5
V _{max} (Volts)	15.2	17.4
Module Resistance (Ohms)	1.08	1.24

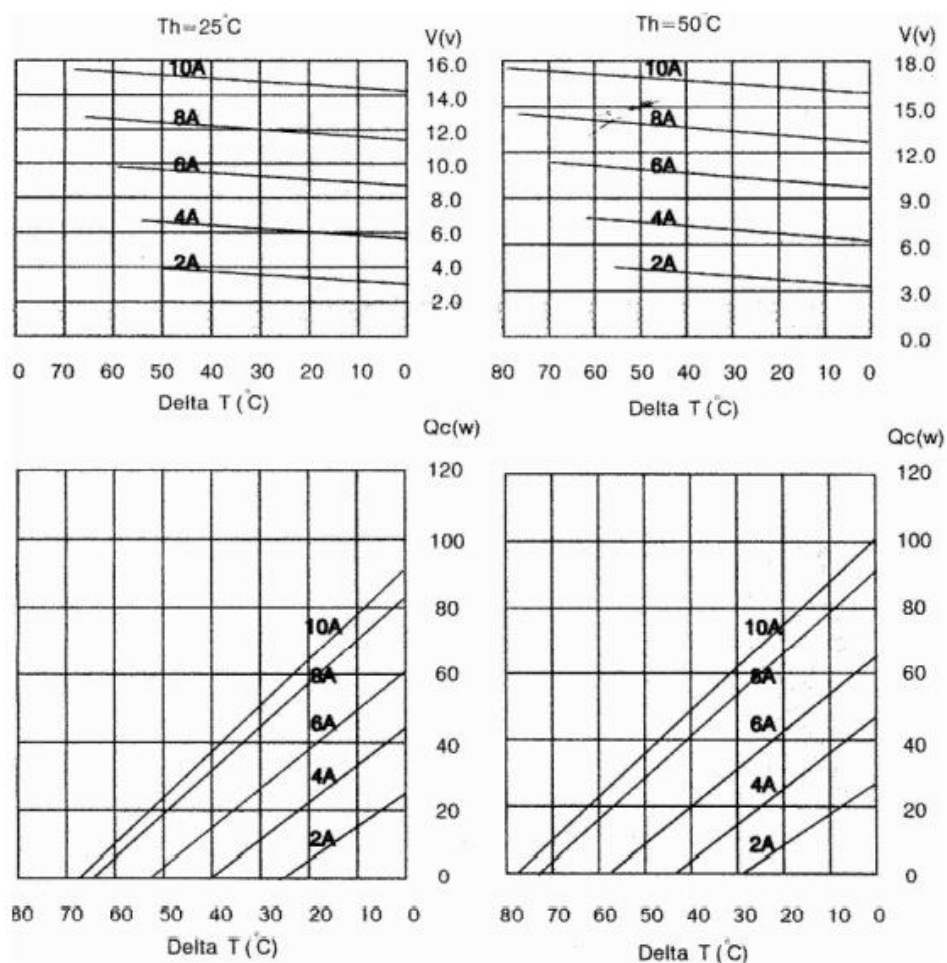


Performance curves on page 2



Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd

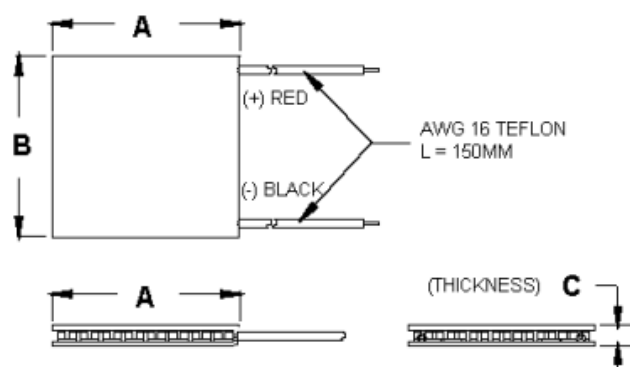
TEC1-12710





Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd

TEC1-12710



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.3			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

ภาคผนวก ข
บทความวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่



รายงานสืบเนื่อง การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9
สหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565
The 9th SAU National Interdisciplinary Conference 2022



"การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมสู่เศรษฐกิจ BCG เพื่อความยั่งยืน"
(Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability)
ในวันศุกร์ที่ 24 - วันเสาร์ที่ 25 มิถุนายน 2565
ณ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



บริษัท คันไซ 1980 เอ็นจิเนียริง จำกัด (ผู้สนับสนุน)
 Kansai 1980 Engineering Co., Ltd.



