ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

THE SOLAR WATER-COOLING SYSTEM VIA A DC-MOTOR DRIVEN VAPOR COMPRESSION REFRIGERATION SYSTEM

ชุมพล กำเหนิดนนท์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคงธัญบุรี

ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อน
ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ชุมพล กำเหนิดนนท์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคงธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ The Solar Water-Cooling System via a DC-Motor Driven Vapor Compression Refrigeration System
ชื่อ – นามสกุล	นายชุมพล กำเหนิดนนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว, D.Eng.
ปีการศึกษา	2566

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิพัฒน์ ปราโมทย์, Ph.D.)

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ฉัตรชัย นิมมล, ปร.ด.)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานพ แย้มแฟง, ปร.ด.)

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)
วันที่ 26 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
ชื่อ-นามสกุล	นายชุมพล กำเหนิดนนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว, D.Eng.
ปีการศึกษา	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องทำความเย็นกระแสสลับแล้วระบบนี้มีจุดเด่นคือเนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เป็นกระแสตรง ดังนั้นการใช้มอเตอร์กระแสตรงจะรับกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์หรือแบตเตอรี่ได้โดยตรงจึงไม่จำเป็นต้องมีอินเวอร์เตอร์

ระบบกักเก็บและจ่ายไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ในการศึกษาทดลองประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ขนาด แบตเตอรี่ และตัวควบคุมการจ่ายและประจุไฟฟ้า เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรงขนาด 850 วัตต์ ขับคอมเพรสเซอร์ของระบบทำความเย็นแบบอัดไอโดยใช้สารทำความเย็นชนิด R-134a และมีระบบการกักเก็บความเย็นด้วยถังน้ำเย็นหุ้มฉนวนขนาด 3,000 ลิตร

ผลการทดลองพบว่า ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอสามารถผลิตน้ำเย็นได้อุณหภูมิต่ำสุด 16.5 องศาเซลเซียส โดยสามารถทำงานประมาณ 10 ชั่วโมงต่อวัน จึงสรุปผลได้ว่าการผลิตน้ำเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอมีสมรรถนะที่ดีสามารถทำการพัฒนาต่อให้สามรถนำไปใช้ในระบบทำความเย็นจริงได้

คำสำคัญ : โซล่าเซลล์ การทำความเย็น การกักเก็บความเย็น พลังงานแสงอาทิตย์

Thesis Title	The Solar Water-Cooling System via a DC-Motor Driven Vapor Compression Refrigeration System
Name – Surname	Mr. Chumphon Kamnoednon
Program	Mechanical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Boonrit Prasartkaew, D.Eng.
Academic Year	2023

ABSTRACT

This research aimed to study the performance of a solar water-cooling system using direct current motor to drive the vapor compression cooling system. In comparison to the use of AC conventional refrigeration, this system has better feature because the electricity from the solar cells is direct current. As a result, the use of DC motors that can be supplied directly from solar cells or batteries does not require an inverter.

The solar energy storage and supply used in this experimental study consisted of solar panels, batteries and charging controllers. The energy from this storage was supplied to an 850-watt DC motor which drove the compressor of the vapor-compression refrigeration system using refrigerant type R 134 A. In addition, there was a cold-water storage system using a 3,000-liter insulated tank.

The experimental results showed that the solar water-cooling system using DC motor to drive the vapor compression cooling system could produce cold water with the lowest temperature of 16.5 °C and could be operated for 10 h continously. It could be concluded that the proposed system is promising and could be further developed for an actual cooling system.

Keywords: solar cell, refrigeration, cooling storage, solar energy.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายฝ่ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำตลอดจนชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ มาโดยตลอดทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ , ผศ.ดร.มานพ แย้มแฟง , รศ.ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว และผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.ฉัตรชัย นิมมล ที่ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่องพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยมาโดยตลอด ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ผู้มีพระคุณ ตลอดจนผู้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ทุกท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยต้องขอโทษหากมีข้อผิดพลาดประการใด ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลในการทำวิจัยที่รวบรวมไว้ อาจมีประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและนำไปพัฒนาต่อได้

ชุมพล กำเหนิดนนท์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ...(4)
กิตติกรรมประกาศ...,............(5)
สารบัญ..(6)
สารบัญรูป..(8)
สารบัญตาราง..(13)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..(14)
บทที่ 1 บทนำ..15
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..17
1.2 วัตถุประสงค์..17
1.3 ขอบเขตงานวิจัย..17
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...17
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..18
2.1 รังสีดวงอาทิตย์..18
2.2 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์..22
2.3 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ...46
2.4 การคำนวณขนาดถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำ...48
2.5 การเลือกและการออกแบบอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน...48
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..59
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย...62
3.1 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ 62
3.2 เขียนแผนภาพ T – s และ P – h ของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ.......................................64
3.3 การคำนวณขนาดถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำ...65
3.4 เขียนแผนภาพไดอะแกรมอุปกรณ์...65
3.5 เลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องทดลอง..66
3.6 ออกแบบโครงสร้างและจัดเรียงอุปกรณ์...,......78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย....85
4.1 ผลจากการทดลอง....85
4.2 ผลจากแผนภูมิความสัมพันธ์....92
4.3 การวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance)....97
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....99
5.1สรุปผลและอภิปายผล....99
5.2 ข้อเสนอแนะ....99
บรรณานุกรม....100
ภาคผนวก....103
ภาคผนวก ก ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่....103
ประวัติผู้เขียน....129

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ภาพแสดงถึงค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก..................18
รูปที่ 2.2 ภาพแสดงถึงค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศไทย..................................19
รูปที่ 2.3 แสดงพลังงานจากดวงอาทิตย์..20
รูปที่ 2.4 รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ..21
รูปที่ 2.5 รังสีแสงอาทิตย์..21
รูปที่ 2.6 รังสีแสงอาทิตย์..22
รูปที่ 2.7 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง...22
รูปที่ 2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่.........................23
รูปที่ 2.9 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า..............................23
รูปที่ 2.10 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน...24
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์..24
รูปที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง..25
รูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง...26
รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า.......................................26
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์..27
รูปที่ 2.16 Crystalline silicon 27
รูปที่ 2.17 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวน..................................28
รูปที่ 2.18 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์...29
รูปที่ 2.19 แนวเลื่อยแท่งผลึก...29
รูปที่ 2.20 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์..29
รูปที่ 2.21 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์..30
รูปที่ 2.22 ก้อนโพลีคริสตัลไลน์และการเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม..31
รูปที่ 2.23 การหั่นก้อนโพลีคริสตัลไลน์เป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส
และการสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์...31
รูปที่ 2.24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film) 32

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.25 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยด้านซ้ายคือแผง แบบฟิล์มบางและด้านขวาคือแบบโมโนคริสตัลไลน์..33
รูปที่ 2.26 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย..34
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์..35
รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม...35
รูปที่ 2.29 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน..36
รูปที่ 2.30 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม............................36
รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน...............................37
รูปที่ 2.32 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนยี่ห้อหนึ่ง...37
รูปที่ 2.33 แบตเตอรี่ประเภทต้องเติมน้ำกลั่นแบบทั่วไป 6 V และ 12 V..38
รูปที่ 2.34 แบตเตอรี่แบบแห้ง 12 V...38
รูปที่ 2.35 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม..39
รูปที่ 2.36 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน 39
รูปที่ 2.37 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดความจุต่างกัน...40
รูปที่ 2.38 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดแรงดันต่างกัน..40
รูปที่ 2.39 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดความจุต่างกัน..41
รูปที่ 2.40 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดแรงดันต่างกัน...41
รูปที่ 2.41 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 V , 10 A..42
รูปที่ 2.42 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ยี่ห้อ Victron 12/24 V , 20 A.....................................42
รูปที่ 2.43 สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อทั่วไปที่ใช้เพื่อแยกอาร์เรย์แผงเซลล์ แสงอาทิตย์จากตัวควบคุมการชาร์จ...43
รูปที่ 2.44 ฟิวส์รถยนต์,ฟิวส์กระแสตรง,เบรกเกอร์กระแสตรง..44
รูปที่ 2.45 กล่องต่อสายร่วมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 4 kW รวม 10 แผง เพื่อป้อนในสายเคเบิลเดี่ยวไปยังตัวควบคุมการชาร์จ.....................................44
รูปที่ 2.46 กล่องแยก (Junction Box) 45
รูปที่ 2.47 การต่อสายดิน...45
รูปที่ 2.48 แผนภาพ T – s , P – h ของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ...46

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.49 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ....49
รูปที่ 2.50 การไหลที่แตกต่างกันใน cross flow heat exchangers....49
รูปที่ 2.51 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ ท่อสองชั้น (double-pipe heat exchanger)....50
รูปที่ 2.52 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังระนาบ....51
รูปที่ 2.53 แผนภูมิสำเร็จในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม....52
รูปที่ 2.54 ลักษณะภาพด้านข้างของอุณหภูมิ การไหลแบบขนาน....53
รูปที่ 2.55 ภาพด้านข้างของอุณหภูมิการไหลแบบขนานในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่....53
รูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่องเที่ยวส่วนใน ท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว....55
รูปที่ 2.57 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง 2 เที่ยว ส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 4,8,12,16,18,20,24 เที่ยว....55
รูปที่ 2.58 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากที่ของไหลในเซลล์มีการคลุกเคล้าปนกัน ส่วนของไหลในท่อไม่มีการคลุกเคล้าปนกันและไหลผ่านเครื่องเพียงเที่ยวเดียวหรือกลับเดียว....56
รูปที่ 2.59 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากที่ของไหลแต่ละชนิดไม่มีการคลุกเคล้าปนกัน ของไหลในท่อไหลผ่านเครื่องเดียว....56
รูปที่ 2.60 อีแวปโพเรเตอร์แบบวงจรอนุกรมเดียว....57
รูปที่ 2.61 อีแวปโพเรเตอร์แบบแยกวงจรสารทำความเย็น....57
รูปที่ 2.62 อีแวปโพเรเตอร์แบบ 4 วงจรติดตั้ง Header....57
รูปที่ 2.63 อีแวปโพเรเตอร์กับหัวจ่ายสารทำความเย็นข้อสังเกตสารทำความเย็น และอากาศจะไหลสวนกัน....58
รูปที่ 2.64 การไหลสวนทางของสารทำความเย็นและอากาศแบบนี้มีผลทำให้ภาระในวงจรเรียบ สม่ำเสมอ....58
รูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาเซลล์ของเครื่องทำน้ำเย็น แบบอัดไอ....64
รูปที่ 3.2 วัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดตัวที่ใช้เป็นต้นแบบคือ วัฏจักรคาร์โนต์....64
รูปที่ 3.3 แผนภาพไดอะแกรมอุปกรณ์เครื่องทำความเย็นแบบไออัดพลังงานแสงอาทิตย์....66

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 แผงโซล่าร์เซลล์ที่ใช้เป็นของยี้ห้อ Solar Module ขนาด 330 วัตต์....................................67

รูปที่ 3.5 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) 67

รูปที่ 3.6 แสดงหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม จากแผนภูมิสำเร็จในการหาค่า สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม รูปที่ 2.53..68

รูปที่ 3.7 การหาค่า F จากรูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว.............................69

รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์ อยู่ด้านใน...70

รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์อยู่ด้านใน ขนาดของท่อสารทำความเย็นเท่ากับ 8 mm...71

รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ ทางเดินน้ำเย็นและท่อสารทำความ เย็นเดินผ่านทั้งหมด 32 ครั้ง 71

รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์อยู่ด้านใน ขนาดของความยาวท่อสารทำความเย็นเท่ากับ 300 mm...72

รูปที่ 3.12 แสดงหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม จากแผนภูมิสำเร็จในการหาค่า สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมรูปที่ 2.53..73

รูปที่ 3.13 การหาค่า F จากรูปที่ 2.53 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว...........................74

รูปที่ 3.14 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหรือคอนเด็นเซอร์โดยขนาดความยาว 450 mm จำนวนหลอดจริงอยู่ที่ 30 , ความหนา 15 mm. ขนาดพื้นที่การถ่ายเทความ ร้อนเท่ากับ 0.47 m^2...76

รูปที่ 3.15 ปั้มน้ำขนาด 220 V , 0.5 m^3/hr...76

รูปที่ 3.16 มิเตอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ TENMARS TM-207...77

รูปที่ 3.17 การจัดวางอุปกรณ์มิเตอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ TENMARS TM - 207............................77

รูปที่ 3.18 เกจวาล์ว (GATE VALVE) 78

รูปที่ 3.19 เครื่องผลิตน้ำเย็นมอเตอร์กระแสตรงอัดไอ..78

รูปที่ 3.20 Compressor มอเตอร์กระแสตรงอัดไอ...79

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.21 พัดลมระบายความร้อน......79
รูปที่ 3.22 กรองน้ำยาแอร์......80
รูปที่ 3.23 โครงเครื่องผลิตน้ำเย็น......80
รูปที่ 3.24 ถังเก็บน้ำเย็น......81
รูปที่ 3.25 ไดอะแกรมงานระบบไฟฟ้า......81
รูปที่ 3.26 Heat Exchanger......82
รูปที่ 3.27 เครื่องผลิตน้ำเย็นที่สร้างตามแบบ......82
รูปที่ 3.28 แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัย......83
รูปที่ 3.29 ไดอะแกรมระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรง ขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ......83
รูปที่ 3.30 แบตเตอรรี่ จำนวน 6 ลูกต่อแบบอนุกรมและขนานกันตามลำดับเพื่อให้มีความจุ 24 V , 300 A และควบคุมโดยชาร์คอนโทรลเลอร์ (Charge Controller) จำนวน 3 ชุด......84
รูปที 3.31 ถังเก็บน้ำเย็น......84
รูป 4.1 แผนภาพมอลเลียร (Mollier Diagram) สารทำความเย็น R134A , P-h ไดอะแกรมของระบบทำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัย......91
รูปที่ 4.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับช่วงเวลาของวัน......92
รูปที่ 4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ ขับคอมเพรสเซอร์กับช่วงเวลาของวัน......93
รูปที่ 4.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นของน้ำเย็น ที่ผลิตได้กับช่วงเวลาของวัน......93
รูปที่ 4.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับช่วงเวลาของวัน......94
รูปที่ 4.6 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ช่วงเวลาของวัน......95
รูปที่ 4.7 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศค่ำ......96
รูปที่ 4.8 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศกลางวัน......96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกที่ 1 ค่าต่างตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงานและบันทึกผลการทดลอง....................................85
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกที่ 2 ค่าต่างตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงานและบันทึกผลการทดลอง....................................86
ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกที่ 3 ค่าต่างตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงานและบันทึกผลการทดลอง....................................87
ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกที่ 4 ค่าต่างๆในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่อง..88
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกที่ 5 ค่าต่างๆในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่อง 89
ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกที่ 6 ค่าต่างๆในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่อง 90

คำอธิบาย สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
$\dot{m}_r$	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น	กิโลกรัมต่อวินาที
$\dot{W}_{in}$	กำลังที่ป้อนให้กับให้คอมเพรสเซอร์	กิโลวัตต์
h_{1_r}	เอนทัลปีของสารทำความเย็นสภาวะที่ 1	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
h_{2_r}	เอนทัลปีของสารทำความเย็นสภาวะที่ 2	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
h_{3_r}	เอนทัลปีของสารทำความเย็นสภาวะที่ 3	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
h_{4_r}	เอนทัลปีของสารทำความเย็นสภาวะที่ 4	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
Q_L	อัตราการถ่ายโอนความร้อน	กิโลวัตต์
$\dot{m}_r$	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น	กิโลกรัมต่อวินาที
$\dot{m}_w$	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ	กิโลกรัมต่อวินาที
C_{P_W}	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	4.184 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ต่อเควิล
T_{9_W}	อุณหภูมิน้ำสภาวะที่ 9	องศาเซลเซียส
T_{5_W}	อุณหภูมิน้ำสภาวะที่ 5	องศาเซลเซียส
CUM	ปริมาตรของถังเก็บน้ำเย็น	ลูกบาศก์เมตร
RTH	จำนวนตันความเย็นที่สะสม	ตันความเย็น
ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิด้านเข้าและออกจากถังกักเก็บน้ำเย็น	องศาเซลเซียส
η_T	ประสิทธิภาพของถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำ	

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยแผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) เป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาด ไม่มีวันหมด สามารถผลิตได้ทุกที่ที่มีแสงแดด ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาครั้งแรกในปี พ.ศ.2497 หรือประมาณ 65 ปีพัฒนาขึ้นตามกาลเวลาโดยปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในบ้านพักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์ที่เหมือนกันคือต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งไฟฟ้าจากภาครัฐ ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากน้ำมันดีเซลและก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) หรือพลังงานสิ้นเปลืองต่างๆที่มาจากฟอสซิล (Fossil Energy) มีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคต ในการผลิตกระแสไฟฟ้าต้องนำมาเผาไหม้ก่อนให้เกิดความร้อนและถึงจะเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator) โดยการเผาไหม้จะทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งเป็นพิษต่อบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมการดำรงชีวิตของมนุษย์

สำหรับในประเทศไทยยกตัวอย่าง ข้อมูลจาก [6] ปีพ.ศ. 2559 ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้าไปจำนวน 11.95 ล้านลิตร และใช้ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ในการผลิตไฟฟ้าไป 370,981.58 ล้าน ลบ.ฟุต ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปีพ.ศ. 2565 ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้าไป 1,881.95 ล้านลิตรและก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ในการผลิตไฟฟ้าเป็นไป 516,557.22 ล้าน ลบ.ฟุต พลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าจึงเป็นทางออกสำหรับอนาคต โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ (Solar Cell) เพราะสามารถนำมาใช้ได้ดีในชุมชลและบ้านพักอาศัยโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมีราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับอัตราการผลิตไฟฟ้าที่ได้ ปัจจุบันโซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานสูงขึ้น ในขณะที่มีราคาลดลง ข้อมูลจาก [5] ระบุว่าได้ตั้งเป้าการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ไว้ว่าจะมีถึง 6 GW ภายในปี 2579 โดยในปี 2556 กำลังการผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวและมีถึง 704 MW ในสิ้นปี ปลายปี 2558 มีความจุทั้งหมดประมาณ 2.5-2.8 GW ประเทศไทยมีกำลังการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์มากกว่าทุกประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมกัน

ประเทศไทยมีศักยภาพในด้านพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะทางใต้และเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดอุดรธานี และบางบริเวณพื้นที่ในภาคกลาง ประมาณ 14.3% ของประเทศมีการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 19-20 MJ/ตารางเมตร/วัน ในขณะที่ 50% ของ

ประเทศได้รับประมาณ 18-19 MJ/ตารางเมตร/วัน ถ้าเป็นในแง่ของศักยภาพ ประเทศไทยยังล้าหลังกว่าประเทศสหรัฐอเมริกา แต่นำหน้าประเทศญี่ปุ่นอยู่

โดย [5] ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แล้วสรุปว่าเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ (Vapor Compression) และเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมไอ (Vapor Absorption) โดยที่ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบดูดซึมไอนั้นมุ่งเน้นการประยุกต์การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนด้วยการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานความร้อน ร่วมกับเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมไอ (Absorption Chiller) ที่เป็นแหล่งรับพลังงานความร้อนมาเปลี่ยนเป็นความเย็นโดยอาศัยหลักการของวัฏจักรเทอร์โมไดนามิกส์ และท้ายที่สุดกระบวนการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจะเหมือนกับระบบปรับอากาศชนิดอัดไอ แต่จากข้อมูล [7] จะเห็นว่าประสิทธิภาพของระบบอัดไอมีค่าสูงกว่าระบบดูดซึมไออย่างชัดเจนมาก ซึ่งโดยทั่วไป ค่าสัมประสิทธิของสมรรถนะของระบบอัดไอจะมีค่าประมาณ (COP 3.5) ในขณะที่ระบบดูดซึมไอมีค่าประมาณ (COP 1.2) นอกจากนี้ราคาหรือต้นทุนการสร้างระบบยังแตกต่างกันมากเช่นกัน ซึ่งโดยต้นทุนการติดตั้งระบบอัดไอจะมีค่าประมาณ 18,000 – 20,000 บาทต่อตันความเย็น ในขณะที่ระบบดูดซึมไอมีค่าประมาณ 40,000 บาทต่อตันความเย็น

กล่าวโดยสรุปจะเห็นว่า รูปแบบการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ประเทศไทยมีศักยภาพสูง มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อนระบบปรับอากาศภายในอากาศเพื่อแบ่งเบาภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวม ซึ่งในปัจจุบันอาคารสำนักงานในประเทศไทย มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบปรับอากาศแทบทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่า ปริมาณการใช้พลังงงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนระบบปรับอากาศมีการทำลายสถิติการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปีดังนั้น ถ้าหากให้ความสำคัญในการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและต้นทุนต่ำกว่าย่อมที่จะเป็นการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการแบ่งเบาภาระการใช้พลังงานฟอสซิลได้ดีกว่า

วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานในการทำความเย็นโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับเคลื่อนระบบทำความเย็นโดยตรง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องอัดของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งระบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจะไม่จำเป็นต้องมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนของระบบ และเพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบระบบทำความเย็นที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่เสนอนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องอัดของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

1.2.2 เพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบระบบทำความเย็นที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเครื่องอัดของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ขนาดไม่เกิน 1,000 W (Watt)

1.3.2 สร้างระบบผลิตน้ำเย็นโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า

1.3.3 วัดประสิทธิ์ภาพการทำความเย็นของระบบผลิตน้ำเย็นโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และเก็บข้อมูลทางเทคนิคต่างๆที่สามารถทำได้

13.4 ใช้สารทำความเย็นชนิด R134A เพราะส่งผลกระทบต่อบรรยากาศน้อยและยังมีคุณสมบัติไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ศึกษาระบบทำน้ำเย็นโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