<http://saunic2022.sau.ac.th>



สารบัญบทความ (ต่อ)

เลขที่บทความ / ชื่อเรื่อง / ผู้แต่ง	หน้าที่
107	
การบำบัดน้ำเสียโดยการกระจายน้ำเสียดินบนพื้นที่การเพาะปลูก ภานุวัฒน์ แตระกุล, วฐา ยงสมิทธิ์ และ ณัฐพล พุฒยางกูร	290 - 297
108	
การเปรียบเทียบต้นทุน เวลา และคุณภาพระหว่างวิธีการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป กับวิธีหล่อในที่ของโครงสร้างหลักในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว วรเทพ วโรตมะกุล และ สุรศักดิ์ คลังสุภาวิวัฒน์	298 - 305
109	
การสำรวจความคิดเห็นเพื่อการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกบนสะพานลอยคนข้าม กรณีศึกษา : สะพานลอยคนข้ามหน้ามหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์ ปราโมทย์ หาปัญนะ และ สุรศักดิ์ คลังสุภาวิวัฒน์	306 - 312
112	
การเปรียบเทียบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะระบบเปียก ด้วยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์และทฤษฎีทางสถิติศาสตร์ วราธร แก้วแสง	313 - 320
113	
การวิเคราะห์ความสูญเสียต่อพื้นที่ผิวการระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า เกรียงไกร กิจสวัสดิ์, บุญเลิศ สื่อเจีย, อติศักดิ์ มนต์ประภัสสร, สมมาตร ปิยะพงศ์เดชา และ มณฑล สีสัจจินดาไกร ฤกษ์	321 - 328
114	
เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย, บุญเลิศ สื่อเจีย, บุญกุล สุวรรณชาติ และ ศุภี บรรจงจิตร	329 - 335
115	
สถานที่อับอากาศจำลองจากก๊าซแอลพีจีกับก๊าซไนโตรเจน สมยศ เสาะหาอึ้ง	336 - 341



**SAUNIC
2022**

ประกาศนียบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย, บุญเลิศ สือเฉย, บุญล สุวรรณชาตรี และ ศุภี บรรจงจิต

ได้นำเสนอผลงานวิจัยและผลงานวิชาการในหัวข้อ

เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9 สหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565

* การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมสู่เศรษฐกิจ BCG เพื่อความยั่งยืน * (Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability)

ในวันศุกร์ที่ 24 – วันเสาร์ที่ 25 มิถุนายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

นิพนธ์ หินนิ.

(ดร.ฉัททวนี พิชชล)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



PP. No. 114



สนับสนุนโดย



เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

Thermoelectric Dehumidifier

ณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย^{1*}, บุญเลิศ สือเฉย¹, นกุล สุวรรณชาติ² และ ศุภี บรรจงจิตร³

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

³ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศาลายา
อำเภอศาลายา จังหวัดนครปฐม

*ติดต่อ: E-mail: s6344010005@saunac.th เบอร์โทรศัพท์ 08-4570-0618

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการสร้างเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ ที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1-12710 จำนวน 4 โมดูล ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งกับเครื่องระบายความร้อนแบบครีป ที่มีลักษณะเป็น ครีบอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 94 x 51 x 305 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน และด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก จะ ระบายความร้อนด้วยฮีตไปป์ ขนาด 85 x 38 x 87 มิลลิเมตร และติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 4 ชุด ซึ่ง การถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็นและด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะให้การถ่ายเทความร้อนแบบบังคับโดยการติดตั้งพัดลม ทำ การทดสอบเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นภายในห้องปิด โดยเปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 1 วัน จากผลการทดลองที่เกิดขึ้นพบว่า ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 3.65 แอมแปร์ สามารถลดความชื้นภายในห้อง 0.840 กิโลกรัมต่อวัน โดยที่เสียค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า 12 บาทต่อวัน

คำหลัก : เทอร์โมอิเล็กทริก ฮีตไปป์ ฮีตซิงก์ การลดความชื้น การถ่ายเทความร้อนแบบบังคับ

Abstract

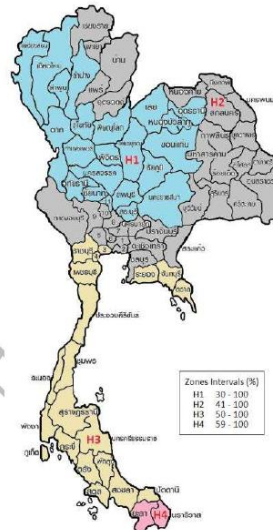
This research presents a prototype of thermoelectric dehumidifier which use the 4 thermoelectric modules (TEC1-12710). The cold side of the thermoelectric module was mounted on an aluminum heatsink that has 94 x 51 x 305 millimeter dimension. The hot side of the thermoelectric was install a heat pipe heat exchanger on each module. The dimension of heat pipe are 85 x 38 x 87 millimeter and cooling by 3 inch ventilation fan. The hot side and cold side of the thermoelectric module was exchange heat by force convection. The testing of thermoelectric dehumidifier was experiment in closed chamber and operate the dehumidifier on 24 hour. The experiment results, the optimum performance were obtained when supplied 3.65 A electrical current to the thermoelectric modules and the thermoelectric dehumidifier reduced room moisture about 0.840 kg per day. The electricity cost was only 12 bath/day.

Keywords: Thermoelectric, Heat Pipe, Heat Sink, Dehumidifier, Force Convection

1. บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีอุณหภูมิและความชื้นสูง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60-80 % [1] ดังนั้นการปรับสภาพอากาศจึงเป็นการลดภาระความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝง หากเราสามารถลดความชื้นของอากาศลงได้ ก็เท่ากับเป็นการลดภาระความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝงลงได้ โดยการใช้เครื่องลดความชื้นซึ่งเป็นแบบระบบอัดไอ หรือการใช้สารดูดความชื้น แต่ก็ยังมีข้อเสียที่ยากแก่การแก้ปัญหาขึ้นหลายอย่าง คือ ในขณะทำงานมีเสียงดัง, การสิ้นเปลืองของเครื่องอัด ขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก [2] และการรั่วซึมของสารทำงานซึ่งจะมีองค์ประกอบของสาร CFCs โดยสาร CFCs เป็นสารที่มีความเสถียรสูงมาก สามารถที่จะคงอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นเวลานาน 100-200 ปี ก่อนจะสลายตัว [1] และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสารดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยากับโอโซนในชั้นบรรยากาศได้เป็นอย่างดี ทำให้ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลงเกิดรอยโหว่ของโอโซนขึ้น เป็นผลให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ตกกระทบพื้นโลกเป็นปริมาณมากขึ้นสำหรับการใช้สารดูดความชื้น ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ต้องมีการดึงความชื้นออกจากสารดูดความชื้นเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแต่ผลที่ตามมา คืออากาศจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

จากเหตุการณ์ที่กล่าวข้างต้นจึงมีแนวคิดในการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการลดความชื้นของอากาศ โดยการนำอากาศที่ต้องการลดความชื้นผ่านด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก อากาศที่ได้จะมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง และที่สำคัญเทอร์โมอิเล็กทริกยังมีข้อดีต่าง ๆ เช่น ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว ทำให้ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก มีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องใช้สารทำงานที่มีส่วนประกอบของสาร CFCs สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย และยังมีขนาดเล็กกระทัดรัดอีกด้วย [3,2] จะเห็นได้ว่าการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องลดความชื้นแบบอัดไอได้