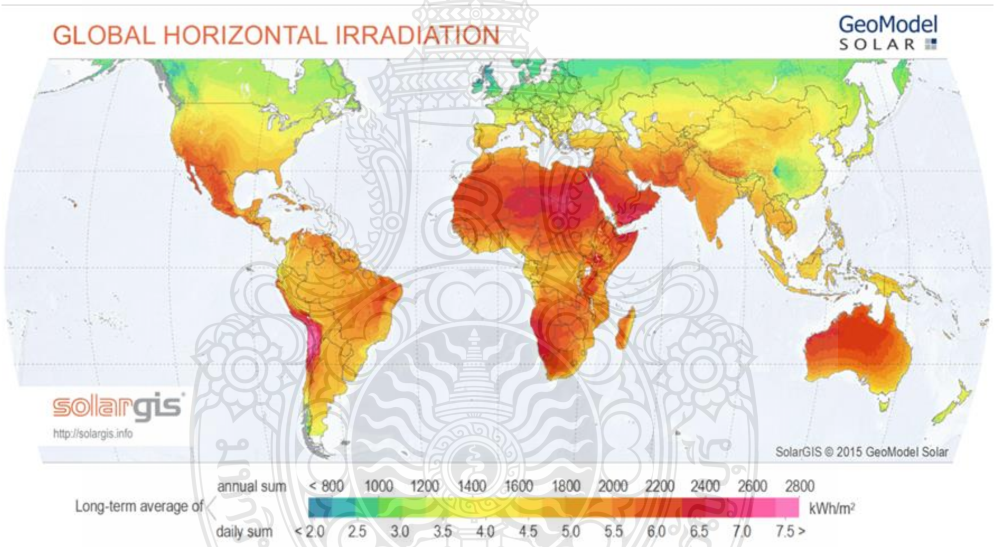
1.4.2 ทำให้ได้รับความรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแก้ไขปัญหาหรือพัฒนางานด้านการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รังสีดวงอาทิตย์ [1][2]

2.1.1 ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ต่อพื้นที่ (Solar Irradiation)

การผลิตไฟฟ้าด้วยแสงจากดวงอาทิตย์จำเป็นต้องติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ พื้นที่ในการติดตั้งและความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณไฟฟ้าสามารถผลิตได้มากหรือน้อย โดยแสงจากดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ (Thermonuclear reaction) หรือปฏิกิริยา หลอมตัวทางนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์กลายเป็นแหล่งพลังงานที่แผ่รังสีมายังโลกของเรา



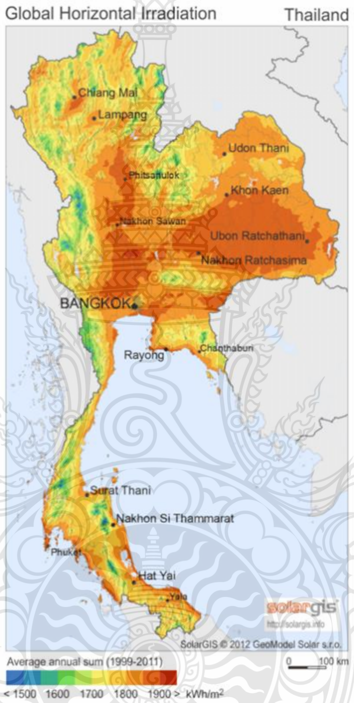
รูปที่ 2.1 ภาพแสดงถึงค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

ที่มา:https://solargis.info

จากรูปที่ 2.1จะพอเห็นได้ว่าประเทศที่อยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร ที่มีอากาศที่ร้อนแดดจัด บางประเทศมิได้มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด เช่น กลุ่มประเทศอาเซียน แต่ถ้าเป็นประเทศในทวีปแอฟฟริกาบางประเทศมีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงมากและบางประเทศมีความเข้มของรังสี

ดวงอาทิตย์ใกล้เคียงกับบ้านเรา แต่ที่น่าสนใจคือประเทศในฝั่งตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ซึ่งเป็นพื้นที่รอยต่อของประเทศ ชิลี โบลิเวีย และ อาเจนตินา นั้นมีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงที่สุดในโลก

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือน เมษยน และบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี

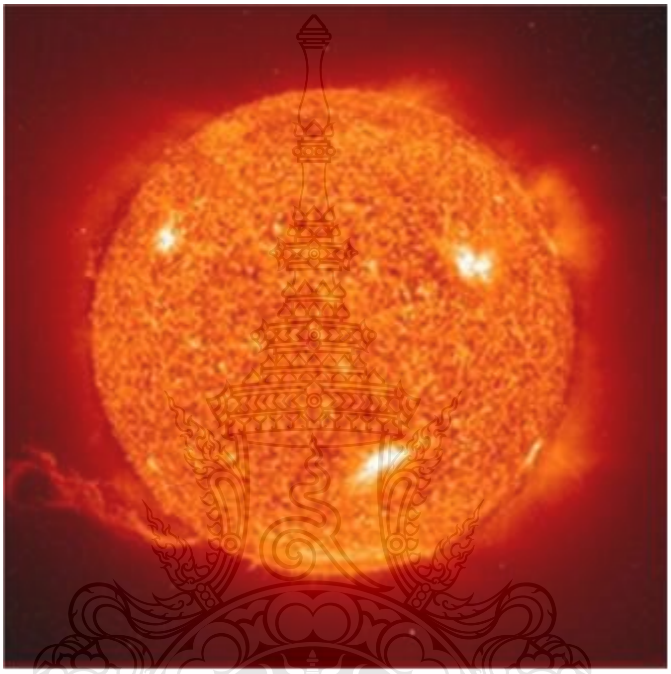


รูปที่ 2.2 ภาพแสดงถึงค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่ของประเทศไทย
ที่มา:https://solargis.info

2.1.2 ทรัพยากรพลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเราเรียกพลังงานจากดวงอาทิตย์ว่า “พลังงานทดแทน” เพราะพลังงานจากดวงอาทิตย์นั้นมีปริมาณมากจนเกือบจะไม่มีวันหมด ดวงอาทิตย์ทำให้มีแสงสว่างโลกมานานกว่า 4,000 ล้านปี แม้ว่าดวงอาทิตย์จะอยู่ไกลมากแต่ก็มีพลังอย่างไม่น่าเชื่อและเป็นพื้นฐานของชีวิตหรือพลังงานทุกรูปแบบบนโลก

พลังงานแสงอาทิตย์หมายถึงรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกพลังงานนี้สามารถแปลงเป็นความร้อนและไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกันซึ่พลังงานแสงอาทิตย์คือพลังงานจากดวงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2.3 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)"เป็นภาษาละตินและแปลว่า"เกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์" หากปราศจากแหล่งพลังงานอันทรงพลังนี้ก็จะไม่มีสิ่งมีชีวิตพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงานหมุนเวียนเนื่องจากมีปริมาณมาก



รูปที่ 2.3 แสดงพลังงานจากดวงอาทิตย์

2.1.3 ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์

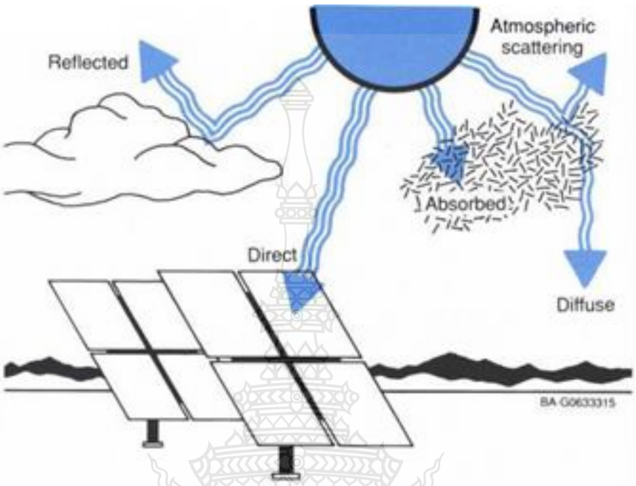
2.1.3.1 พลังงานแสงอาทิตย์นั้นไร้ขีดจำกัดและจะไม่หมดไป

2.1.3.2 เทคโนโลยีที่ใช้แปลงแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้าไม่ได้ก่อให้เกิดควัน (คาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษในอากาศ)

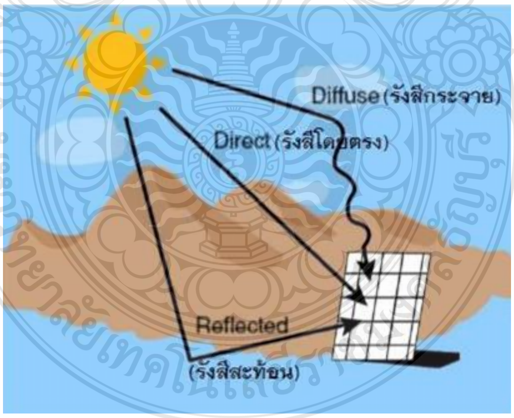
2.1.3.3 การใช้งานพลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ทุกวินาทีดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนจำนวนมหาศาลออกสู่ระบบสุริยะโลกได้ พลังงานนี้เพียงเล็กน้อยมีค่าเฉลี่ย 1,367 W/m^2 ที่ขอบด้านนอกของชั้นบรรยากาศโลก ชั้นบรรยากาศดูดซับและสะท้อนการแผ่รังสีนี้ รังสีนี้ส่วนใหญ่เป็นรังสีเอกซ์และรังสีอัลตราไวโอเรต ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบพื้นผิวโลกทุกนาทีนั้นมากกว่าปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ประชากรบริโภคใน

หนึ่งปีชั้นบรรยากาศของโลกและก้อนเมฆปกคลุมดูดซับ สะท้อน และกระจาย รังสีดวงอาทิตย์ บางส่วนเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามมีพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านโดยตรงและแพร่กระจายจำนวนมหาศาลไปถึงพื้นผิวของโลกและสามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนที่ผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ

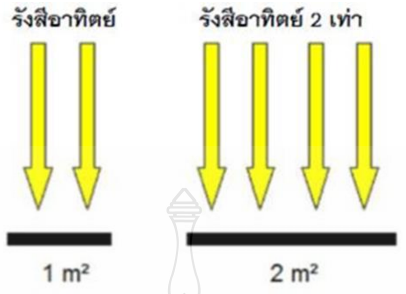


รูปที่ 2.5 รังสีแสงอาทิตย์

2.1.4 การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดพลังงานขึ้นและหน่วยสำหรับการวัดกำลังคือวัตต์ (Watt) อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานขึ้นอยู่กับความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์และขนาดของพื้นที่ผิว

ที่รับแสง พื้นผิวที่ใหญ่ขึ้นจะได้รับพลังงานมากขึ้นแสดงในรูปที่ 2.6 ดังนั้นการฉายรังสีจึงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²)



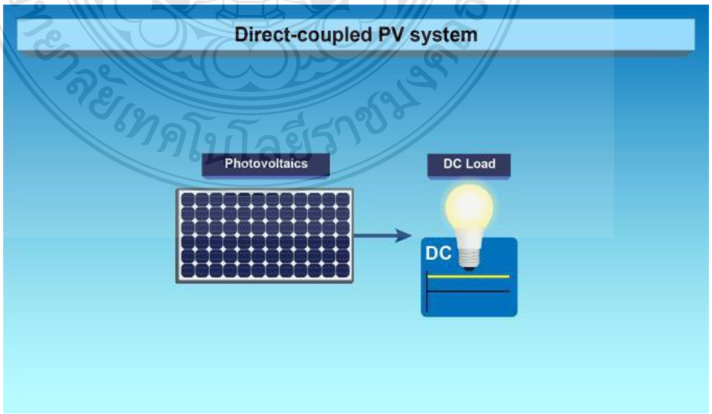
รูปที่ 2.6 รังสีแสงอาทิตย์

2.2 **การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์** [1][2][3]

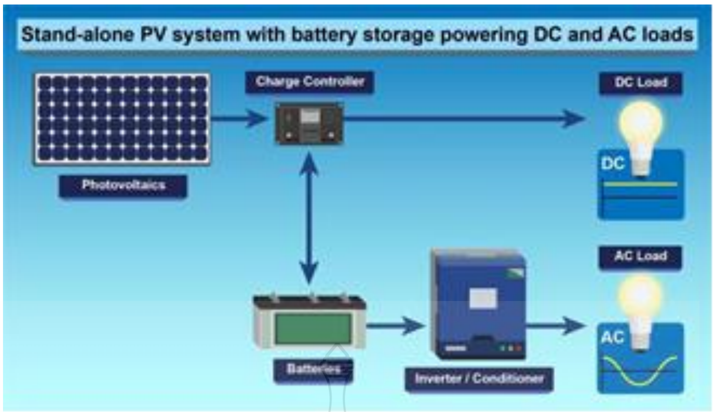
2.2.1 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ระบบ

2.2.1.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ PV Stand (Alone System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า โดยจะต่อใช้งานกับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าโดยตรงเช่น หลอดไฟ ปั้มน้ำ ที่เป็นโหลดไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงในรูปที่ 2.7

ในรูปที่ 2.8 แสดงการต่อโดยใช้แบตเตอรี่เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้เวลาที่ไม่มีแสงแดด หรือเวลากลางคืนโดยมีอุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่หรือเรียกว่า โซล่าชาร์ทคอนโทรลเลอร์ (Solar Charge Controller) และถัดมาเป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ก่อนนำไฟจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับและเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านพักอาศัยต่างๆ เช่น พัดลม หลอดไฟ เป็นต้น

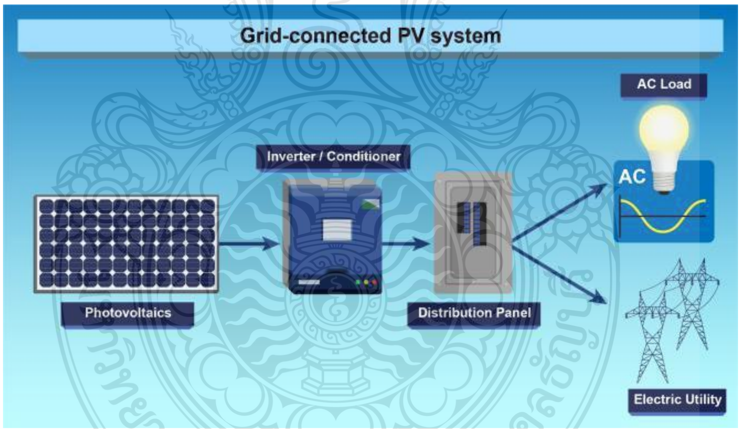


รูปที่ 2.7 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบจ่ายโหลดโดยตรง



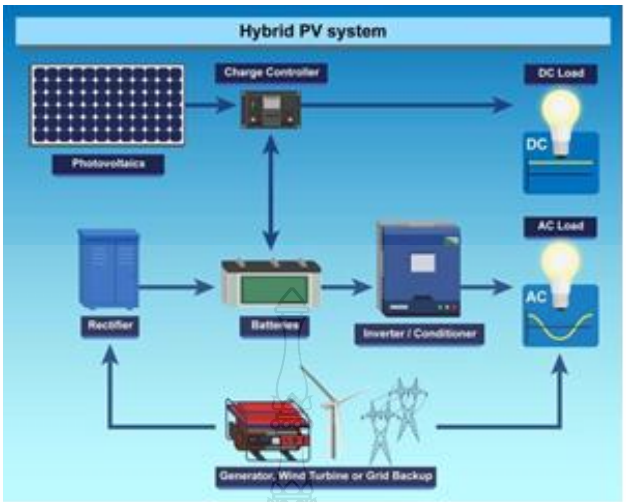
รูปที่ 2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระทำงานร่วมกับแบตเตอรี่

2.2.1.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า PV grid (Connected System) ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบมาให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสายส่งของการไฟฟ้าสำหรับผลิตไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

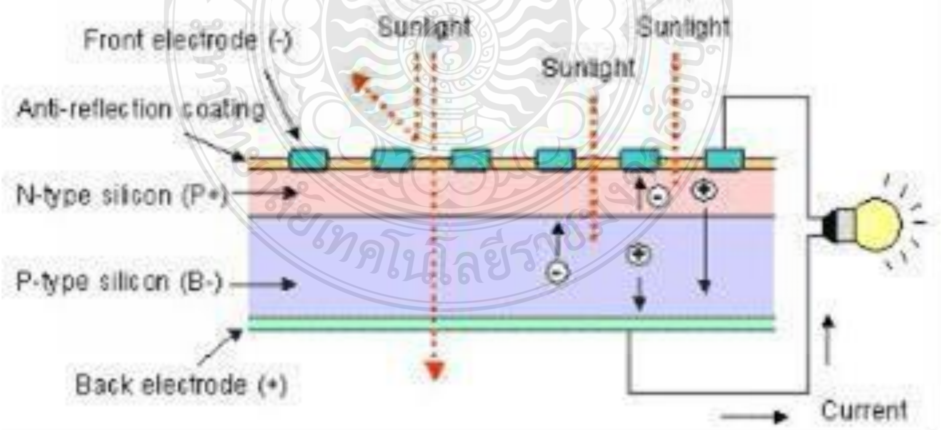
2.2.1.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid System) ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าชนิดอื่นๆ โดยสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันลมผลิตไฟฟ้า และแบตเตอรี่และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าได้ด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

2.2.2 หลักการพื้นฐานของไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

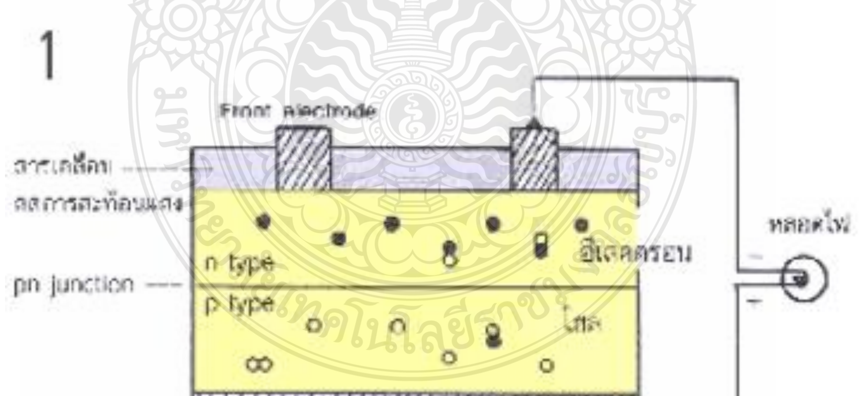
การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อ แสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน กระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถนำกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งาน



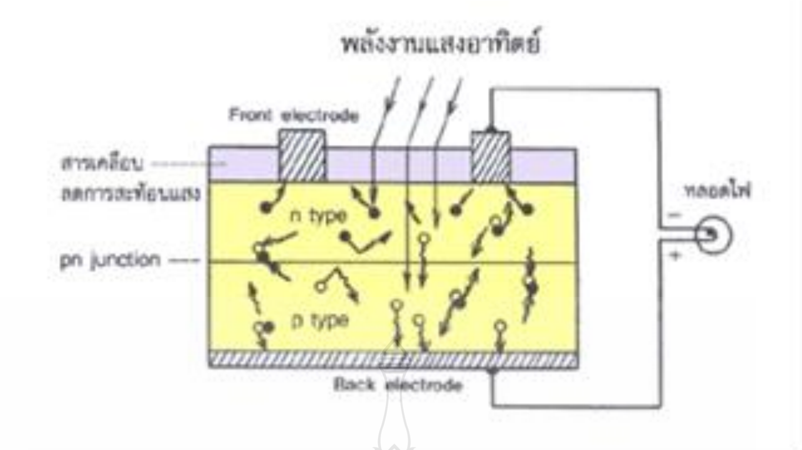
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2.11 N-type ซิลิคอนคือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารฟอสฟอรัสทำให้มีคุณสมบัติตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ติดอยู่ด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์และชั้นถัดมาคือ P-type ซิลิคอนคือสารกึ่งตัวนำที่ได้การโดปด้วยสารโบรอนทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้ง 2 ชนิดมาประกบกันด้วย P-N Junction จึงทำให้เกิดเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์"

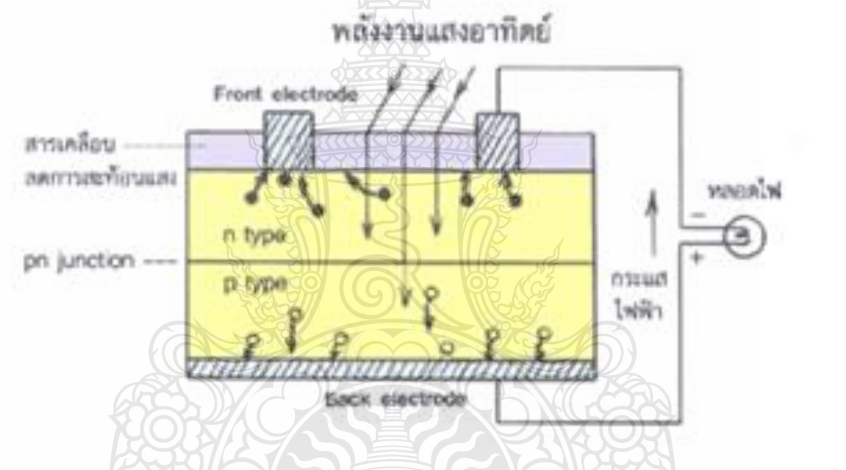
ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด N-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะ ให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน P-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์โครงสร้าง ส่วนใหญ่ เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อยด้านล่างของ P-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่รวบรวมโฮลแสดงดังในรูปที่ 2.12 เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผง แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหา เพื่อจับคู่กันอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-type ดังแสดงในรูปที่ 2.13 อิเล็กตรอน วิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและ Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่ง เพื่อจับคู่กันดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.12 เซลล์แสงอาทิตย์ก่อนได้รับแสง



รูปที่ 2.13 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเริ่มได้รับแสง



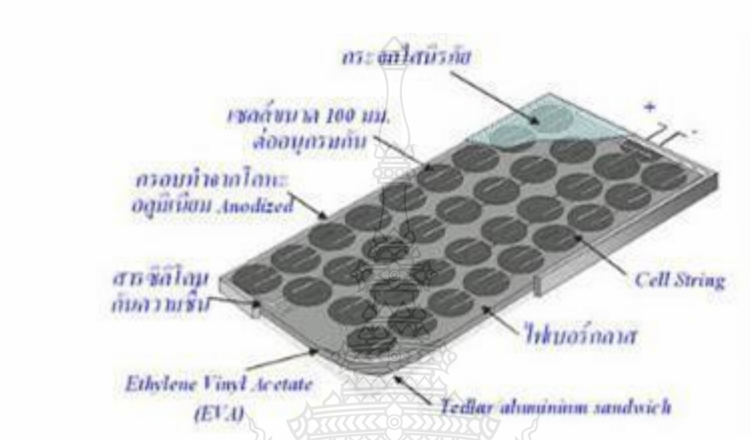
รูปที่ 2.14 เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

2.2.3 เซลล์แสงอาทิตย์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Solarmodule หรือ (Solar panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็น แผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดีและยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วยแผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมากเพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น

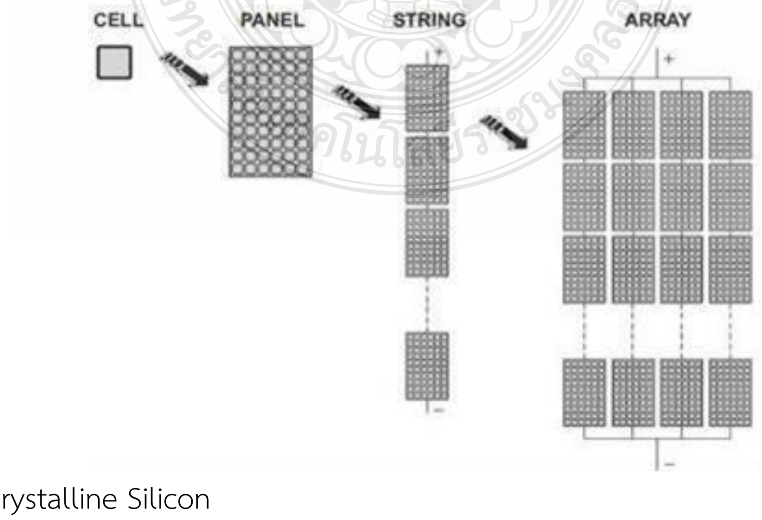
ซิลิโคน Etheleleและอีวีเอ (Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่น กระจกด้านบนของแผงเซลล์จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง

แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบซึ่งสะดวกในการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

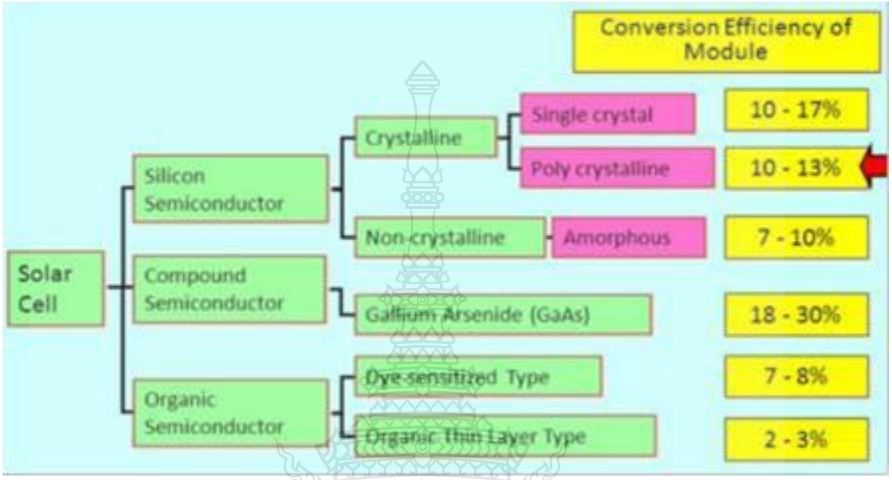
Crystalline Silicon (C-Si) โซล่าเซลล์ถูกเรียกว่า (Cell) ถัดมาคือการนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์มาต่ออนุกรมกันจะเรียกว่าพาเนล (Panel) ถัดมาคือการนำพาเนลหลายๆพาเนล มาต่ออนุกรมกันเรียกว่าสตริง (String) และถัดมาคือการนำสตริงหลายๆสตริงมาต่อขนานกันเรียกว่าอาร์เรย์ (Array) ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 Crystalline Silicon

2.2.4 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบใช้สารกึ่งตัวนำซิลิกอน (Silicon Semiconductor) และชนิดหนึ่งที่ใช้สารกึ่งตัวนำแบบผสม (Compound Semiconductor) ดังแสดงในรูปที่ 2.17



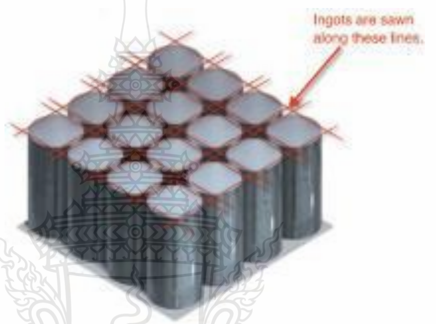
รูปที่ 2.17 ประเภทและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำซิลิคอนจะถูกแบ่งออกเป็นสารกึ่งตัวนำ (Crystal) และไม่เป็นผลึก (Amorphous) สารกึ่งตัวนำชนิดผลึกซิลิคอนจะใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับอัตราการแปลงสูงและน่าเชื่อถือติดตาม เซมิคอนดักเตอร์ไม่เป็นผลึกทำงานได้ดีแม้ภายใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์ดังนั้นจึงใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเครื่องคิดเลขและนาฬิกาข้อมือ ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ องค์ประกอบของระบบคือ“แผงเซลล์แสงอาทิตย์” ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์ โฟโตวอลเทอิก โดยในท้องตลาดมีเทคโนโลยีของเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ 3 ชนิดหลัก ๆ คือ โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) , โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) และ ฟิล์มบาง (Thin Film)

2.2.4.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ หลายคนคิดว่าเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ เป็นเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์และทางเลือกที่ดีที่สุด โมโนคริสตัลไลน์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เก่าแก่ที่สุดและมีราคาแพงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้แต่ มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปแล้วแผงชนิดนี้มีประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ15-20 โมโนคริสตัลไลน์ ทำจากผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์พิเศษขนาดประมาณขวดน้ำดังแสดงในรูปที่ 2.18 และหั่นเป็นแผ่นบางดัง

แสดงในรูปที่ 2.19 เวเฟอร์วงกลมเหล่านี้ถูกตัด 18 ด้านข้างออกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น "เซลล์แสงอาทิตย์" แบบโมโนคริสตัลไลน์ ดังแสดงในรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.18 ผลึกเดี่ยวของซิลิกอนบริสุทธิ์



รูปที่ 2.19 แนวเลื่อยแท่งผลึก

รูปที่ 2.20 เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

เส้นสีเงินเป็นลวดตัวนำซึ่งทำหน้าที่รวบรวมกระแสไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อแสงกระทบกับเซลล์ย่อย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเมทริกซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์วางต่อกันใน แนวราบในลักษณะเหมือนกระเบื้องปูพื้นห้องน้ำโดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มี ประสิทธิภาพสูง แต่จะเสียพื้นที่บางส่วนระหว่างเซลล์เมื่อถูกนำมาประกอบเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์รูปเพชรสีขาวเล็กๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

ผู้ผลิตบางรายจะใช้เทคนิคพิเศษ เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิสูงพิเศษ เช่น "สร้างสนามที่พื้นผิวด้านหลังหรือใช้เลเซอร์เซาะร่อง" และเทคโนโลยีไฮบริด แผงโมโนคริสตัลไลน์ประสิทธิภาพสูงพิเศษเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ 20 แต่ราคาจะสูงขึ้น ประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ทั่วไป

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ มีประสิทธิภาพสูงสุด ประมาณร้อยละ15-20 เนื่องจากทำจากซิลิคอนประสิทธิภาพสูง
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์ประหยัดพื้นที่เนื่องจากแผงชนิดนี้ผลิตพลังงานสูงสุดจึงใช้พื้นที่จำนวนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโคริสตัลไลน์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 4 เท่าของปริมาณการผลิตไฟฟ้าเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง พื้นที่เท่ากัน
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีอายุการใช้งานนานที่สุดผู้ผลิตแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่รับประกัน 25 ปีสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลมีแนวโน้มที่จะทำงานได้ดีกว่าแผงเซลล์ แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ที่มีพิกัดเดียวกันในสภาพแสงน้อย

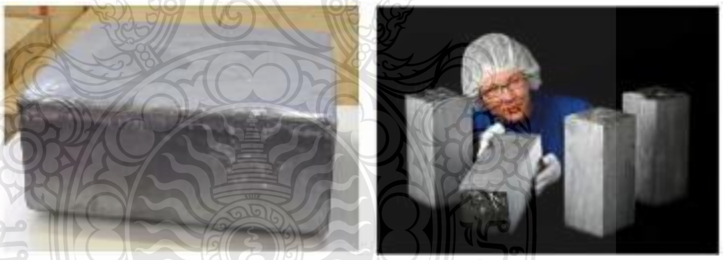
ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์นั้นมีราคาแพงที่สุดจากมุมมองทางการใช้งาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ และในบางกรณีฟิล์มบางอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับเจ้าของบ้านบางคน
- หากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกปกคลุมด้วยร่มเงา ฝุ่น หรือหิมะ บางส่วน วงจรทั้งหมดอาจเสีย ได้ ถ้าไม่มีการป้องกันที่ดี

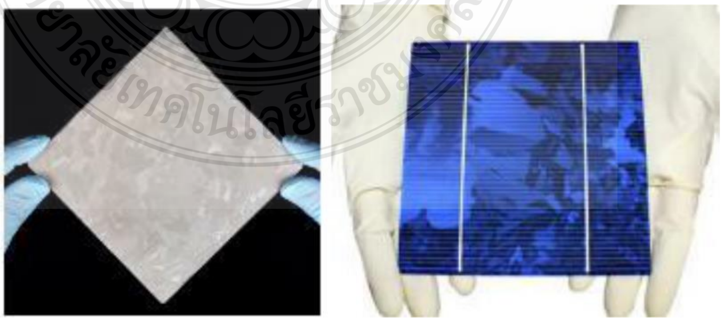
- กระบวนการดึงผลึกซิลิกอน (Zochralski) ในการผลิตโมโนคริสตัลไลน์ซิลิกอนส่งผลให้ได้ แท่งทรงกระบอกขนาดใหญ่ ด้านทั้งสี่ถูกตัดออกจากแท่งเพื่อสร้างแผ่นเวเฟอร์ซิลิคอน ซิลิคอนที่เหลือจากการตัดจำนวนมากจะกลายเป็นขยะ

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพ อากาศเย็น ประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.2.4.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ เรียกอีกอย่างว่า (Multicrystalline) แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ทำจากซิลิคอนเช่นกัน แต่ถูกหล่อเป็นบล็อกแทนที่จะเป็นรูปผลึกเดี่ยวดังแสดงในรูปที่ 2.22 ด้านซ้าย ความจริงที่ว่าผลึกถูกจัดเรียงแบบสุ่มหมายความว่าจะมองเห็นเป็นผลึกย่อยๆเมื่อก้อนโพลีคริสตัลไลน์ถูกหล่อ มันจะถูกเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม จากนั้นหั่นเป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกเปลี่ยนให้ดัง แสดงในรูปที่ 2.22 ด้านขวาเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์คล้ายกับแบบโมโนคริส์ในด้านประสิทธิภาพ และการเสื่อมสภาพ ยกเว้นเซลล์โพลีคริสตัลไลน์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเล็กน้อย แต่อย่างไร จะเห็นว่าไม่มีการเสียพื้นที่ระหว่างมุมของเซลล์สี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 2.23 ผลที่ได้คือประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์นั้นเกือบจะเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์



รูปที่ 2.22 ก้อนโพลีคริสตัลไลน์และการเลื่อยเป็นบล็อกสี่เหลี่ยม



รูปที่ 2.23 การหั่นก้อนโพลีคริสตัลไลน์เป็นเวเฟอร์สี่เหลี่ยมจัตุรัส และการสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคลิสตัลไลน์

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- กระบวนการผลิตโพลีคริสตัลไลน์ซิลิคอนนั้นง่ายกว่าและเสียค่าใช้จ่ายน้อย ปริมาณของเสียซิลิคอนจะน้อยกว่าแบบโมโนคริสตัลไลน์

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์ มีแนวโน้มที่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากความร้อนต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- อายุการใช้งานยาวนาน

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์

- ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคริสตัลไลน์อยู่ที่ร้อยละ 13 -16 เนื่องจากความบริสุทธิ์ของซิลิกอนที่ต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

- ใช้พื้นที่มากกว่าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์

2.2.4.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ถูกผลิตขึ้นในลักษณะที่คล้ายกันมากแต่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางใช้วิธีการผลิตที่แตกต่างอย่างสิ้นเชิง เซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการเลื่อยซิลิคอนก้อนใหญ่ๆฟิล์มที่มีซิลิคอนผสมอยู่จะถูก "พ่น" ไปยังพื้นผิวซึ่งจะทำให้กลายเป็นแผงเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 2.24 แม้ว่ากระบวนการเหล่านี้จะมีมาระยะหนึ่งแล้วกระบวนการผลิตฟิล์มบางเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ โดยได้มีการประมาณอายุการใช้งานของแผงชนิดนี้ประมาณซึ่งฟิล์มบาง 20ปี ซึ่งฟิล์มบาง เป็นคำทั่วไปสำหรับแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุเหล่านี้คือซิลิคอนที่ไม่เป็นรูปผลึก (a-Si) แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIGS)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง มีใช้อยู่ประมาณร้อยละ 5 ในตลาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางได้รับความนิยมในโซล่าฟาร์มขนาดใหญ่ แต่ค่อนข้างหายากในตลาดที่อยู่อาศัย

รูปที่ 2.24 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film)

ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง ถึงแม้ว่าขั้นตอนการผลิตจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นแต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางก็มีประสิทธิ์ภาพ ร้อยละ 8-10 ซึ่งหมายความว่ามันจะมีขนาดใหญ่เป็นสองเท่าของแบบโมโนคริสตัลไลน์และแบบโพลีคริสตัลไลน์ที่ผลิตพลังงานได้เท่ากันและมีน้ำหนักมาก ดังนั้นต้องมีหลังคาที่ใหญ่และแข็งแรงกว่า และอุปกรณ์ต้องใหญ่และแข็งแรงกว่า สิ่งที่ควรระวังอีกประการคือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง สามารถเสื่อม ได้ถึงร้อยละ 20 ในช่วงปีแรกของการติดตั้งก่อนที่จะคงตัวสู่ระดับการผลิตพลังงานที่ กำหนดโดยปกติเราสามารถมองเห็นแผงเซลลแสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางเพราะไม่มีรูปแบบเมทริกซ์ของแผงผลึก แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ฟิล์มบางมีเพียงสีเดียวซึ่งมักจะเป็นสีน้ำเงิน สีดำหรือสีน้ำตาล และจะเป็นอาร์เรย์ขนาดใหญ่เพื่อชดเชยประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งรูปที่ 2.25 คือหลังคาที่มีแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ชนิด คือ แผงฟิล์มบางอยู่ทางด้านซ้ายและแผงแบบโมโนคริสตัลไลน์ทางด้านขวา อาร์เรย์แบบฟิล์มบางผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าแบบโมโนคริสตัล เพียงประมาณร้อยละ 20 แม้จะใช้พื้นที่ใหญ่กว่าประมาณร้อยละ 300

รูปที่ 2.25 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยด้านซ้ายคือแผงแบบฟิล์มบางและด้านขวาคือแบบโมโนคริสตัลไลน

ข้อดีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

- การผลิตจำนวนมากนั้นทำได้ง่าย ทำให้มีราคาถูกกว่าการผลิตกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ผลึก
- กำลังไฟฟ้าได้รับผลกระทบน้อยกว่าจากอุณหภูมิสูง
- ใช้วัสดุน้อยลงในการผลิตแผง
- ดูสะอาดมากและสามารถโค้งงอเป็นรูปร่างต่างๆได้
- ทำงานได้ดีในสภาพแสงน้อย
- หากมีเงาบดบังโมดูลบางส่วนพลังงานที่ผลิตได้จะลดลงน้อยกว่าแผงผลึก

ข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง

- มีประสิทธิภาพเพียงครึ่งหนึ่งของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกใช้พื้นที่บนหลังคาเป็นสองเท่า
- ใช้เวลาหกเดือนถึงหนึ่งปีก่อนที่กำลังการผลิตจะมีเสถียรภาพ
- ใช้เวลานานกว่าในการติดตั้ง
- มีข้อจำกัด ในการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์
- ใช้กระบวนการผลิตที่เป็นพิษมากขึ้น

กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบซิลิคอน (Compound Silicon Semiconductor) ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 25 ขึ้นไปแต่มีราคาสูงมากไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก นิยมใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียงร้อยละ 7 ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด) ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนต่อไป

2.2.5 การยึดและการติดตั้งแผง

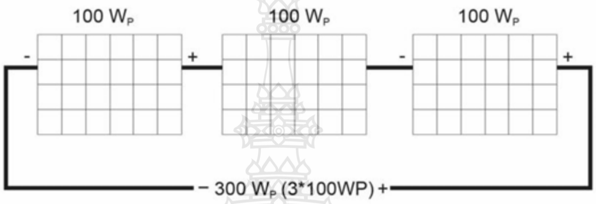
การยึดและการติดตั้งแผงเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงจะต้องคำนวณว่าแผงควรจะติดตั้งให้มีความชันและความลาดเอียงจากพื้นกี่องศาและหันหน้าไปทางทิศใด (โดยทั่วไปในประเทศไทยจะติดตั้งให้ระนาบแผงโซล่าเซลล์หันไปทางทิศใต้ โดยมีความชันประมาณ 15 องศาจากพื้นดิน) ดังแสดงในรูปที่ 2.26 การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวมของแผงหรือทั้งระบบ ถ้าติดตั้งไปผิดทิศหรือความชันแผงจากพื้นไม่เหมาะสม กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะลดลงไปอย่างมาก

รูปที่ 2.26 การติดตั้งแผงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

2.2.6 การต่อแผงโซล่าเซลล์

2.2.6.1 การต่อแผงโซล่าเซลล์เป็นอาร์เรย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์หลายแผงเข้าด้วยกันเพื่อทำการเป็นสร้างอาร์เรย์ พลังงานทั้งหมดจากอาเรย์ คือผลรวมของพลังงาน ของแต่ละแผงโซล่าเซลล์ ตัวอย่างเช่นมีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 100 W สูงสุด และจะต้องเชื่อมต่อทั้งแบบอนุกรมหรือแบบขนานกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากอาร์เรย์จเท่ากับ 300 W สูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.27 และการเชื่อมต่อแผงโซล่าเซลล์เพื่อสร้างอาร์เรย์สามารถทำได้ 3 วิธีดังนี้

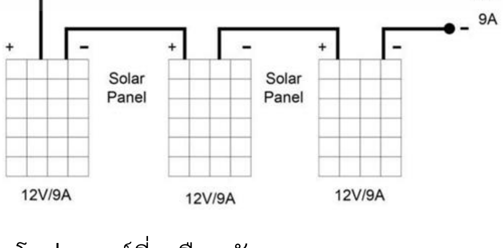


รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการต่อแผงโซล่าเซลล์เป็นอาร์เรย์

2.2.6.2 การต่อแบบอนุกรม

เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกัน (มีพารามิเตอร์เดียวกัน) แบบอนุกรม จะได้แรงดันขาออกที่สูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมกันทั้งหมด

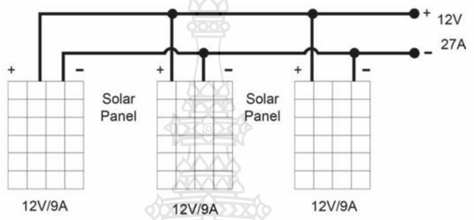
ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมขั้วบวก (+) ของแผงจะต้องต่อกับขั้วลบ (-) ของแผงถัดไปในอาร์เรย์ดังแสดงในรูปที่ 2.28 ตัวอย่างเช่น มีแผงโซล่าเซลล์ 3 แผง แต่ละแผงมีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 V และขนาดกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 9 A ต่อแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้าจะมากขึ้นเท่ากับผลรวมของทั้ง 3 แผงคือ 36 V และมีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 9 A เหมือนเดิมโดยกระแสไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์สร้างขึ้นเป็นแบบกระแสตรง



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการต่อแผงโซล่าเซลล์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม

2.2.6.3 การต่อแบบขนาน

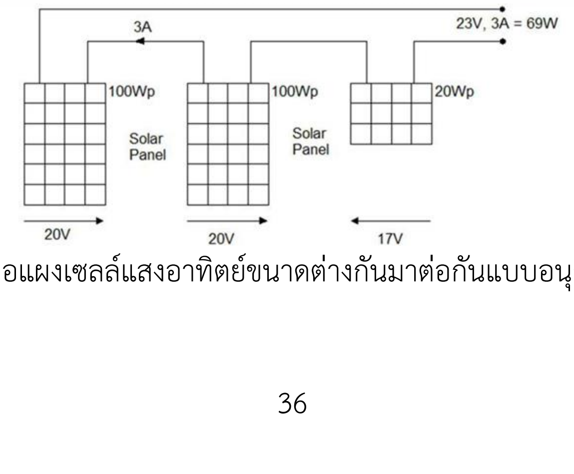
การต่อแผงโซล่าเซลล์ที่เหมือนกันแบบขนาน กระแสไฟฟ้าขาออกจะ**สูง**ขึ้นเท่าผลรวมของทั้งรวมกัน ส่วนทางด้านแรงดันไฟฟ้าขาออกจะเท่าเดิม ในการต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน ขั้วบวก แต่ละแผงจะต่อเข้าด้วยกัน (+) และขั้วลบ (-) ของแต่ละแผงก็จะต่อเข้าด้วยกันในการอาร์เรย์ดังแสดงในรูปที่ 2.29 ตัวอย่างเช่นมีแผงโซล่าเซลล์ 3 แผง แต่ละแผงมีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 V และขนาดกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 9 A ต่อแบบขนาน แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟ ขาออกของอาร์เรย์นั้นจะเท่ากับ 12 V, 27 A ตามลำดับ