รูปที่ 1 โซนความชื้นของประเทศไทย

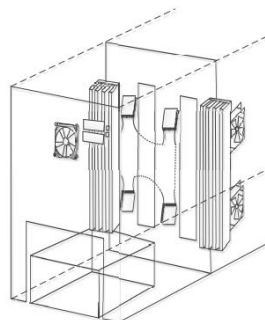
2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อออกแบบเครื่องลดความชื้นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก
- 2.2 เพื่อออกแบบวงจรกำลังสำหรับเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

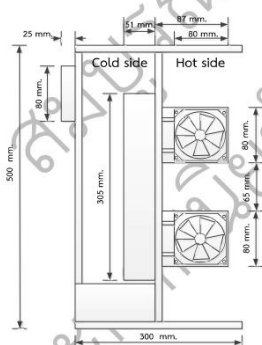
3.1 การออกแบบเครื่องลดความชื้น

โครงสร้างของเครื่องลดความชื้น เนื่องจากทนทาน ต่อแรงกระแทก มีความเหนียว ไม่ดูดความชื้น และสามารถรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกได้โดยไม่เกิดความเสียหาย จะแบ่งเครื่องลดความชื้นออกเป็น 2 ฝั่ง คือฝั่งด้านเย็น และฝั่งด้านร้อน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

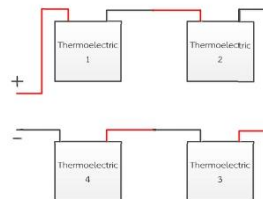
ภายในเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ที่มี 2 ด้าน ทั้งด้านร้อนและด้านเย็นจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น พัดลมระบายอากาศ ฮีตซิงก์ และชุดฮีตไปป์ เป็นต้น จะมีขนาดดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขนาดของเครื่องลดความชื้น

3.2 ทำการทดสอบเครื่องลดความชื้นโดยใช้วงจรเรียงกระแส

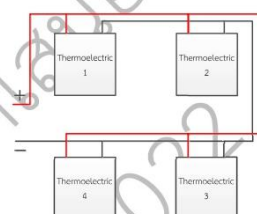
ผลจากการทำการทดลองเมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริก 4 ตัว มาต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนาน ที่แรงดันตกคร่อมที่ต่างกัน คือ 6 V, 9 V, 12 V ทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลา 40 นาที และสรุปผลดังตารางที่ 1



รูปที่ 4 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม

แรงดัน (V)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (min)	อัตราการกินกระแส (A)
6	14.113	32	3.65
9	13.328	39	5.25
12	13.983	38	6.58



รูปที่ 5 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองเครื่องลดความชื้นด้วยวิธีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาน

แรงดัน (V)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	เวลาที่ใช้ (min)	อัตราการกินกระแส (A)
6	16.703	33	12.90
9	16.008	37	17.05
12	16.313	39	25.28

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรมแล้วทำการจ่ายแรงดัน 24 V โดยจะมีแรงดันตกคร่อมเทอร์โมอิเล็กทริกตัวละ 6 V นั้น สามารถทำการลดอุณหภูมิลงได้ถึงจุดกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศได้ และกินกระแสต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเลือกนำแรงดันที่ 24 V นำมาใช้ออกแบบใช้ทดสอบวงจร ฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

3.3 วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)

ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านขาเข้าของวงจรไฟฟ้า ที่แรงดัน 311 V จากนั้นจะทำการลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงด้วยวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ เพื่อจ่ายให้กับวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ ที่ต้องการแรงดัน 24 V โดยใช้ไอซีที่เป็นตัวสวิตช์ซึ่งเป็นวงจรแปลงผันแบบฟูลบริดจ์ แล้วต่อกับหม้อแปลงเหนี่ยวนำโดยมีขดลวดเหนี่ยวนำต่ออยู่ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงซึ่งทำหน้าที่ให้กำเนิดความร้อนกับโหลด โดยตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กจะสะสมพลังงานขณะสวิตช์นำกระแสและจะคายพลังงานไปยังโหลดขณะสวิตช์ไม่นำกระแส ส่วนวงจรกรองแรงดันด้านเอาต์พุตจะใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงเรียบและมีแรงดันกระแสเพื่อมอดลง

3.4 การพันหม้อแปลงฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

จำนวนรอบของขดลวดทองแดงที่พันในหม้อแปลงฝั่งปฐมภูมิหาได้จากสมการ

$$N_1 = \frac{D_{min} V_{in,max}}{A_c B_m f_s} \quad (1)$$

โดย N_1 = จำนวนรอบของขดลวดฝั่งปฐมภูมิ

D_{min} = ค่าตัวชี้เซลล์ต่ำสุด

$V_{in,max}$ = แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงสุด

A_c = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก

B_m = ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด

f_s = ความถี่

$$D_{min} = \frac{D_{max}}{D_{max} + \left[(1 - D_{max}) \left(\frac{V_{in,max}}{V_{in,min}} \right) \right]} \quad (2)$$

โดย D_{max} = ค่าตัวชี้เซลล์สูงสุด

$V_{in,min}$ = แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าต่ำสุด

$V_{in,max}$ = แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าสูงสุด

จำนวนรอบของขดลวดทองแดงที่พันในหม้อแปลงฝั่งทุติยภูมิหาได้จากสมการ

$$N_2 = \frac{N_1}{a} \quad (3)$$

โดย N_1 = จำนวนรอบของขดลวดฝั่งปฐมภูมิ

N_2 = จำนวนรอบของขดลวดฝั่งทุติยภูมิ

a = อัตราส่วนของหม้อแปลง

3.5 การคำนวณหาค่าตัวชี้เซลล์

หาได้จากสมการ

$$D = \frac{1}{\left(\frac{V_s}{V_o} \right) \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right) + 1} \quad (4)$$

โดย D = ค่าตัวชี้เซลล์

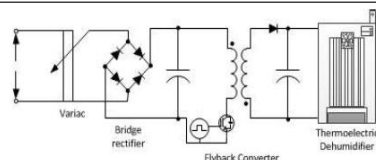
V_s = แรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

V_o = แรงดันไฟฟ้าด้านออก

ทำการสร้างระบบการลดความชื้นขึ้นเพื่อให้ทดสอบการลดอุณหภูมิกับความชื้นภายในห้องปิด และเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่ทำการจ่ายแรงดันต่างกันโดยผ่านวงจรเรียงกระแสโดยตรง เพื่อหาอุณหภูมิจุดกลับตัวของไอน้ำ แล้วทำการออกแบบและสร้างวงจรของเครื่องลดความชื้น ระบบการลดความชื้นที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

- 1) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Variat)
- 2) บริดจ์เรกติไฟเออร์
- 3) วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์
- 4) เทอร์โมอิเล็กทริก

แสดงการต่อเชื่อมของอุปกรณ์ในระบบการลดความชื้นที่สร้างขึ้น หลักการทำงานเบื้องต้นและรายละเอียดของส่วนประกอบหลัก ๆ ของระบบมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 6 ระบบการลดความชื้นที่ใช้ในการทดสอบ

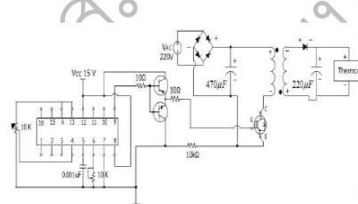
จ่ายแรงดัน 24 V ให้กับเครื่องลดความชื้น ความชื้นภายในห้องจะลดลงเรื่อยๆหลังจากทำการทดลองผ่านไปครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นภายในห้องลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 68 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 9 ผลการทดลองจากการลดความชื้น