รูปที่ 2.29 ตัวอย่างการต่อแผงโซล่าเซลล์ที่เหมือนกันแบบขนาน

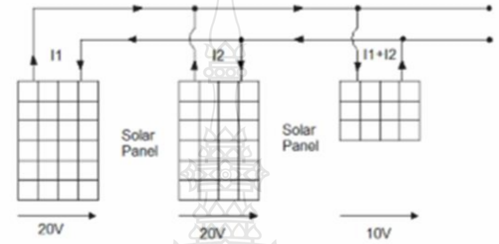
2.2.6.4 การต่อแผงโซล่าเซลล์ที่เป็นอาร์เรย์ในกรณีแผงมีกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ถ้าต่อแผงโซล่าเซลล์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าต่างกันกำลังไฟฟ้าขาออกจากอาร์เรย์จะ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมดูล กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปนั้นขึ้นอยู่กับแบบของการต่อ ระหว่างโมดูล และโหมดการทำงานเมื่อต่อโมดูลที่มีกระแสต่างกันแบบอนุกรมกับโหลดดังแสดงในรูปที่ 2.30 โมดูลที่มีกระแสไฟต่ำ จะกลายเป็นตัวต้านทานหรือโหลดในวงจร โมดูลที่มี กระแสสูงจะสร้างกระแสที่ไหลผ่านวงจร กระแสจะลดลงเนื่องจากความต้านทานของโมดูลกระแสต่ำ และสร้างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้มีขั้วไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้าม จึงลดแรงดันไฟฟ้ารวมของการเชื่อมต่ออนุกรมของโมดูลทั้งหมด นอกจากนี้ยังใช้พลังงานของโมดูลอื่นๆ ตัวอย่างเช่นแรงดันตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำปรับตัวลดลงคือ 17 V ดังนั้นแรงดันไฟฟ้ารวมของวงจรคือ (2x20) โวลต์ - 17 V = 23 V กำลังทั้งหมดนั้นน้อยกว่ากำลังของโมดูลที่กระแสสูงรวมกัน



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม

หรือหากนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันต่อขนานกันดังแสดงในรูปที่ 2.31 กำลังไฟฟ้ารวมจะเท่ากับผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมลซึ่งจะไม่มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าแต่เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน มีแรงดันเอาต์พุตต่างกันต่อขนานกัน โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าจะทำ ในวงจร หากไม่มีการเชื่อมต่อโหลดเข้ากับวงจรดังนั้นกระแสของโมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าจะไหลเข้า แรงดันไฟฟ้าต่ำถ้ากระแสที่ไหลสูงอาจทำให้โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเสียหายได้



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน

2.2.7 แบตเตอรี่

แผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือแผงโซล่าเซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงแต่ไม่สามารถเก็บพลังงานได้ แต่เมื่อต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะต้องมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงานแบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่

2.2.7.1 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) เป็นเทคโนโลยีใหม่ในตลาดปัจจุบันพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ง เช่น โทรศัพท์มือถือและแล็ปท็อปดังแสดงในรูปที่ 2.32 ในบ้านยังไม่นิยมนำมาใช้งานเนื่องจากมีราคาสูงและเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูงโดยเฉลี่ยสามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปีนับจากวันผลิตขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน

รูปที่ 2.32 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนยี่ห้อหนึ่ง

2.2.7.2 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) เป็นแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุ การใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าในการติดตั้งที่สุดในตลาดแต่ต้องติดตั้งในสถานที่มีการระบายอากาศเพียงพอมีอยู่ 2 แบบ

- ประเภทต้องเติมน้ำกลั่นเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่มีอยู่ทั่วไป กรดในแบตเตอรี ในแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นของเหลวดังแสดงในรูปที่ 2.33 ซึ่งแบตเตอรี่เซลล์เปียกจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเติมน้ำกลั่นเป็นประจำ

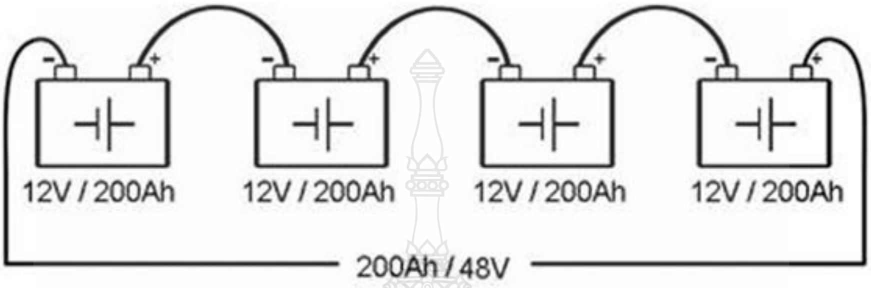
- แบตเตอรี่แห้งแบบไม่ต้องเดิมน้ำกลั่นแบตเตอรี่แห้งเป็นแบตเตอรี่ที่ถูกปิดผนึกโดยสนิทไม่ต้องบำรุง ดังแสดงรูปที่ 2.34

รูปที่ 2.33 แบตเตอรี่ประเภทต้องเติมน้ำกลั่นแบบทั่วไป 6 V และ 12 V

รูปที่ 2.34 แบตเตอรี่แบบแห้ง 12 V

2.2.7.3 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

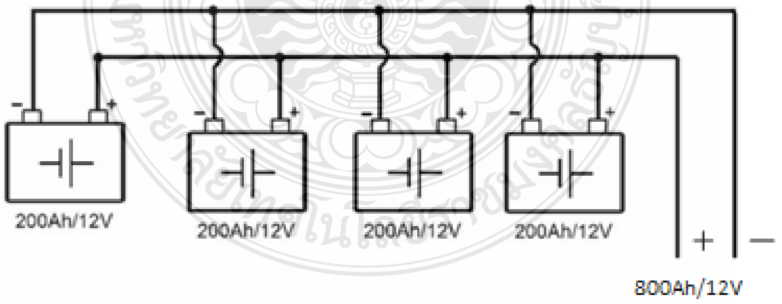
ตัวอย่าง เช่นถ้ามีแบตเตอรี่ 4 ก้อนขนาดพิกัด 200 Ah , 12 V และต่อแบบอนุกรมกำลังไฟฟ้ารวมจากแบตเตอรี่จะเท่ากับ 48 V, 200 Ah สำหรับการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ก้อนถัดไปดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

2.2.7.4 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

ตัวอย่าง เช่น หากมีแบตเตอรี่สี่ก้อนขนาดพิกัด 200 Ah , 12 V และมีการต่อแบบขนานพลังงานขาออกทั้งหมดจากแบตเตอรี่จะเป็น 12 V , 800 Ah ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องเชื่อมต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไปและขั้วบวกก็จะเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ตัวถัดไปดังแสดงในรูปที่ 2.36

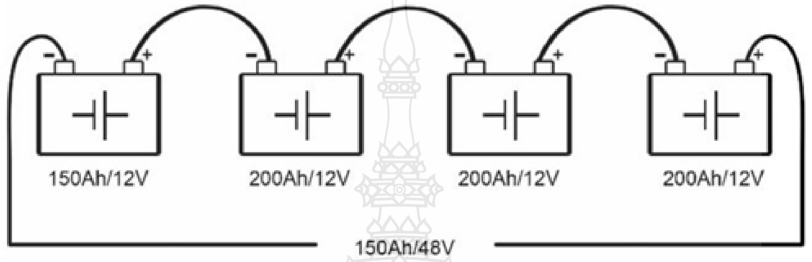


รูปที่ 2.36 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

การต่อแบตเตอรี่แบงก์เมื่อแบตเตอรี่ต่อกันเพื่อสร้างแบตเตอรี่แบงก์ แรงดันทั้งหมดและความจุของแบตเตอรี่แบงก์กับลักษณะการเชือมต่อและต้องไปเชื่อมต่อแบตเตอรี่ที่มีชนิด

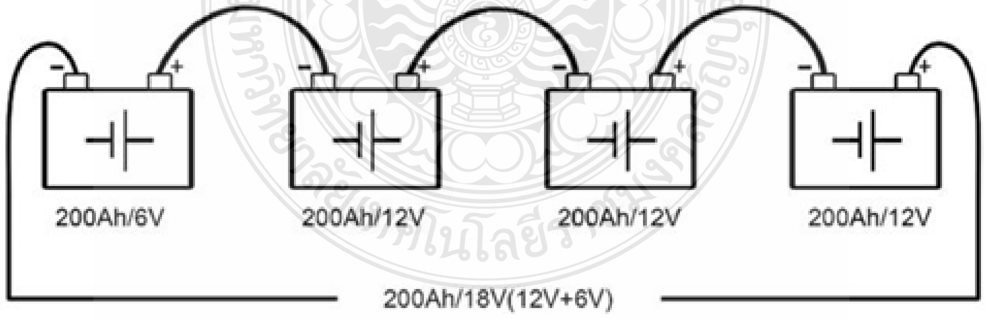
และขนาดที่แตกต่างกันแบตเตอรี่ในแบตเตอรี่แบงก์จะต้องเป็นประเภทเดียวกันและขนาดความจุเท่ากัน ซึ่งมีการต่ออยู่ 3 ประเภทได้แก่

2.2.7.5 การต่อแบบอนุกรม-แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีกระแสแตกต่างกัน เช่นมีแบตเตอรี่ 4 ก้อน มีพิกัด 150 Ah , 12 V หนึ่งก้อนและอีก 3 ก้อนมีพิกัด 200 Ah , 12 V ทั้งหมดต่ออนุกรมดังแสดงในรูปที่ 2.37 แรงดันไฟฟ้าขาออกคือ 48 V แต่ค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่คือก้อนที่มีกระแสไฟฟ้าที่ต่ำสุดคือ 150 Ah



รูปที่ 2.37 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดความจุต่างกัน

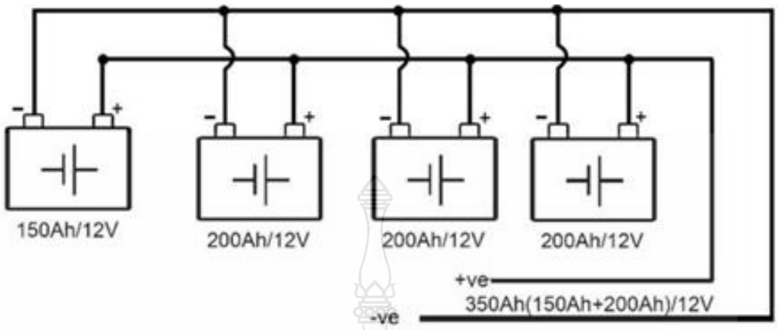
2.2.7.6 การต่อแบบอนุกรม - แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันแต่มีแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน ในการต่อแบตเตอรี่ที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าต่างกันตัวอย่างเช่น ในกรณีที่แบตเตอรี่แบงก์จำนวน 4 ก้อน โดยก้อนหนึ่งมีพิกัด 200 Ah , 6 V และอีกสามก้อนมีพิกัดอยู่ที่แอมแปร์ 200 Ah , 12 V และต่อแบบอนุกรมด้วยแบตเตอรี่ทั้ง 4 ก้อนดังแสดงในรูปที่ 2.38 ขนาดแรงดันไฟฟ้ารวมของแบตเตอรี่จะกลายเป็น 6 V ที่ความจุยังคงอยู่ที่ 200 Ah



รูปที่ 2.38 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่มีขนาดแรงดันต่างกัน

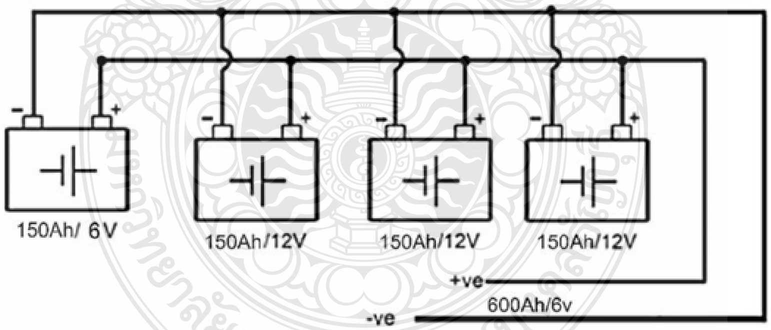
2.2.7.7 การต่อแบบขนาน - แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันตัวอย่างเช่นแบตเตอรี่แบงก์ 4 ก้อนที่มีก้อนหนึ่งมีพิกัด 150 Ah , 12 V และอีก 3 ก้อนมี

พิกัด 200 Ah , 12 V ทั้งหมดต่อแบบขนานดังแสดงในรูปที่ 2.39 แรงดันไฟฟ้าขาออกจากแบตเตอรี่แบงก์คือ 12 V ในขณะที่กระแสเอาต์พุตคือ 750 Ah



รูปที่ 2.39 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดความจุต่างกัน

2.2.7.8 การต่อแบบขนาน - แบตเตอรี่ที่มีแรงดันของไฟฟ้าไม่เท่ากันแต่มีกระแสไฟฟ้าเท่ากันตัวอย่างแบตเตอรี่ 4 ก้อน พิกัด 150 Ah, 6 V หนึ่งก้อนและอีก 3 ก้อนมีพิกัด 150 Ah , 12 V ทั้งหมดต่อแบบขนานดังแสดงในรูปที่ 2.40 แรงดันไฟฟ้าสูงสุดจะเท่ากับแบตเตอรี่ 6 V แต่กระแสไฟฟ้าจะเท่ากับผลรวมทั้งหมดรวมกันคือ 600 Ah แต่ควรระวังเนื่องจาแบตเตอรี่ 6 V จะถูกยกแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นมาใกล้กับ 12 V และถูกอัดประจุมากเกินไปซึ่งจะทำให้ แบตเตอรี่เสียหายได้



รูปที่ 2.40 การต่อแบตเตอรี่แบบขนานที่มีขนาดแรงดันต่างกัน

2.2.8 ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger controllers)

เครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะควบคุมการจ่ายพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ ทำได้โดยการรับแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่

2.2.8.1 หน้าที่ตัวควบคุมการชาร์จประจุที่หลักๆ 4 ประการดังนี้

- ควบคุมให้การชาร์จประจุแบตเตอรี่เป็นไปอย่างปลอดภัย

- ตัวควบคุมการชาร์จที่มีฟังก์ชันโหลดคอนโทรลเลอร์ จะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุ

- เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุมากเกินไป

- เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากแบตเตอรี่ไปยังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.8.2 ตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่มี 2 แบบได้แก่

2.2.8.2.1 การปรับความกว้างพัลส (Pulse Width Modulation, PWM) ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมการชาร์จที่พบมากที่สุดดังแสดงในรูปที่แรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุของแบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้อยู่ระดับที่ต้องการโดยการสลับการเปิด/ปิดอุปกรณ์อิเล็กทรนิกส์ด้วยความถี่สูงดังแสดงรูปที่ 2.41

2.2.8.2.2 การติดตามกำลังสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPP หรือ MPPT) ตัวควบคุม MPPT จะควบคุมให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าเหมาะสม เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุดในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ ตัวควบคุมมีราคาแพงกว่า และส่วนใหญ่ใช้สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ดังแสดงรูปที่ 2.42

รูปที่ 2.41 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ PWM ยี่ห้อ Victron 12 V , 10 A

รูปที่ 2.42 ตัวควบคุมการชาร์จแบบ MPPT ยี่ห้อ Victron 12/24 V , 20 A

2.2.9 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า

ในการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์นั้น ควรติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะจากฟ้าผ่า (Surge Protection Device, SPD) ซึ่งมีหน้าที่คือ ทำการลัดวงจรตัวเองในขณะที่เกิดแรงดันจากฟ้าผ่า เพื่อทำให้กระแสเสิร์จเปลี่ยนทิศทางวิ่งผ่านตัวเองลงกราวด์ แทนที่จะเข้าไปทำอันตรายกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในระบบ

2.2.10 สวิตช์ตัดตอน

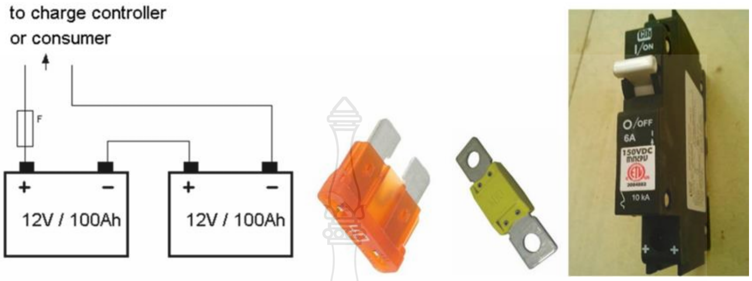
เพื่อความปลอดภัยสำหรับ บุคลากร ระบบและการบำรุงรักษาเราอาจติดตั้งสวิตช์ตัดการเชื่อม เพื่อแยกส่วนประกอบต่างๆของระบบได้สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อ ถูกติดตั้งระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับอุปกรณ์ควบคุมการชาร์จดังแสดงในรูปที่ 2.43 โดยแนะนำให้ใช้ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 60โวลต์ ขึ้นไปเพื่อให้แน่ใจว่าการติดตั้งและการบำรุงรักษาจะปลอดภัยสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อจะต้องใช้สำหรับการตัดต่อไฟฟ้ากระแสตรงและมีพิกัดกระแสเท่ากับกระแสสูงสุดของอาร์เรย์แสงอาทิตย์โดยห้ามใช้สวิตช์ตัดการ เชื่อมต่อที่ใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปเพราะทุกครั้งที่ทำการตัดการเชื่อมต่อในขณะจ่ายโหลดจะเกิดประกายไฟประกายไฟจากไฟฟ้ากระแสตรงนั้นทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าประกายไฟฟ้ากระแสสลับ และสามารถทำลายอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อจัดการกับประกายไฟจากไฟฟ้ากระแส

รูปที่ 2.43 สวิตช์ตัดการเชื่อมต่อทั่วไปที่ใช้เพื่อแยกอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์จากตัวควบคุมการชาร์จ

2.2.11 ฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์

การลัดวงจรระหว่างขั้วแบตเตอรี่ทั้งสองขั้วจะปล่อยกระแสสูงมาก ยิ่งแบตเตอรี่มีความจุมาก กระแสก็ยิ่งสูง สำหรับแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ กระแสนี้สามารถละลายสายไฟและก่อให้เกิดไฟไหม้ได้ง่ายดังนั้น แบตเตอรี่หรือแบตเตอรี่แบงก์ควรมีการป้องกันด้วยฟิวส์กระแสตรง (DC) หรือเบรกเกอร์กระแสตรงด้วยขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมดังแสดงในรูปที่ 2.44 โดยที่ฟิวส์กระแสสลับ (AC) ไม่สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้สำหรับแบตเตอรี่ขนาดเล็กและกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กสามารถใช้ฟิวส์รถยนต์ได้แต่ถ้ากระแสสูง มาก และแบตเตอรี่แบงก์จำเป็นต้องใช้ฟิวส์กระแสตรงที่มีพิกัด

กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นการต่อวงจรให้ เดินสายระหว่างแบตเตอรี่และเครื่องควบคุมการชาร์จประจุต้องใส่เบรกเกอร์กระแสตรงหรือฟิวส์ กระแสตรง และระหว่างขาออกของอินเวอร์เตอร์และผู้ใช้ไฟฟ้า ต้องใส่เบรกเกอร์กระแสสลับ



รูปที่ 2.44 ฟิวส์รถยนต์,ฟิวส์กระแสตรง,เบรกเกอร์กระแสตรง

สำหรับระบบขนาดใหญ่จะใช้กล่องต่อสายร่วม (Combiner Box) เป็นกล่องที่รวมจุดต่อวงจร ของการเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างเป็นอาร์เรย์ดังแสดงในรูปที่ 2.65 ในการต่อวงจรขาออกของ กล่องต่อสายร่วม มักจะเป็นสายเคเบิลสองเส้นซึ่งเชื่อมต่อกับตัวควบคุมการชาร์จประจุ กล่องต่อสายร่วม จะประกอบด้วยสวิตช์ตัดการเชื่อมต่อหรือเบรกเกอร์ตัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับวงจรแสงอาทิตย์อาร์เรย์และกล่องแยก (Junction Box) หรือกล่องรวมสัญญาณใช้เป็นกล่องหุ้มที่สายไฟและสายเคเบิลของวงจรต่างๆ เชื่อมต่อดังแสดงในรูปที่ 2.46

รูปที่ 2.45 กล่องต่อสายร่วมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 4 kW รวม 10 แผง เพื่อป้อนในสายเคเบิลเดี่ยวไปยังตัวควบคุมการชาร์จ

รูปที่ 2.46 กล่องแยก (Junction Box)

2.2.12 การต่อลงดิน

การต่อลงดินของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถป้องกันแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตรายเนื่องจากการทำงานที่ ผิดพลาดของอุปกรณ์นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอุปกรณ์จากแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตรายในกรณีที่เกิดการ ต่อลงดินของอุปกรณ์หมายถึงการเชื่อมต่อตัวโลหะและโครงโลหะทั้งหมดของอุปกรณ์เข้าด้วยกันและต่อเข สายดิน โครงโลหะเหล่านี้ประกอบด้วย กรอบแผงเซลล์แสง, อินเวอร์เตอร์อาทิตย์ ,กล่องของตัวควบคุมชาร์จประจุ , กล่องแยกสายที่เป็นโลหะ รวมถึงตัวนำอิเล็กโทรด PE ที่ด้านกระแสสลับดังแสดงในรูปที่ 2.47 การต่อสายดินทำให้มั่นใจได้ว่าชิ้นส่วนโลหะของส่วนประกอบทั้งหมดของระบบอยู่ในแรงดันไฟฟ้าเท่ากันและ ศูนย์เมื่อเทียบกับโลก ดังนั้นเมื่อเกิดฟ้าผ่า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ จะไม่สามารถก่อให้เกิด หรือการบาดเจ็บได้การต่อสายดินของระบบจำเป็นต่อการทำงานของอุปกรณ์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์บาง ประเภทจะต้องต่อสายดิน ไม่เช่นนั้นจะสูญเสียพลังงานเนื่องจากการสะสมของประจุไฟฟ้าสถิตนอกจากนี้จำเป็นต้องต่อสายดินกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลบางอย่าง เช่น DCRCDs ไม่เช่นนั้นอุปกรณ์จะไม่ทำงาน หากไม่มีระบบกราวด์การต่อสายดินเพียงขั้วเดียวจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดไฟฟ้าช็อตในระหว่างการติดตั้งและการบำรุงรักษาระบบพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 2.47 การต่อสายดิน

2.3 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

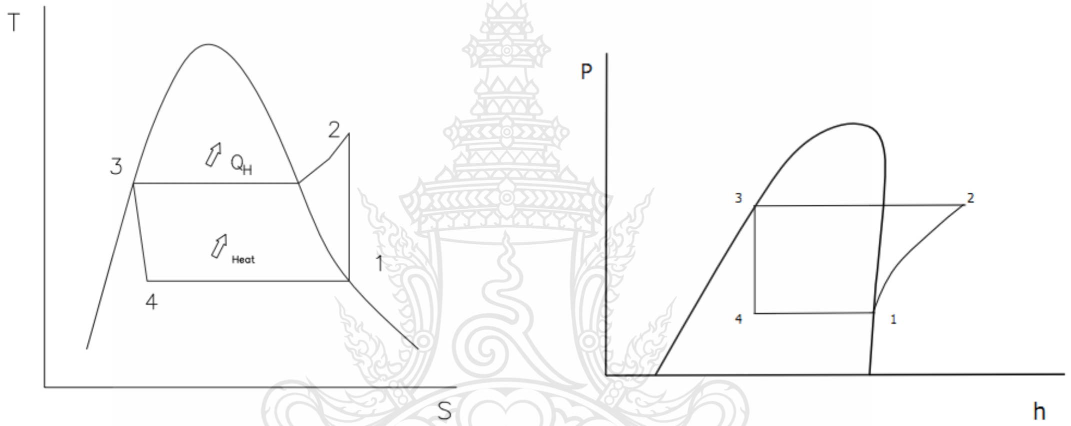
วัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดพื้นฐานจะใช้หลักการของ วัฏจักรคาร์โนต์ โดยมีกระบวณการต่างๆดังนี้ [22]

กระบวนการ 1 → 2 การอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกในเครื่องอัด

กระบวนการ 2 → 3 การคายความร้อนโดยความดันคงที่ในเครื่องควบแน่น

กระบวนการ 3 → 4 การขยายตัวในอุปกรณ์ทรอตทลิ่ง

กระบวนการ 4 → 1 การดูดความร้อนโดยความดันคงที่ในเครื่องระเหย



รูปที่ 2.48 แผนภา พ T – s , P – h ของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

จากกระบวณการต่างๆและแผ่นภาพของวัฏจักรทำความเย็นและสามารถแบ่งออกเป็นสภาวะต่างๆ ดังนี้

สภาวะที่ 1 (ไออิ่มตัว) $h_1 = h_g$ @ P_1

$S_1 = S_g$ @ P_1

T_1 = T @ P_1

สภาวะที่ 2 (ไอร้อนยิ่งยวด) $S_2 = S_1$, $h_2 = h_{fg}$ @ P_2

T_2 = T @ P_2

สภาวะที่ 3 (ของเหลวอิ่มตัว) $h_3 = h_f$ @ P_3

สภาวะที่ 4 $h_4 \cong h_3$ (กระบวณการทรอตทลิ่ง)

สามารถหาอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R 134 A โดยคำนวณหาจากสมการที่ 2.1

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{W}_{in}}{(h_{2_r} - h_{1_r})} \tag{2.1}$$

โดยที่

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R 134 A (kg /s)

$\dot{W}_{in}$ = กำลังที่ป้อนให้กับให้คอมเพรสเซอร์ (kw)

h_{1_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 1 (kJ /kg)

h_{2_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 2 (kJ /kg)

หาอัตราการถ่ายโอนความร้อนจากสมการที่ 2.2

$$Q_L = \dot{m}_r(h_{1_r} - h_{4_r}) \tag{2.2}$$

โดยที่

Q_L = อัตราการถ่ายโอนความร้อน (kw)

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R-134a (kg /s)

h_{1_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 1 (kJ /kg)

h_{4_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 4 (kJ /kg)

หาอัตราการไหลของน้ำเย็นโดยคำนวณหาสมจากสมดุลพลังงานและความแตกต่างของอุณหภูมิที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{m}_r(h_{1_r} - h_{2_r})}{C_{P_W}(T_{2_W} - T_{1_W})} \tag{2.3}$$

โดยที่

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R-134a (kg /s)

$\dot{m}_w$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg /s)

C_{P_W} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.184 kJ / kg. K)

h_{1_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 1 (kJ /kg)

h_{2_r} = เอนทัลปีของสารทำความเย็น R-134a สภาวะที่ 4 (kJ /kg)

T_{9_W} = อุณหภูมิน้ำสภาวะที่ 9 (° C)

T_{5_W} = อุณหภูมิน้ำสภาวะที่ 5 (° C)

2.4 การคำนวณขนาดถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำ [11] หาได้จากสมการที่ 2.4

$$CUM = \frac{RTH \times 3024 kcal/RTH}{\eta_T \times \Delta T \times 1000 kcal/C^{\circ}.m^3} \tag{2.4}$$

โดยที่

CUM = ปริมาตรของถังเก็บน้ำเย็น (m^3)

RTH = จำนวนตันความเย็นที่สะสมเท่ากับ 3 ตันความเย็น

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิด้านเข้าและออกจากถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำเท่ากับ 10 (° C)

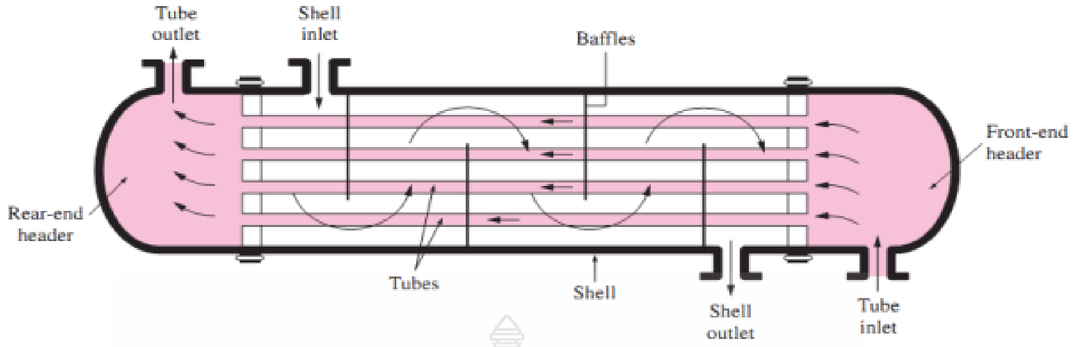
η_T = ประสิทธิภาพของถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำเท่ากับ 80 เปอร์เซ็น

2.5 การเลือกและการออกแบบอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน [19] [20] [21]

ในงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ 2 ตัวด้วยกันก็คือ คอนเด็นเซอร์หรือคอล์ยร้อนทำหน้าที่ในการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นทำให้เกิดการควบแน่นและอีแวปโพเรเตอร์หรือคอล์ยเย็นโดยหลักการในการเลือกและการออกแบบอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีดังนี้

2.4.1 การกำหนดการไหลอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเกือบทั้งหมดทำงานในลักษณะที่ของไหลร้อนและขอลไหลเย็นถูกกันแยกจากกันด้วยผนังร่วมจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยทางกลการพาความร้อนและการนำความร้อน ประสิทธิ์ภาพของการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้นอยู่อย่างมากกับลักษณะของการไหลที่เกิดขึ้น การไหลของของไหลมีทางเป็นไปได้ 3 ลักษณะคือ

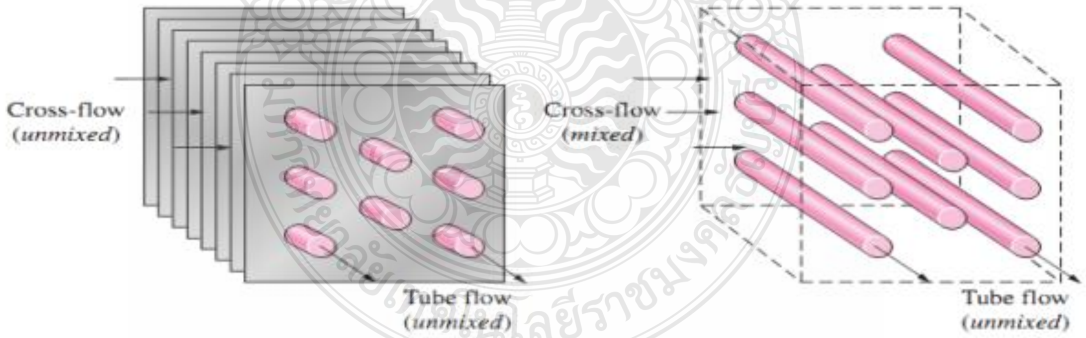
2.4.1.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ของไหลอย่างหนึ่งจะอยู่ในเปลือกและอีกอย่างหนึ่งจะอยู่ในท่อ สำหรับการไหลนั้นจะอยู่ในลักษณะไหลสวนทางหรือไหลขนานก็ได้ หรือทั้งสองอย่างในเครื่องเดียวกันก็ได้ นอกจากนี้อาจออกแบบให้ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกับท่อก็ได้แสดงในรูปที่ 2.49



รูปที่ 2.49 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ

2.4.1.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบนี้ ของไหลจะไหลในทิศทางตั้งฉากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.50 การสร้างนั้นอาจให้อยู่ในลักษณะของไหล เที่ยวเดียวหรือ ไหลสองเที่ยวหรือมากกว่าก็ได้

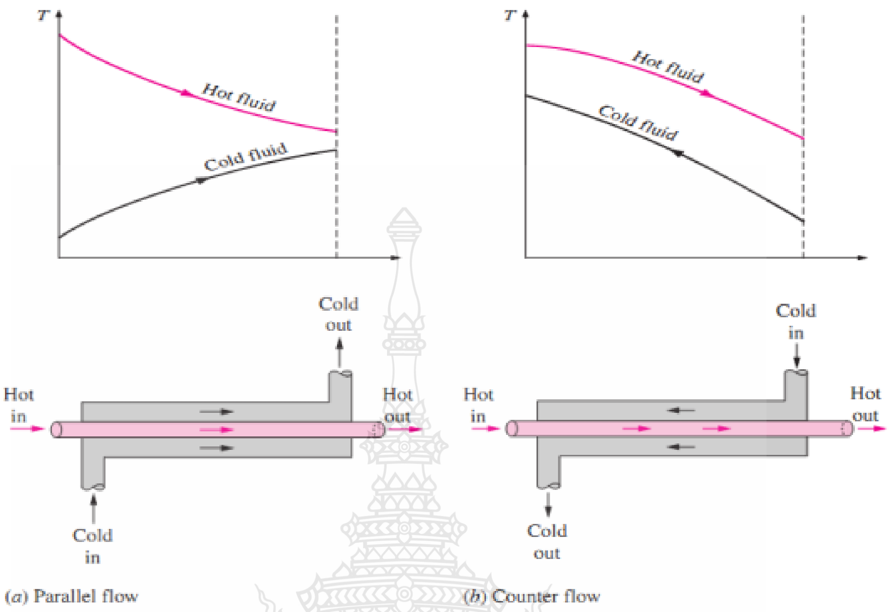
จากรูปที่ 2.50 ด้านขวา ของเหลวร้อนไหลอยู่ในท่อ ส่วนอากาศเย็นไหลผ่านบนท่อ เนื่องจากเหลวไหลอยู่ในท่อจึงไม่เกิดการผสมกันสิ่งที่เกิดขึ้นท่อใดท่อหนึ่งมีผลกระทบน้อยมากกับสิ่งที่เกิดขึ้นกับท่ออื่นๆ จากรูป 2.50 ด้านซ้าย เมื่อท่อถูกติดตั้งครีบอากาศที่ไหลผ่านจะไม่ผสม การถ่ายเทความร้อนไปสู่อากาศจะมีค่าสูงมาก เนื่องจากพื้นที่ถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.50 การไหลที่แตกต่างกันใน cross flow heat exchangers

2.4.1.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Concentric tube or Double pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้อาจอยู่ในลักษณะที่ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกันแสดงในรูปที่ 2.51

ส่วนการไหลของของไหล อาจไหลสวนทาง กัน เรียกว่า counter flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า parallel flow ดังแสดงในรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.51 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แบบ ท่อสองชั้น (double-pipe heat exchanger)

2.4.2 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม

เมื่อพิจารณาผนังระนาบดังแสดงในรูปที่ 2.52 กระบวณการถ่ายเทความร้อนมาแสดงเป็นโครงข่ายของความต้านทานและการถ่ายเทความร้อนรวมสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของอุณหภูมิแตกต่างทั้งหมดหารด้วยผลรวมของความต้านทานของความร้อนในสมการที่ 2.5

$$q = \frac{T_A - T_B}{1/h_1A + \Delta X/kA + 1/h_2A} \tag{2.5}$$

โดยที่

q = พลังงานการถ่ายเทความร้อน (kW)

T_A = อุณหภูมิของไหลร้อน A (° C)

T_B = อุณหภูมิของไหลเย็น B (° C)

$\frac{1}{hA}$ = ค่าการพาความร้อน (W)

$\Delta X/kA$ = ค่าการนำความร้อน (W)

สังเกตได้ว่า $\frac{1}{hA}$ ที่ใช้คือค่าความต้านทานของการพาควาร้อน การถ่ายเทความร้อนรวมทั้งหมดจากการรวมของค่าการนำความร้อนกับการพาความร้อนให้อยู่ในเทอมของสัมประสิทธิ์ของการถ่านเทความร้อนรวม U ซึ่งกำหนดได้จากความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 2.6

$$q = UA\Delta T_{รวม} \tag{2.6}$$

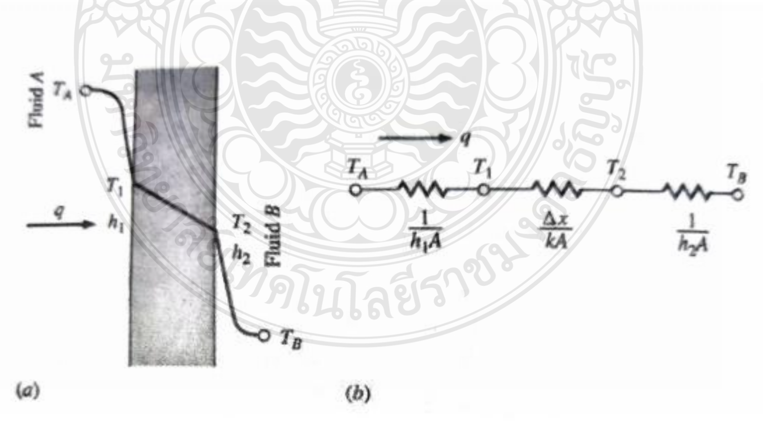
โดยที่

q = พลังงานการถ่ายเทความร้อน (KW)

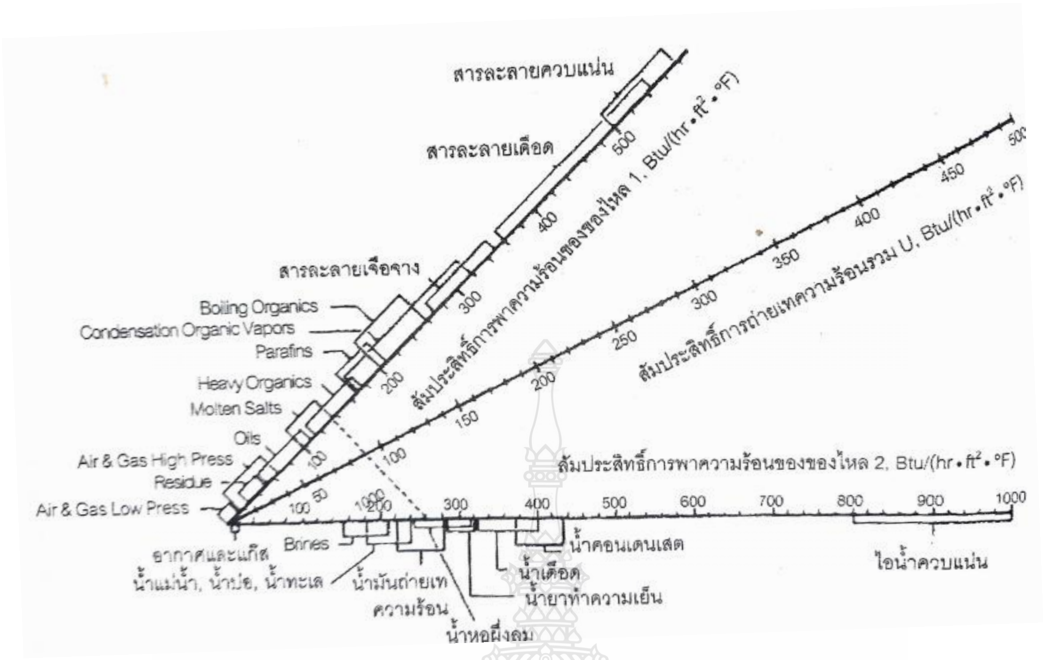
U = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม ($W/m^2.K$)

A = พื้นที่การถ่ายเทความร้อน (m^2)

$\Delta T_{รวม}$ = ผลรวมของอุณหภูมิ (° C)



รูปที่ 2.52 การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังระนาบ



รูปที่ 2.53 แผนภูมิสำเร็จในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม [15]

เนื่องจากต้องการให้มีการถ่ายเทความร้อนมากๆ ดังนั้นควรใช้โลหะที่ใช้ทำท่อที่มีค่า U มากๆ โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมจะมีค่ามากเมื่อถ่ายเทให้กับน้ำและจะมีค่าน้อยเมื่อถ่ายเทความร้อนให้อากาศ

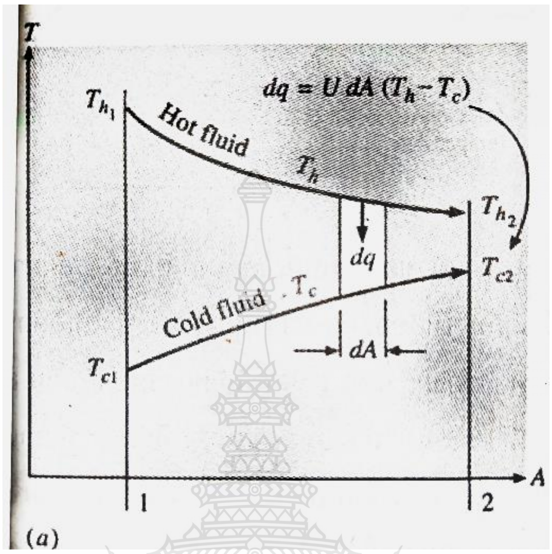
แผนภูมิสำเร็จในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมดังแสดงในรูปที่ 2.53 จะใช้หาค่า U สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมแทนค่าในสมการที่ 2.6

2.43 ความแตกต่างของค่าอุณหภูมิล็อกฉลี่ย (Log Mean Temperature Difference Method : LMTD)

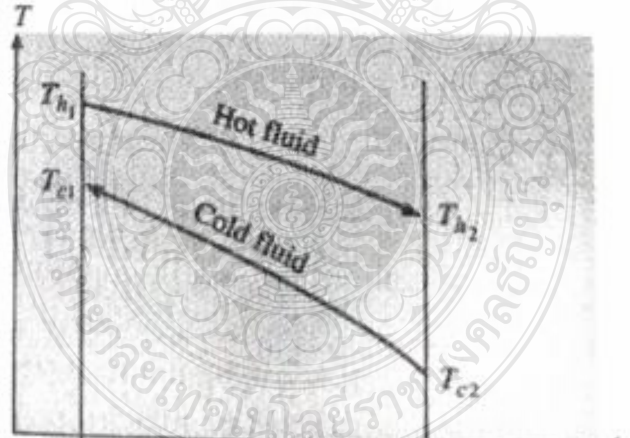
เมื่อพิจารณา $\Delta T_{รวม}$ ของไหลผ่านคอล์ยเย็น จะทำให้อุณหภูมิลดลง ในทางปฏิบัติอัตราการลดลงจะไม่คงที่จะมีมากสุดเมื่อผ่านคอล์ยเย็นแถวแรกๆเพราะในแถวแรกอุณหภูมิระหว่างของไหลและสารทำความเย็นมีมากกว่า ในแถวต่อๆไป