4. ขั้นตอนการทดลอง

เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ประกอบด้วยชุดคอนโทรลคือ วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ TL494 และวงจรขยายสัญญาณโทเท็มโพล ใช้แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์จ่ายให้กับวงจรเพื่อนำไปขับสวิตช์ส่วนชุดภาคกำลัง จากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านบริดจ์เรกติไฟเออร์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 311 โวลต์ แล้วเข้าวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์จากนั้นจะหาหน้าที่ลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านปฐมภูมิที่แรงดัน 311 โวลต์ เมื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงลงทางด้านทุติยภูมิแรงดันด้านขาออกอยู่ที่ 24 โวลต์เพื่อนำไปจ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก ทั้ง 4 โมดูล โดยมีวงจรการทดสอบ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรที่ใช้ในการทดลองเครื่องลดความชื้น



รูปที่ 8 การทดลองเครื่องลดความชื้น

จากรูปที่ 8 แสดงผลก่อนเริ่มทำการลดความชื้นมีความชื้นภายในห้องอยู่ที่ 83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มทำการ

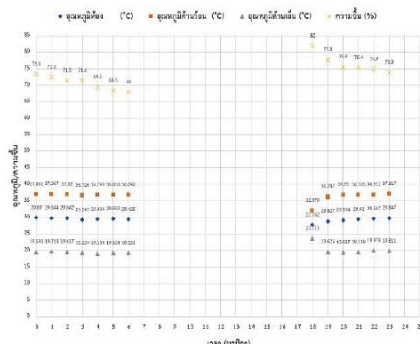
5. ผลการทดลอง

ทำการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการทดลอง 12 ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิด้านร้อน อุณหภูมิด้านเย็น และความชื้น แล้วนำผลการทดลองที่ได้สรุปลงในตาราง

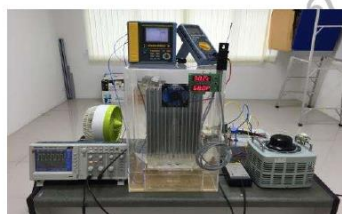
ตารางที่ 3 ผลการทดลองเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

เวลา (hour)	อุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิด้านร้อน (°C)	อุณหภูมิด้านเย็น (°C)	ความชื้น (%)
18.00	27.762	32.079	23.711	82.0
19.00	28.827	36.287	19.624	77.8
20.00	29.194	36.930	19.337	75.5
21.00	29.420	36.785	19.519	75.4
22.00	29.547	36.911	19.978	74.9
23.00	29.847	37.117	19.811	73.9
0.00	29.870	37.001	19.598	73.4
1.00	29.844	37.067	19.713	72.5
2.00	29.842	37.020	19.617	71.5
3.00	29.269	36.726	19.224	71.4
4.00	29.434	36.798	19.108	69.5
5.00	29.582	36.853	19.164	68.5
6.00	29.435	36.892	19.251	68.0

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองวันที่ 9 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 18.00 น. - 0.00 น. และวันที่ 10 มกราคม 2565 ตั้งแต่เวลา 0.01 น. - 06.00 น. ขณะเริ่มทำการทดลองมีความชื้นอยู่ในห้องที่ 82 เปอร์เซ็นต์ และหลังทำการทดลอง ความชื้นภายในห้องลดลงเหลือ 68 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 10 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิกับความชื้นของการทดลอง



รูปที่ 11 เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเรื่อง เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถสรุปผลการทดลองได้เป็นข้อๆ ดังนี้

6.1 เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถลดปริมาณความชื้นภายในห้องขนาด $4.70 \times 6.82 \times 3.30$ เมตร ลงได้ โดยสามารถควบคุมความชื้นไม่ให้ขึ้นสูงขึ้น โดยควบคุมปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของอากาศแวดล้อมด้านนอก สำหรับอุณหภูมินั้น เครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถควบคุมให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมด้านนอกได้ แต่อุณหภูมิของอากาศยังเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมด้านนอกและความร้อนจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้งาน

6.2 อัตราการไหลของอากาศ ที่ผ่านด้านเย็นของเครื่องลดความชื้นแบบเทอร์โมอิเล็กทริกมีผลทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำในอากาศ โดยมีอัตราการไหลของอากาศมากเกินไปทำให้เกิดการควบแน่นของน้ำในอากาศน้อยลง

6.3 ปริมาณน้ำที่ได้จากการควบแน่นมีค่ามากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในแต่ละวัน ในกรณีที่ปริมาณความชื้นระหว่างวันมีค่าน้อย การควบแน่นของน้ำก็จะน้อยกว่าในกรณีที่ปริมาณความชื้นระหว่างวันมีค่ามาก เมื่อเทียบกับอุณหภูมิผิวครีบด้านเย็นที่เท่ากัน

6.4 อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดความชื้น คือ กรณีที่อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมสูง การระบายความร้อนที่ผิวด้านร้อนทำได้น้อยลงส่งผลให้ความร้อนถ่ายเทสูง ด้านเย็นส่งผลให้อุณหภูมิผิวครีบด้านเย็นเพิ่มสูงขึ้น

6.5 ทดลองลดความชื้นครบ 12 ชั่วโมง ความชื้นภายในห้องลดลง 15%RH ปริมาณน้ำที่ได้จากการลดความชื้น คือ 425 กรัม

6.5 จากการทดลองของเครื่องลดความชื้น เมื่อเวลาผ่านไป 15-20 นาที จะเห็นไอน้ำจับตัวที่ซิงค์ด้านเย็น หลังจากนั้นประมาณ 10 นาที น้ำที่เกาะบริเวณซิงค์ด้านเย็น จะลดลงสู่บริเวณถาดรองน้ำ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตรมหาวิทาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่ได้สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Letsatitthanakorn C., 2010, "3-D Numerical Modeling of Laminar Free Convection in fin Heat Exchanger: Application to the Design of Thermoelectric Air Conditioner, A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the



- Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Energy Technology Program, King Mongkut's University of Technology Thonburi
- [2] Vain, J.G., Astrain, D, Domingues, M., 2012, "Numerical modeling and a design of a thermoelectric dehumidifier," Applied Thermal Engineering 22, pp 407–422.
- [3] Sforata, H., 2001, "Heat Rejection Alternatives for Thermoelectric Refrigerators," Energy Conversion and Management, Vol. 39, No.3, pp. 269–280.
- [4] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. (16 พฤษภาคม 2556). ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทอร์โมอิเล็กทริก [ออนไลน์]. สาระสังเขป สืบค้นจาก : <http://pineapple-eyes.sru.ac.th/thermo/?q=node/6>
- [5] ศศวัลย์ คัมภีระพันธุ์ และวริทธิ์ โกสรวาทย์. (16 พฤษภาคม 2556). วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกจิ๋วและแจ๋ว [ออนไลน์]. สาระสังเขป จาก <http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>
- [6] Tellurex Corporation, 2010, "Frequently Asked Question, <http://www.tellurex.com/resource/txfaq.htm>"
- [7] วีระเชษฐ์ ชื่นเงิน และวุฒิพล ชาราวีร์เศษณัฐ, "แหล่งจ่ายกำลังสวิตชิง," ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง, ห้างหุ้นส่วนจำกัดวี.เจ.พรินติง, 2555, หน้า.638-641.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายณรงค์ฤทธิ์ ยางสวย
 วัน-เดือน-ปี เกิด 16 กันยายน 2535
 ที่อยู่ 57 ม.7 ต.หนองปลาหมอ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี 70110
 084.570.0618
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
 ศาลายา

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2561 – ปัจจุบัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี

ความชำนาญเฉพาะด้าน

1. ติดตั้ง และตรวจสอบเครื่องวัดทางไฟฟ้า

ผลงานทางด้านวิชาการขณะศึกษา

1. N. Yongsuay, B. Suechoey, N. Suwanchatree, S. Bunjongjit, “Thermoelectric Dehumidifier,” in *Proceedings of 9th SAU National Interdisciplinary Conference (SAUNIC 2022)*, Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability, 2022 pp. 329-335.