อุณหภูมิของของไหลต่างๆในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นปกติแล้วจะมีค่าไม่คงที่แต่จะแปรค่าจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งเมื่อมีความร้อนไหลจากของไหลที่ร้อนไปของไหลที่เย็นกว่า ดังนั้นถึงแม้ว่าความต้านทานความ ร้อนตามทางของไหลจะมีค่าคงที่ก็ตาม อัตราการถ่ายเทความร้อนจะแปรค่าตามเส้นการไหลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อน ทั้งนี้เพราะอัตราการถ่ายเทความร้อนจะแปรค่า

ตามความแตกต่างของอุณหภูมิของไหลร้อนและของ ไหลเย็นที่แต่หน้าตัด ดังรูปที่ 2.54 ระยะห่าง ระหว่างเส้นกราฟทั้งสองจะเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิ ΔT ระหว่างของไหลทั้งสอง



รูปที่ 2.54 ลักษณะภาพด้านข้างของอุณหภูมิ การไหลแบบขนาน



รูปที่ 2.55 ภาพด้านข้างของอุณหภูมิการไหลแบบขนานในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่

ดังนั้นจะเห็นว่าค่า Meam ทั้งสองจุดจะไม่ใช่จุดเดียวกัน การถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นที่ของอีเลเมนต์ dA นำมาเขียนใหม่แสดงในสมการที่ 2.7

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h_2}-T_{c_2})-(T_{h_1}-T_{c_1})}{\ln\left[\left(T_{h_2}-T_{c_2}\right)/\left(T_{h_1}-T_{c_1}\right)\right]} \quad (2.7)$$

โดยที่

ΔT_m = ชุดค่าอุณหภูมิแตกต่างของไหลที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

T_{h_1} = อุณหภูมิของไหลร้อนเข้า ($^\circ$ C)

T_{h_2} = อุณหภูมิของไหลร้อนออก ($^\circ$ C)

T_{c_1} = อุณหภูมิของไหลเย็นเข้า ($^\circ$ C)

T_{c_2} = เอุณหภูมิของไหลเย็นออก ($^\circ$ C)

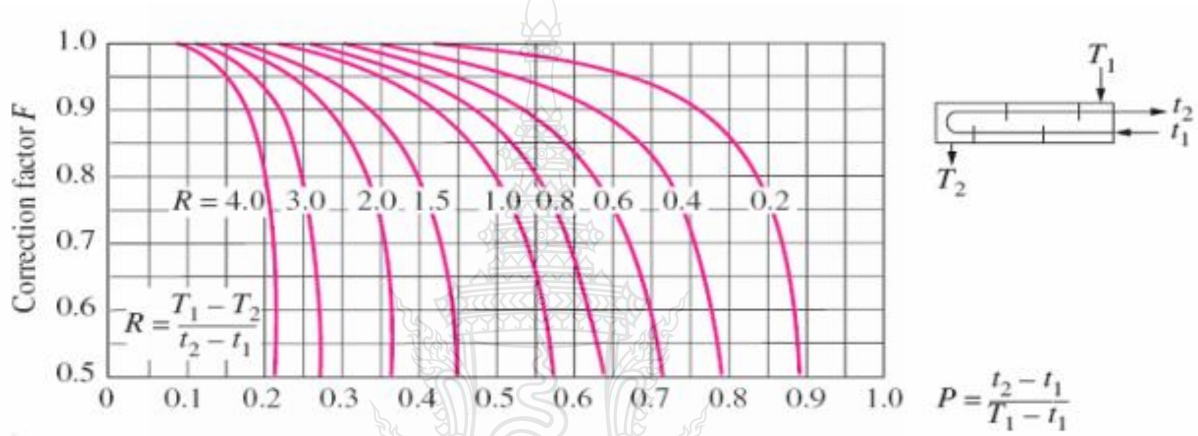
ค่า LMTD มีประโยชน์เพียงแค่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนอย่างหยาบ ๆ ทั้งนี้เพราะโดยปกติแล้วค่าของ U นี้จะไม่คงที่อย่างไรก็ตามในการออกแบบนั้นมักจะนำเอาค่า U ของหน้าตัดที่อยู่กึ่งกลางปลายทั้งสองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาใช้ในการคำนวณโดยถือว่ามีค่าคงที่ แต่ถ้าหากค่า U นี้แปรค่ามากก็จะต้องคำนวณหาทีละขั้นตอนโดยการนำค่า U นั้นไปแทนค่าลงในสมการแล้วอินทิเกรตหาอัตราการถ่ายเทความร้อนอีกทีหนึ่ง สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ซับซ้อน เช่น แบบท่อกับเซลล์ที่ของไหลในท่อและในเซลล์ ไหลผ่านเครื่องหลายเที่ยวหรือ หลายกลับ หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากที่ของไหลมีการ คลุกเคล้าปนกัน และไม่คลุกเคล้า จะหาความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยโดยวิธีคณิตศาสตร์ได้ยากมาก วิธีที่นิยมใช้ กันก็คือ ให้ดัดแปลงค่า LMTD ที่จะนำไปใช้งานโดยการคูณด้วยแก้ F ที่อยู่ในรูปเส้นกราฟ ในการหาความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่แท้จริงของอุปกรณ์และเปลี่ยนความร้อนที่ไหลซับซ้อนนั้น ให้คูณค่า LMTD ของอุปกรณ์และเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกันที่ใช้ข้อมูลอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ไหลซับซ้อนนั้นด้วย แฟคเตอร์แก้ (F) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแต่ละระบบดังแสดงในสมการที่ 2.8

$$q = UAF\Delta T_m \quad (2.8)$$

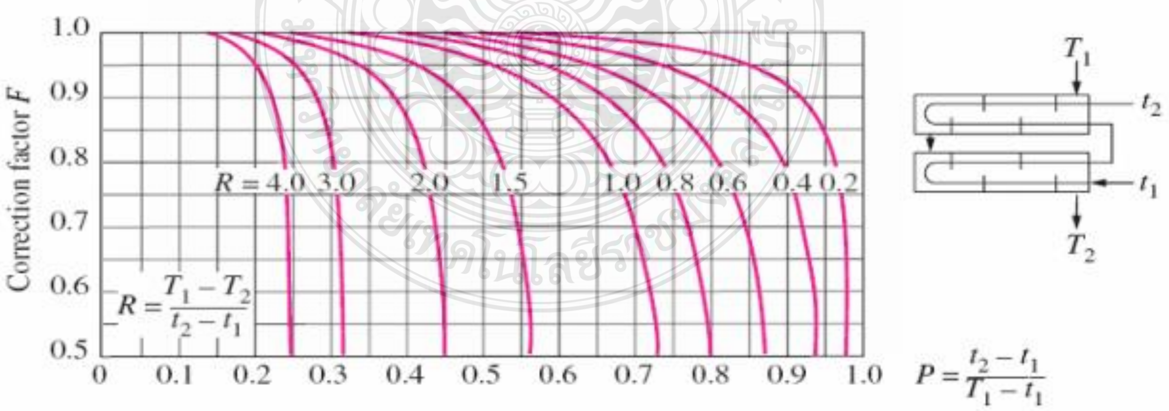
โดยการหาค่า F หาได้จากรูปที่ 2.56 ถึง รูปที่ 2.59 ลากเส้นในส่วนแนวนอน P และค่า R ซึ่งแทนค่าอุณหภูมิ ในสมการที่ 2.9 และ 2.10

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \tag{2.9}$$

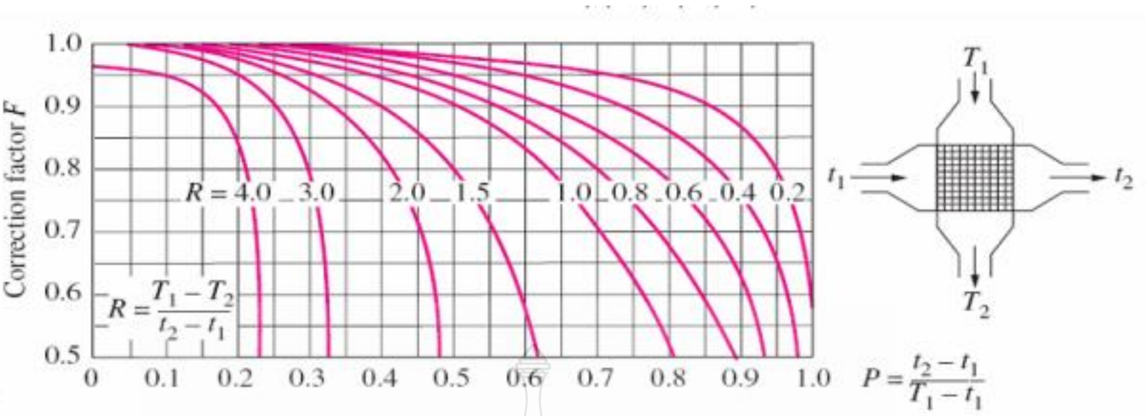
$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \tag{2.10}$$



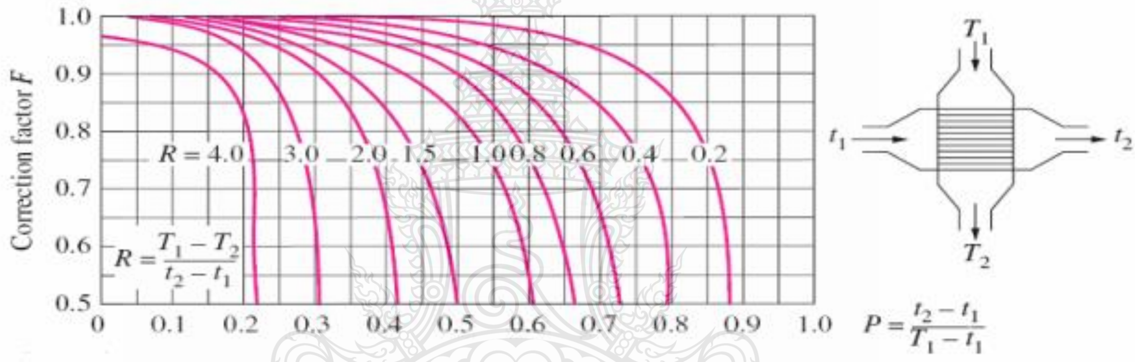
รูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียว ส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว



รูปที่ 2.57 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง 2 เที่ยว ส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 4,8,12,16,18,20,24 เที่ยว



รูปที่ 2.58 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากที่ของไหลในเซลล์มีการคลุกเคล้าปนกัน ส่วนของไหลในท่อไม่มีการคลุกเคล้าปนกัน และไหลผ่านเครื่อง เพียงเที่ยวเดียวหรือกลับเดียว



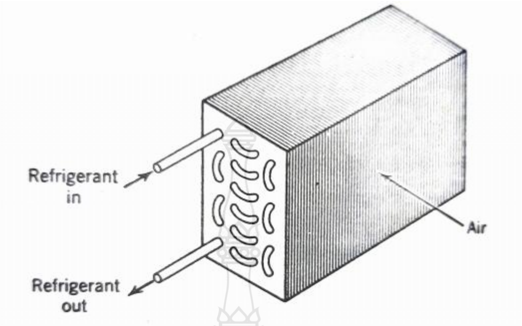
รูปที่ 2.59 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากที่ของไหลแต่ละชนิดไม่มีการคลุกเคล้าปนกัน ของไหลในท่อไหลผ่านเครื่องเดียว

2.4.4 อีแวปโพเรเตอร์ [18]

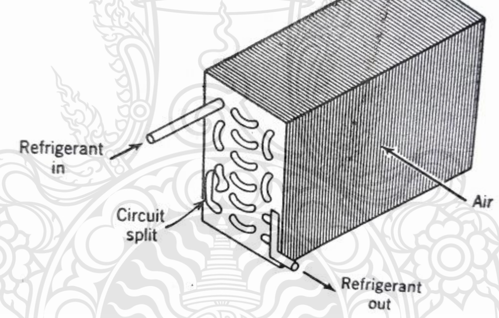
การออกแบบท่อทางอีแวปโพเรเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการศูนย์เสียแรงดันในท่อ ถ้าแรงดันมีการศูนย์เสียน้อยการไหลก็จะมากขึ้น

อีแวปโพเรเตอร์แบบวงจรอนุกรมเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.60 จะทำงานได้ภายในภาระจำกัดอันหนึ่งคือ ถ้าภาระเพิ่มขึ้น อัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความดันมากขึ้น ซึ่งอาจแก้ปัญหาโดยแตกเป็น 2 วงจรในส่วนล่างของอีแวปโพเรเตอร์ ทิ้งนี้เพราะว่าสารทำความเย็นไหลออกด้านล่าง ซึ่งจะกลายเป็นไอเพิ่มขึ้นๆที่ทางออกทำให้เกิดแรงต้านทานเพิ่มขึ้นอีก จึงได้ต้องทำเป็น 2 วงจรที่ส่วนด้านล่างดังแสดงนรูปที่ 2.61 ในการแบ่งเป็น 2 วงจรนี้ จะทำให้สารทำความเย็นแบ่งการไหลมีผลทำให้ความเร็วในการไหลลดลง จึงทำให้ความดันต่อความยาวลดลง อีกวิธีหนึ่งที่ลดการศูนย์แรงดันได้คือการ ติดตั้ง Header ที่ตอนบนและตอนล่างของอีแวปโพเรเตอร์แต่จะมีผลเสียคือวงจรแรงจะมีภาระ

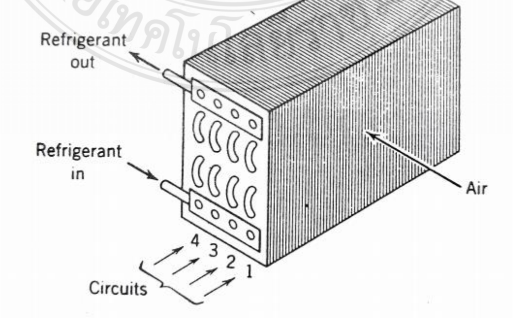
มากสุดจะทำให้ภาระในวงจรไม่ราบเรียบแสดงในรูปที่ 2.62 วงจรที่นิยมมากแสดงในรูปที่ 2.63 เมื่อภาระของวงจรมากๆจะสังเกตว่าอากาศไหลสวนกับสารความเย็น จึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ส่วนในรูปที่ 2.64 การไหลสวนทางของสารทำความเย็นและอากาศแบบนี้มีผลทำให้ภาระในวงจรเรียบสม่ำเสมอ



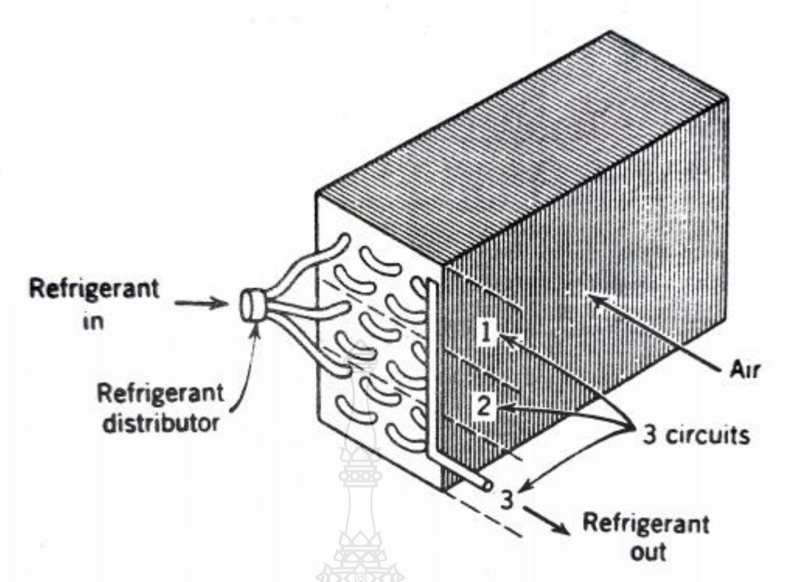
รูปที่ 2.60 อีแวปโพเรเตอร์แบบวงจรอนุกรมเดียว



รูปที่ 2.61 อีแวปโพเรเตอร์แบบแยกวงจรสารทำความเย็น



รูปที่ 2.62 อีแวปโพเรเตอร์แบบ 4 วงจรติดตั้ง Header



รูปที่ 2.63 อีแวปโพเรเตอร์กับหัวจ่ายสารทำความเย็นข้อสังเกตุสารทำความเย็นและอากาศจะไหลสวนกัน

รูปที่ 2.64 การไหลสวนทางของสารทำความเย็นและอากาศแบบนี้มีผลทำให้ภาระในวงจรเรียบสม่ำเสมอ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรตุพล ลงเงิน สาขา วิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [8] ได้ศึกษาการจำลองระบบการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยโดยใช้โปรแกรม PVSYST โดยระบบจำลองการผลิตไฟฟ้าอาทิตย์จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด (Mono Crystalline Silicon) , (Poly Crystalline Silicon) และ (Amorphous Silicon) ทำการกำหนดมุมเอียงของของแสงอาทิตย์ที่ 15 , 30 , 45 องศา กับพื้นราบ หันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ และทำการคำนวณหาปริมาณกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตได้ระยะเวลา 1 ปีที่ระบบสามารถผลิตได้ จากการศึกษาพบว่าแผงเซลล์แสงชนิด (Amorphous Silicon) ที่มุมเอียง 15 องศากับพื้นราบมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าดีที่สุด เมื่อทำการพิจารณาผลการทดลองที่ได้จากผลการทดลองจริงกับผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรม PVSYST ปรากฏว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของโปรแกรมอยู่ที่ร้อยละ 2.59

มิติ มาลีทิพย์วรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยขอนแกน [9] งานนี้วิจัยเป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียนที่มีห้องเรียนเป็นจำนวนมาก การใช้ห้องแบบไมเป็นระเบียบไม่ต่อเนื่องจะทำให้ระบบปรับอากาศทำงานมากเกินความจำเป็น งานวิจัยนี้เล่มมีแนวคิดที่จะจัดการใช้ห้องเรียนให้ต่อเนื่องกันและใช้จำนวนห้องเรียนให้น้อยที่สุด เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการใช้ห้องเรียนให้เป็นระบบมากขึ้นโดยคำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมประสิทธ์ภาพ หลักการของโปรแกรมนี้คือ จัดคาบเรียนลงในห้องหมายเลขแรกให้เต็มก่อน แล้วค่อยจัดลงห้องหมายเลขลำดับถัดไปเรื่อยๆ จะทำให้คาบเรียนที่จดลงในห้องต่อเนื่องกันมากขึ้น ลดจำนวนครั้งที่ต้องเริ่มเปิดเครื่องปรบอากาศที่สภาวะอุณหภูมิและความชื้นสูงเท่ากับอากาศนอกห้อง และสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์หาการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในห้องเรียน โดยโปรแกรมนี้ใช้ได้กับเครื่องปรับอากาศที่ควบคุมแบบเปิด-ปิด หลักการคือหาเวลาทั้งหมดที่คอมเพรสเซอรเปิดและปิด นำมาคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการใช้โปรแกรมนี้คำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของการจัดตารางการใช้ห้องแบบเดิมและแบบใช้โปรแกรมจัดตารางการใช้ห้อง เปรียบเทียบกันพบว่าการจัดตารางการใช้ห้องอย่างเป็นระบบโดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในอาคารเรียนได้เท่ากับ 0.5 – 2.5 % เนื่องจากอาคารเรียนที่ใช้ทำการวิจัยครั้งนี้มีห้องเรียนอยู่ 2 ฝั่งของตัวอาคารห้องเรียนที่ตั้งอยู่ฝั่งทิศตะวันออกและฝั่งทิศตะวันตกของตัวอาคาร แสงแดดที่กระทบอาคาร ทำให้ช่วงเช้า ห้องฝั่งทิศตะวันออกของตัวอาคารมีภาระการทำความเย็นมาก, ห้องฝั่งทิศตะวันตกมีภาระการทำความเย็นน้อยและผลตรงกันข้ามในช่วงบ่าย ดังนั้นอีกแนวคิดหนึ่งของงานวิจัยนี้ คือ การใช้โปรแกรมจัดตารางการใช้ห้องโดยคำนึงถึงช่วงเวลาและภาระการทำความเย็นของห้อง หลักการของโปรแกรมนี้ คือ จัดวิชา

คาบเช้าไว้กลุ่มห้องฝั่งทิศตะวันตกที่มีภาระการทำความเย็นช่วงเช้าน้อยและจัดวิชาคาบบ่ายไว้กลุ่มห้องฝั่งทิศตะวนออกที่มีภาระการทำความเย็นช่วงบ่ายน้อย จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในอาคารเรียนได้เท่ากับ 1.6 – 5.1 %

ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [10] แหล่งความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องการประเมิณ ทั้งนี้ก็เพื่อปรับสภาวะอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่จะเป็นช่วงฤดูหนาวของหรือช่วงฤดูร้อนก็ตาม ล้วนต้องการการปรับสภาวะอากาศทั้งสิ้น ดังกล่าวแล้วข้างต้นจะเห็นว่า การประเมิณภาระความร้อนให้ดี มีความสัมฤทธิ์ผลที่ดีนั้นต้องมีความเข้าใจถึงการถ่ายโอนความร้อน การคำนวณปริมาณความร้อน หรือความเย็นที่ต้องการใช้และการที่จะประมาณการให้ได้ผลนั้น ส่วนใหญ่แล้วต้องมีประสบการณ์ มีความรู้ ความเข้าใจในระบบการปรับอากาศเป็นอย่างดีด้วย ดังนั้นภาระต่างจึงขอนำสรุปอีกครั้งหนึ่งกล่าวคือประกอบด้วย ส่วนหลักๆคือ ประการแรก เป็นภาระการทำความเย็น (แหล่งความร้อนนอกอาคาร) ประการที่สอง เป็นภาระการทำความเย็น (แหล่งความร้อนในอาคาร) ประการที่สามเป็นการสะสมการทำความเย็นประการที่สี่ เป็นการแบ่งขอบเขตพื้นที่หรือการแบ่งโซน ประการที่ห้า เป็นการสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการภาระการทำความร้อน และรวมทั้งประการที่หก เป็นการลดภาระความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการใช้ ฉนวนและอุปกรณ์บังแดด ดังกล่าวไปแล้วอย่างครบถ้วน

นายภาณุ สุวิชาเชิดชู ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [11] ได้การศึกษาการประเมิณศักยภาพการใช้งานระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำในอาคาร ท. 101 กฟผ. สำนักงานใหญ่กล่าวไว้ว่า การศึกษาและประเมิณศักยภาพการใช้งานระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำใน

อาคาร ท. 101 กฟผ. สำนักงานใหญ่ ซึ่งก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีขนาดการทำความเย็น 1500 TR-hr ทดแทนเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศช่วงเวลา 13:00 น. ถึง 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ ระบบการทำความเย็นสำรอง (Stand-By Chiller no.4*)* ขนาด 500 TR น้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีอุณหภูมิ 6-7 ซึ่งการกักเก็บความเย็นที่ต้องการกักเก็บความเย็นคือประมาณ 7-8 ซึ่งการกักเก็บความเย็นจะกระทำในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ การทดลองได้ค่าประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 0.95 และ 0.93 สำหรับช่วงการชาร์ทและดิสชาร์ทตามลำดับ และการวิเคราะห์ทางด้านการใช้พลังงานพบว่าสามารถลดความต้องการไฟฟ้าได้ 300 KW

นายสุกิตติ์ อายุยืน สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [12] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศโดยการลดเอนทัลปีของอากาศใหม่การศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำระบบลดเอนทัลปีมาใช้

ร่วมกับระบบปรับอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ โดยการใช้กระบวณการลดความชื้นของอากาศแวดล้อมก่อนนำเข้าระบบ ซึ่งวิธีการลดความชื้นโดยใช้สารดูดความชื้นซิลิกาเจลแล้วจึงให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าสู่ระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นการลดภาระความร้อนแฝงและภาระความร้อนสัมผัส

ในการออกแบบระบบลดเอนทัลปีที่ใช้ร่วมกับระบบปรับอากาศ แบ่งออกเป็น 3 กรณี โดยทั้ง 3 กรณีได้ทำการศึกษานำเอาข้อมูลสภาวะอากาศตลอดปี แล้วนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์ขออุปกรณ์ลดความชื้นและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมาจำลองการทำงานของระบบเพื่อเปรียบเทียบ
จากผลการศึกษาพบว่า การจำลองการทำงานทางคณิตศาสตร์ของระบบลดเอนทัลปีสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับระบบปรับอากาศได้ โดยกรณีที่ 1 สามารถที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1217669 kWh กรณีที่ *2* สามารถที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 851291 kWh และในกรณีที่ *3* สามารถที่ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 217973 kWh แต่เมื่อพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์พบว่าในกรณี 2 สามารถที่จะให้ผลตอบแทนที่คุ่มค่ามากที่สุดโดยมีระยะเวลาคืนทุน7.4ปีและอัตราผลตอบแทน 12%

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [3] ได้มีการจัดทำ คู่มือฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติได้ ทราบวิธีการวิเคราะห์และประเมินการใช้พลังงานรวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานและอาคารควบคุมให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ในการที่จะกำหนดวิธีการอนุรักษ์พลังงาน เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานและอาคารควบคุม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ในการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [4] ได้มีการจัดทำ คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเนื้อหากล่าวถึงอุปกรณ์และวิธีการในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค-สวทช.) [5] ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ (Vapor Compression) และเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมไอ (Vapor Absorption)

สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สพร.) [6] ได้แสดงข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยเช่นในปี พ.ศ. 2559 ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลผลิตไฟฟ้าไปจำนวน 11.95 ล้านลิตร และใช้ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ในการผลิตไฟฟ้าไป 370,981.58 ล้าน ลบ.ฟุต ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2565 ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้าไป 1,881.95 ล้านลิตรและก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ในการผลิตไฟฟ้าเป็นไป 516,557.22 ล้าน ลบ.ฟุต

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ [10]

ในการออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เพื่อจ่ายให้เครื่องทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยมีข้อมูลที่ใช้ออกแบบดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้รวมกันสูงสุดต้องไม่เกิน 80 VDC เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด
- แบตเตอรรี่ต้องจ่ายไฟฟ้าได้ 5 ชั่วโมงและเมื่อทำงานร่วมกับแผงโซล่าเซลล์ต้องจ่ายไฟได้ตลอดในช่วงกลางวันในช่วงกลางวันเพื่อต้องการศึกษาการทำงานของระบบ
- ระบบจ่ายไฟให้กับโหลดมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ขนาด 850 W แรงดันไฟฟ้า 24 V
- สามารถชาร์ทแบตเตอรรี่ให้เต็มภายใน 2 ชั่วโมง

3.1.1 แบตเตอรี่

จากข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบสำรองไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ในการเก็บประจุไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ เพื่อต้องการให้มอเตอร์ที่ใช้ขับคอมเพรชเซอร์ ทำงานได้สม่ำเสมอราบเรียบ แบตเตอรรี่ต้องจ่ายไฟฟ้าได้ 5 ชั่วโมงและเมื่อทำงานร่วมกับแผงโซล่าเซลล์ต้องจ่ายไฟได้ตลอดในช่วงกลางวัน โดยภาระทางไฟฟ้าจะเป็นตามชอบเขตของงานวิจัยโดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ขนาดไม่เกิน 1,000 W แรงดันไฟฟ้า 24 V โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ขนาด 850 W แรงดันไฟฟ้า 24 V สูตรคำนวณที่ใช้หาขนาดของแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้จากจากสมการที่ 3.1

ขนาดแบตเตอรี่= ค่าพลังงานรวมที่คอมเพรชเซอร์ใช้ X ชั้วโมงที่ใช้_(ระบบจะทำงานได้โดยไม่มีการชาร์ทไฟที่ 5 ชั๋วโมง) / แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ X (0.6 % การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่แบตเตอรี่) (3.1)

จะได้

= 850 W X 5 hr / [24V X 0.6]

= 300 Ah

ดังนั้นขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้เลือกจะเป็นแรงดัน 24 V และกระแสไฟอยู่ที่ 300 Ah

เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 V และกระแสไฟอยู่ที่ 100 Ah จำนวน 2 ลูกต่ออนุกรมกันจะได้ขนาดแรงดัน 24 V และกระแสไฟอยู่ที่ 100 Ah ใช้จำนวน 6 ชุด และต่อแบบขนานกันอีกทีจะได้กำลังไฟฟ้าขนาด 24 โวลต์ 300 Ah

3.1.2 หาขนาดของแผงโซล่าเซลล์

การหาขนาดของแผงโซล่าเซลล์โดยแรงดันไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้รวมกันและจ่ายออกสูงสุดต้องไม่เกิน 80 VDC เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูด ที่สามารถ ผลิตกระแสไฟฟ้าบรรจุเข้าแบตเตอรี่ 24 V ที่มีกระแสไฟขนาด 100 A เต็มภายใน 2 ชั้วโมง คำนวณได้จากจากสมการที่ 3.2

ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ = พลังงานรวม/ชั่วโมงการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ (3.2)

= (24 V x 100 A) / 2 hr

= 1200 W

เนื่องจากประสิทธิของแผงโซล่าเซลล์สูงสุดอยู่ที่ 25 %

ขนาดของแผงโซล่าเซลล์ = 1200 x 1.75

= 2100 W

เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 340 วัตต์ จำนวน 6 แผง จะมีขนาด 2,040 W และต่อแบบขนานกันเพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกิน 80 VDC คิดเป็น 1 ชุด ใช้ทั้งหมด 3 ชุด หรือ 18 แผง

3.1.3 เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า

ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ซึ่งบางชั่วขณะก็เป็นการประจุไฟฟ้าไปด้วยพร้อมทั้งจ่ายไฟฟ้าให้ระบบทำน้ำเย็นไปด้วยแสดงในรูปที่ 3.1

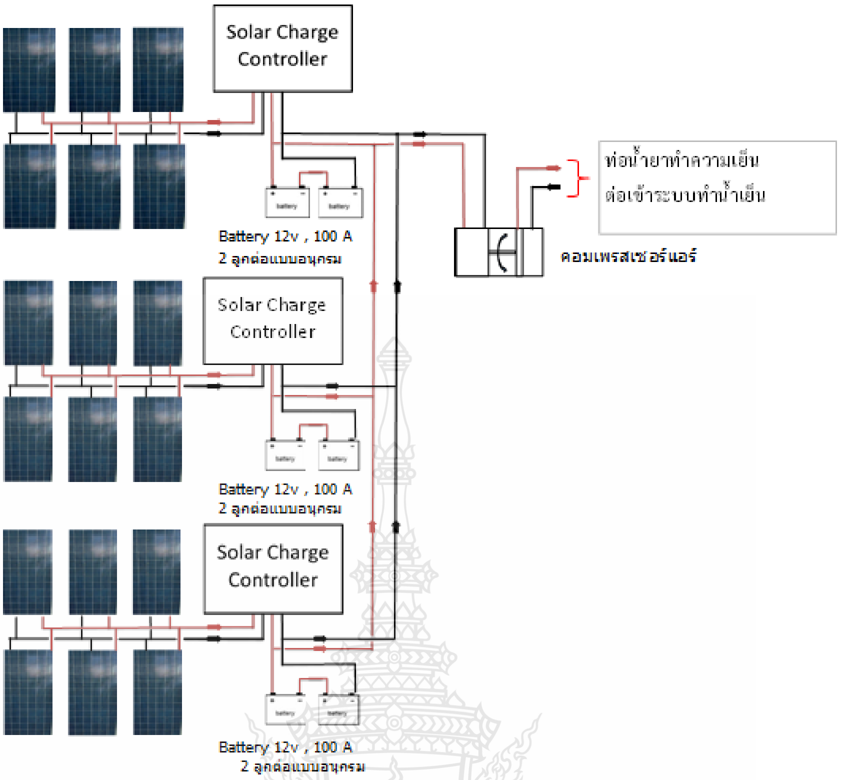
การหาขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า = 1.25 x กำลังไฟฟ้าที่ PV ผลิตได้ (3.3)

= 1.25 x 2,040

ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า = 2,550 W

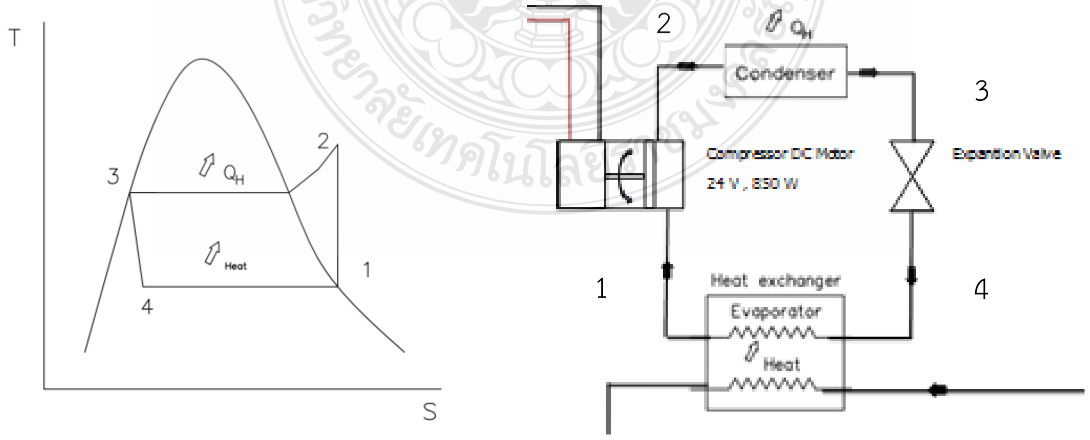
โดยขนาดของแอมป์เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 50 A เนื่องแบตเตอรี่ 1 ชุดจะมีขนาดกระแสไฟเท่ากับ 100 Ah ต้องการให้สามารถชาร์ทเต็มภายใน 2ชั่วโมง ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า เป็น ระบบ 24 V ขนาด 100 A ทั้งหมดใช้ 3 ชุดดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาเซลล์ของเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ ด้าน



รูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรมระบบผลิตไฟฟ้าด้วยโซลาเซลล์ของเครื่องทำน้ำเย็นแบบอัดไอ

3.2 เขียนแผนภาพวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

จากหัวข้อที่ 2.3 วัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดตัวที่ใช้เป็นต้นแบบคือ วัฏจักรคาร์โนต์ แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดตัวที่ใช้เป็นต้นแบบคือ วัฏจักรคาร์โนต์

3.3 การคำนวณขนาดถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำหาได้จากสมการที่ 2.4

ถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับกักเก็บน้ำเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น [5]

$$CUM = \frac{RTH \times 3024kcal/RTH}{\eta_T \times \Delta T \times 1000kcal/C^{\circ}.m^3} \quad (2.4)$$

$$= \frac{3 \times 3024/3}{0.08 \times 10 \times 1000}$$

$$= 3.78\ m^3$$

โดยที่

CUM = ปริมาตรของถังเก็บน้ำเย็น (m^3)

RTH = จำนวนตันความเย็นที่สะสมเท่ากับ 3 ตันความเย็น

ΔT= ผลต่างของอุณหภูมิด้านเข้าและออกจากถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำเท่ากับ 10

η_T = ประสิทธิภาพของถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำเท่ากับ 80 เปอร์เซ็น

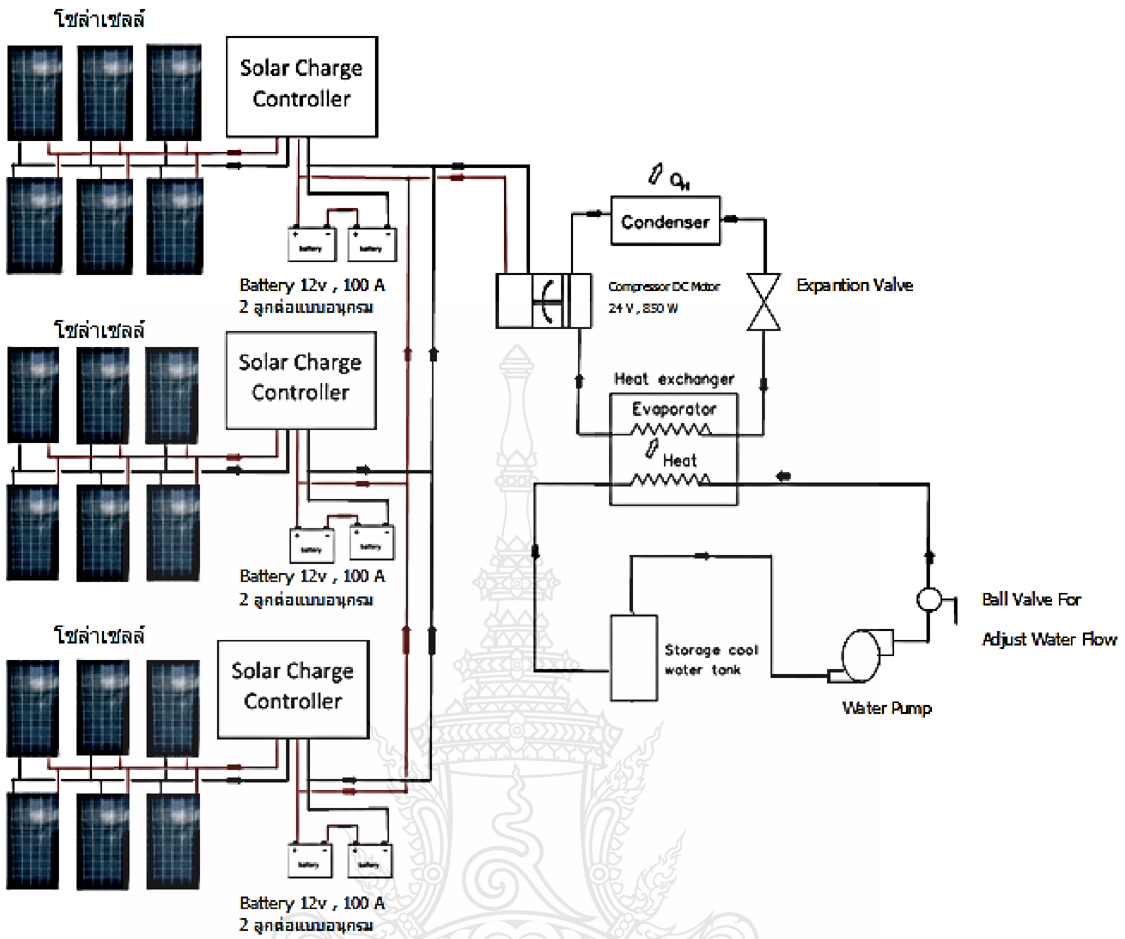
หมายเหตุ : การหาขนาดถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำ ในการทำงานวิจัยนี้ใช้ ขนาด 3,000 ลิตร เนื่องจากอัตราของน้ำเย็นเท่ากับ 1 GPM หรือ 3.78 l/min ซึ่งน้ำในถังกักเก็บความเย็นด้วยน้ำจะสามารถใช้งานได้ 13 ชั้วโมงเป็นข้อมูลในการออกแบ

3.4 เขียนแผนภาพไดอะแกรมอุปกรณ์

ก่อนที่จะทำการสร้างเครื่องทดลองในการทำวิจัยของวิทยานิพนธ์ จำเป็นต้องเขียนแผนภาพไดอะแกรมอุปกรณ์เพื่อให้ทราบถึงอุปกรณ์หลักๆ ที่จำเป็นต้องใช้ โดยถ้าพิจาณาระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความแบบอัดไอ จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆก็คือ

- ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์
- ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่
- ระบบทำน้ำเย็น

ดังที่ได้แสดงระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความแบบอัดไอไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพไดอะแกรมอุปกรณ์เครื่องทำความเย็นแบบไออัดพลังงานแสงอาทิตย์

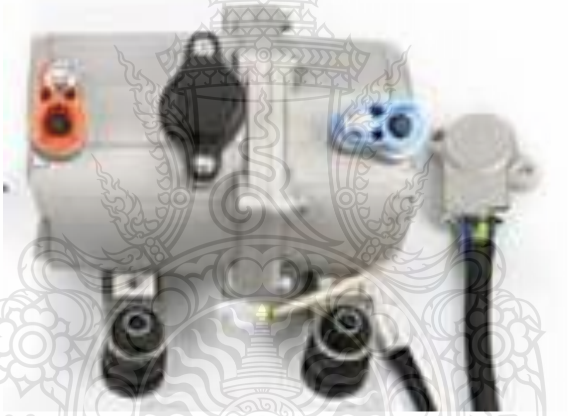
3.5 เลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องทดลอง

ขอบเขตของงานวิจัยเล่มนี้คือการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ขนาดไม่เกิน 1,000 W จึงเลือกใช้อุปกรณ์ระบบปรับอากาศของรถยนต์เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่ายราคาอยู่ในงบประมาณที่คาดไว้เพื่อนำมาประกอบเป็นเครื่องทดสอบในงานวิจัยและขนาดของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ จึงมีขนาด 850 W , 24 V และกินกระแสไฟอยู่ที่ 30 – 40 A โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้ทั้งหมดมีดังนี้

3.5.1 แผงโซล่ารเซลล์ที่ใช้เป็นของยี่ห้อ Solar Module ขนาด 330 W เป็นแบบโพลีคริสตัลไลน์ ใช้เป็นที่ผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์จำนวน 18 แผงตามที่ได้คำนวณในหัวข้อที่ 3.1.3

รูปที่ 3.4 แผงโซล่าร์เซลล์ที่ใช้เป็นของยี่ห้อ Solar Module ขนาด 330 W

3.5.2 คอมเพรซเซอร์ที่นำมาใช้เป็นแบบมี DC มอเตอร์ในตัวขนาด 850 W , 24 V , 30 – 40 A ใช้กับสารทำความ R-134a

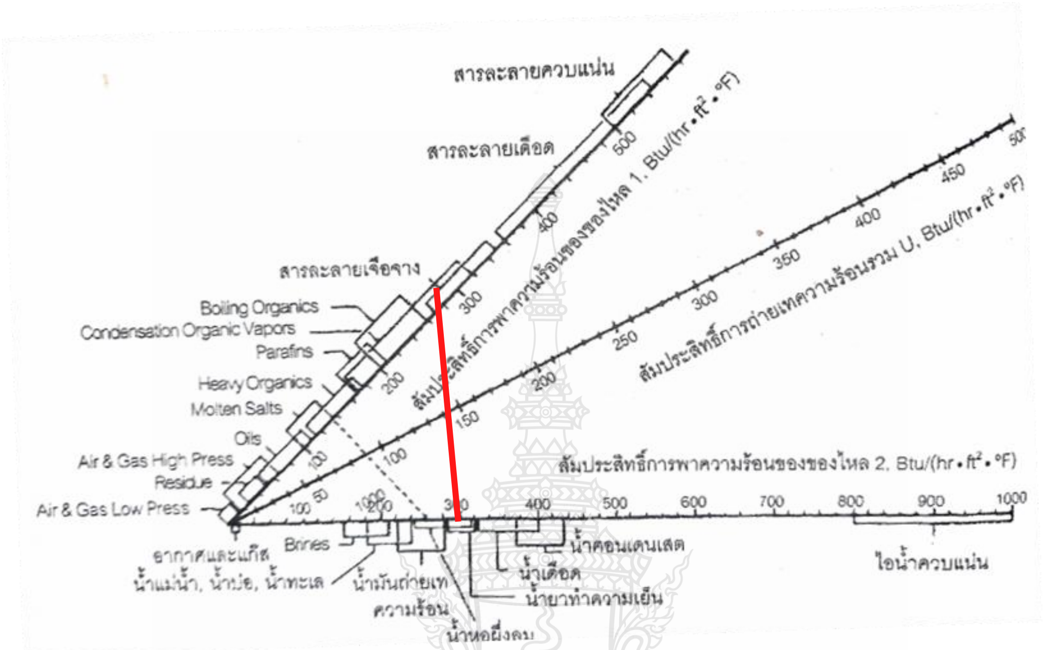


รูปที่ 3.5 คอมเพรสเซอร์

3.5.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จะใช้เป็นท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว ทำเป็นเปลือกทากาวเพื่อป้องกันน้ำรั่วซึมและภายในจะติดตั้งคอยล์เย็นหรืออีแวปโพเรเตอร์รูปทรงเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแบบที่แสดงในรูปที่ 2.63 ได้มีการตรวจสอบเลือกขนาดของอีแวปโพเรเตอร์ที่อยู่ด้านในโดยใช้ ทฤษฎีที่แสดงในหัวข้อที่ 2.4 โดยเบื้องต้นใช้ขนาด q = 850 W ค่าการถ่ายเทความร้อนมาจากขนาดของกำลังไฟฟ้ามอเตอร์ที่ใช้ขับคอมเพชรเซอรมาออกแบบเบื้องต้นโดยยังไม่ได้คูณค่า COP แต่อย่างใด

หาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม U รูปที่ 2.53 โดยสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม 1 เป็นสารละลายเจือจาง เนื่องจากน้ำเย็นในระบบทำความเย็นหรือระบบปรับอากาศจะถูกผสมด้วยสารเคมีต่างๆ เพื่อป้องกันการเกิดสนิมในท่อ และสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความ

ร้อนรวม 2 เป็นน้ำยาทำความเย็น ลากเส้นตัดกันดังแสดงในรูปที่ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ 145 Btu/(hr·ft².F) เท่ากับ 457.11 W/m².K



รูปที่ 3.6 แสดงหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม จากแผนภูมิสำเร็จในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม รูปที่ 2.53

หาค่า F โดยแทนค่าอุณหภูมิในสมการที่ 2.9 กับ 2.10 , P และ R ตามลำดับ โดยที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ ในรูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว

$$P = \frac{t_2-t_1}{T_1-t_1} \qquad (2.9)$$

$$R = \frac{T_1-T_2}{t_2-t_1} \qquad (2.10)$$

โดยที่

$T_1 = T_{h_1}$ = 27 ^{0}C เป็นอุณหภูมิน้ำเย็นก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$T_2 = T_{h_2}$ = 24 ^{0}C เป็นอุณหภูมิน้ำเย็นออกจากเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$t_1 = T_{c_1} = 0\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$t_2 = T_{c_2} = 20\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ความแตกต่างของน้ำเย็นก่อนและหลังเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ที่ 3 ^0C และค่าอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบเป็นสมมุติฐานเบื้องต้นในการหาขนาด อีแวปโพเรเตอร์ที่อยู่ด้านใน งานวิจัยนี้ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ในการออกแบบที่และจะมีการเปรียบเทียบกับผลการทดลองอีกที แทนค่าในสมการที่ 2.9 จะได้

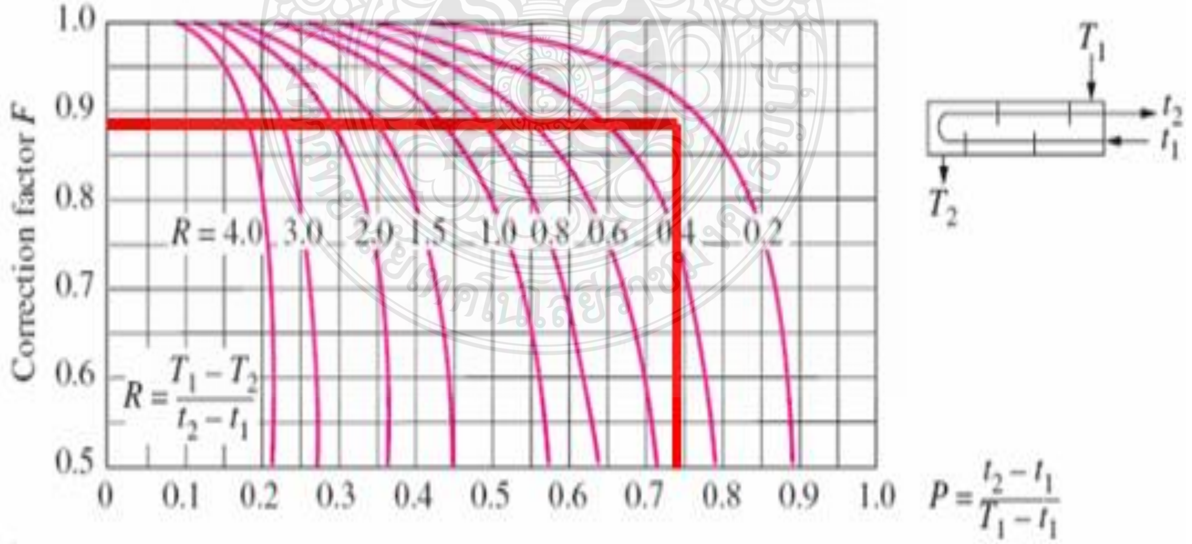
$$P = \frac{20 - 0}{27 - 0}$$

$$= 0.74$$

แทนค่าในสมการที่ 2.10 จะได้

$$R = \frac{27 - 22}{22 - 0}$$

$$= 0.22$$



รูปที่ 3.7 การหาค่า F จากรูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว ได้ค่า F = 0.89

หาค่า ΔT_m โดยแทนค่าในสมการที่ 2.7

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h_2}-T_{c_2})-(T_{h_1}-T_{c_1})}{\ln\left[\left(T_{h_2}-T_{c_2}\right)/\left(T_{h_1}-T_{c_1}\right)\right]} \qquad (2.7)$$

$$\Delta T_m = \frac{(22-20)-(27-0)}{\ln\left[\left(22-20\right)/\left(27-0\right)\right]}$$

$$= 9.60$$

แทนค่าในสมการที่ 2.6 หาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะได้

$$A = \frac{q}{UF\Delta T_m}$$

$$= \frac{850}{(457.11)(0.89)(9.6)}$$

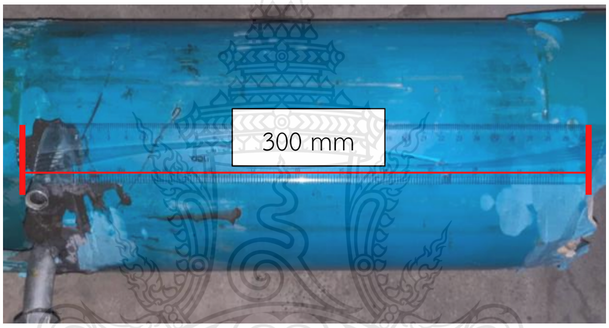
$$= 0.21\ m^2$$

เมื่อพิจารณาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อที่ใช้ผลิตน้ำเย็นในงานวิจัยนี้

รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์อยู่ด้านใน

รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์อยู่ด้านใน ขนาดของท่อสารทำความเย็นเท่ากับ 8 mm

รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ ทางเดินน้ำเย็นและท่อสารทำความเย็นเดินผ่านทั้งหมด 32 ครั้ง



รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยติดตั้งอีแวปโพเรเตอร์อยู่ด้านในขนาดของตวามยาวท่อสารทำความเย็นเท่ากับ 300 mm

โดยจากข้อมูลรูปที่ 2.6 ถึง รูปที่ 2.11 สามารถหาพื้นที่ของการถ่ายเทความร้อนของอีแวปโพเรเตอร์ที่เราเลือกได้จากสมการที่ 3.4

พื้นที่ของการถ่ายเทความร้อนของอีแวปโพเรเตอร์ = เส้นรอบวงท่อสารทำความเย็น x ความยาวท่อสารทำความเย็น x จำนวนครั้งที่ท่อสารทำความเย็นไหลผ่าน

$$= (0.008 \times \pi) \times 0.3 \times 32 \qquad (3.4)$$

$$= 0.241 \text{ m}^2$$

โดยที่

เส้นรอบวงท่อสารทำความเย็น เท่ากับ 0.008 m จากรูปที่ 3.9

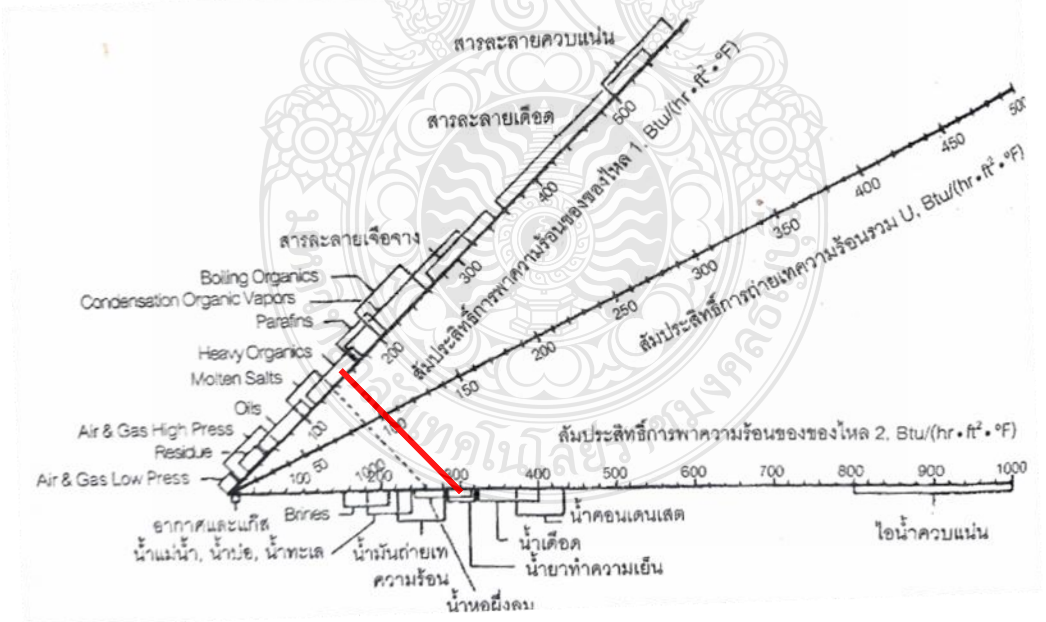
ความยาวท่อสารทำความเย็น เท่ากับ 0.3 m จากรูปที่ 3.11

จำนวนครั้งที่ท่อสารทำความเย็นไหลผ่าน เท่ากับ 32 ครั้ง จากรูปที่ 3.10

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่คำนวณได้คือ = 0.21 m^2 ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกันดังนั้นสามารถใช้อีแวปโพเรเตอร์ตัวนี้ได้ แต่ในทางปฏิบัติควรจะคูณค่า COP ที่มีค่า 3.5 ตามมาตรฐานของเครื่องปรับอากาศเข้าไปกับค่าการถ่ายเทความร้อน q ด้วยจะได้ค่า COP ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานในการออกแบบ จากการคำนวณคาดว่าค่า COP ที่ได้จากการเดินเครื่องจริงอยู่ที่ 1 กว่าๆ ซึ่งจะเป็นการพิสูจน์ความคาดเคลื่อนในการออกแบบได้

3.3.4 คอนเด็นเซอร์หรือคอยล์ร้อนมีหน้าที่ เพื่อใช้สำหรับอัดน้ำยาในระบบทำน้ำเย็นเช่นกัน ใช้ตัวระบายความร้อนของสารทำความเย็น ทฤษฎีที่แสดงในหัวข้อที่ 2.4 โดยเบื้องต้นใช้ขนาด q = 850 W ค่าการถ่ายเทความร้อนมาจากขนาดของกำลังไฟฟ้ามอเตอร์ที่ใช้ขับคอมเพชรเซอรมาออกแบบเบื้องต้นโดยยังไม่ได้คูณค่า COP แต่อย่างใด

หาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม U รูปที่ 2.53 โดยสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม 1 เป็น Heavy Organics และสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม 2 เป็นน้ำยาทำความเย็น ลากเส้นตัดกันดังแสดงในรูปที่ ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ 100 Btu/(hr·ft^2.F) เท่ากับ 315.25 W/m^2



รูปที่ 3.12 แสดงหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม จากแผนภูมิสำเร็จในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมรูปที่ 2.53

หาค่า F โดนแทนค่าอุณหภูมิในสมการที่ 2.9 กับ 2.10 , P และ R โดยที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ ในรูปที่ 2.56 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \qquad (2.9)$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \qquad (2.10)$$

กำหนดให้

$T_1 = T_{h_1} = 30\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$T_2 = T_{h_2} = 36\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิอากาศออกจากเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$t_1 = T_{c_1} = 60\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$t_2 = T_{c_2} = 40\ ^0C$ เป็นอุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ค่าอุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้เป็นสมมุติฐานเบื้องต้นในการหาขนาด เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ในการออกแบบที่และจะมีการเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่อีกที

แทนค่าในสัมการที่ 2.9 จะได้

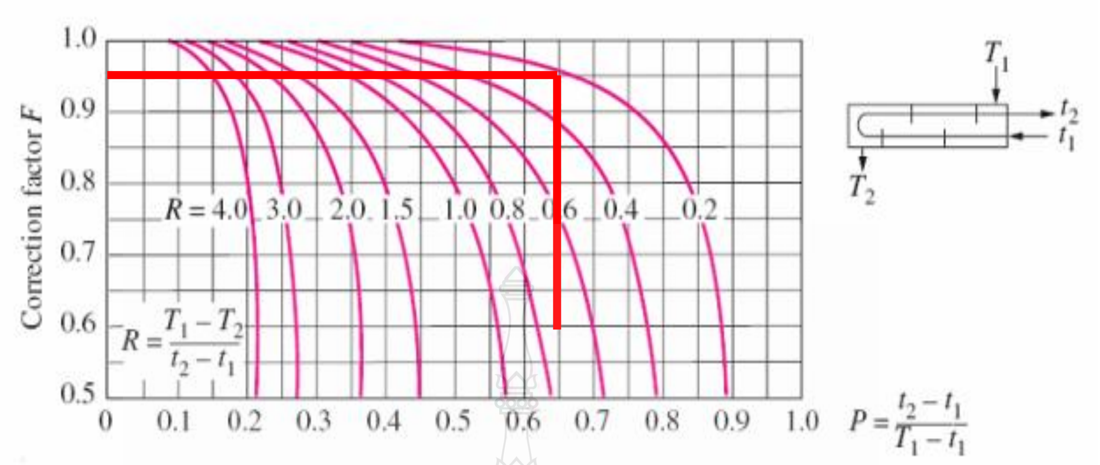
$$P = \frac{40 - 60}{30 - 60}$$

$$= 0.66$$

แทนค่าในสัมการที่ 2.10 จะได้

$$R = \frac{30 - 26}{40 - 60}$$

$$= 0.3$$



รูปที่ 3.13 การหาค่า F จากรูปที่ 2.53 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลซับซ้อนที่ของไหลในเซลล์ไหลผ่านเครื่อง เที่ยวเดียวส่วนในท่อไหลผ่านเครื่อง 2,4,6,8,10,12 เที่ยว ได้ค่า F = 0.94

หาค่า ΔT_m โดยแทนค่าในสมการที่ 2.7

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h_2}-T_{c_2})-(T_{h_1}-T_{c_1})}{\ln\left[\left(T_{h_2}-T_{c_2}\right)/\left(T_{h_1}-T_{c_1}\right)\right]} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_m = \frac{(36-40)-(30-60)}{\ln\left[\left(36-40\right)/\left(30-60\right)\right]}$$

$$= -12.90$$

แทนค่าในสมการที่ 2.6 หาพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะได้

$$A = \frac{q}{UF\Delta T_m}$$

$$= \frac{(850)}{(315.25)(0.94)(-20.99)}$$

$$= 0.22 \text{ m}^2$$

โดยจากข้อมูลรูปที่ 2.6 ถึง รูปที่ 2.11 สามารถหาพื้นที่ของการถ่ายเทความร้อนของคอนเด็นเซอร์หรือคอล์ยร้อนที่เราเลือกได้จากสมการที่ 3.5

พื้นที่ของการถ่ายเทความร้อนของคอนเด็นเซอร์ = เส้นรอบวงท่อสารทำความเย็น x ความยาวท่อสารทำความเย็น x จำนวนท่อสารทำความเย็น (2.7)

$= (0.035) \times 0.45 \times 30$

$= 0.47 \text{ m}^2$

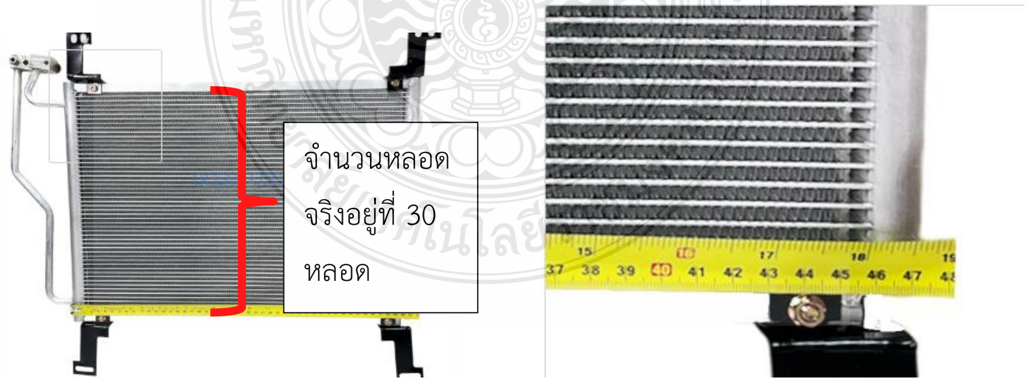
โดยที่

เส้นรอบวงท่อสารทำความเย็น เท่ากับ 0.035 m จากรูปที่ 3.14

ความยาวท่อสารทำความเย็น เท่ากับ 0.45 m จากรูปที่ 3.14

จำนวนครั้งที่ท่อสารทำความเย็นไหลผ่าน เท่ากับ 30 ครั้ง จากรูปที่ 3.14

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่การถ่ายเทความร้อนที่คำนวณได้คือ = 0.22 m^2 ซึ่งมีขนาดน้อยกว่าพื้นของคอนเด็นเซอร์ที่มีอยู่ คือ 0.47 m^2 เนื่องจากสภาวะตำแหน่งที่ตั้งของคอนเด็นเซอร์ค่อนข้างสกปรกอาจมีสิ่งสกปรกพวกฝุ่น น้ำโคนมาเกาะทำให้เสียพื้นที่ถ่ายเทความร้อนไปบ้างดังนั้นควรให้คอนเด็นเซอร์มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าที่คำนวณไว้



รูปที่ 3.14 แสดงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหรือคอนเด็นเซอร์โดยขนาดความยาว 450 mm จำนวนหลอดจริงอยู่ที่ 30 , ความหนา 15 mm. ขนาดพื้นที่การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 0.47 m^2

3.3.5 ปั้มน้ำเย็นเป็น 220 V , 0.5 m^3/hr ใช้เป็นปั้มน้ำเย็นจ่ายน้ำเย็นให้กับระบบผลิตน้ำเย็นโดยอัตราการไหลปรับไว้ที่ 1 GPM

รูปที่ 3.15 ปั้มน้ำขนาด 220 V , 0.5 m^3/hr

3.3.6 มิเตอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในงานวิจัยยี่ห้อ TENMARS `รุ่น TM-207 โดยได้มีการนำลูกแก้วมาครอบตัวเซ็นเซอร์วัดแสงเพื่อป้องกันน้ำลุ่นละอองและจะดวางอุปกรณ์บน โต๊ะ และนำไปวางกลางแจ้งเพื่อวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในการงานวิจัย

รูปที่ 3.16 มิเตอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ TENMARS TM-207

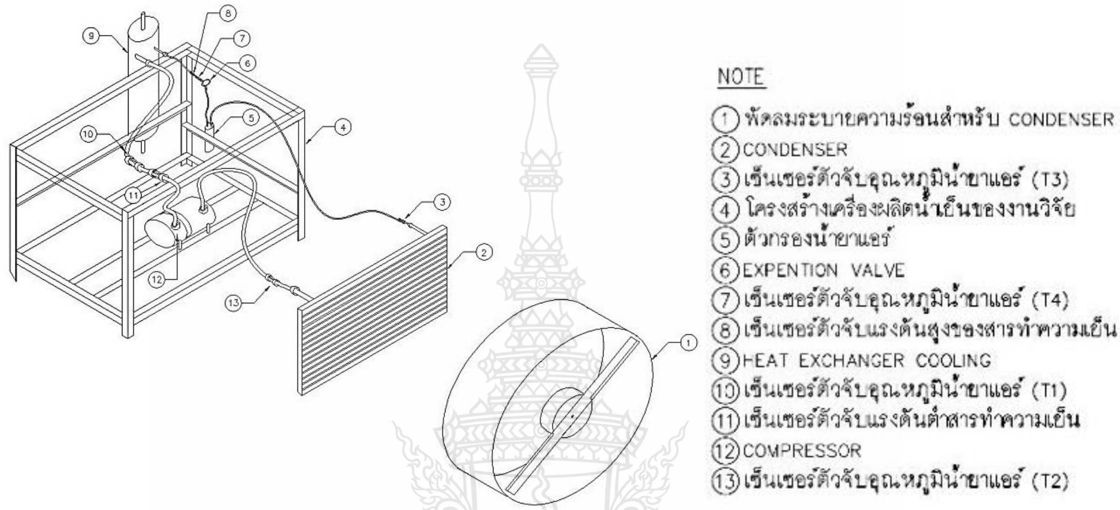
รูปที่ 3.17 การจัดวางอุปกรณ์มิเตอร์วัดพลังงานแสงอาทิตย์ TENMARS TM-207

3.3.7 เกจวาล์ว (GATE VALVE , PVC) ขนาดครึ่งนิ้วใช้ทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นโดยอัตราการไหลปรับไว้ที่ 1 แกลลอนต่อชั่วโมง (GPM)

รูปที่ 3.18 เกจวาล์ว (GATE VALVE)

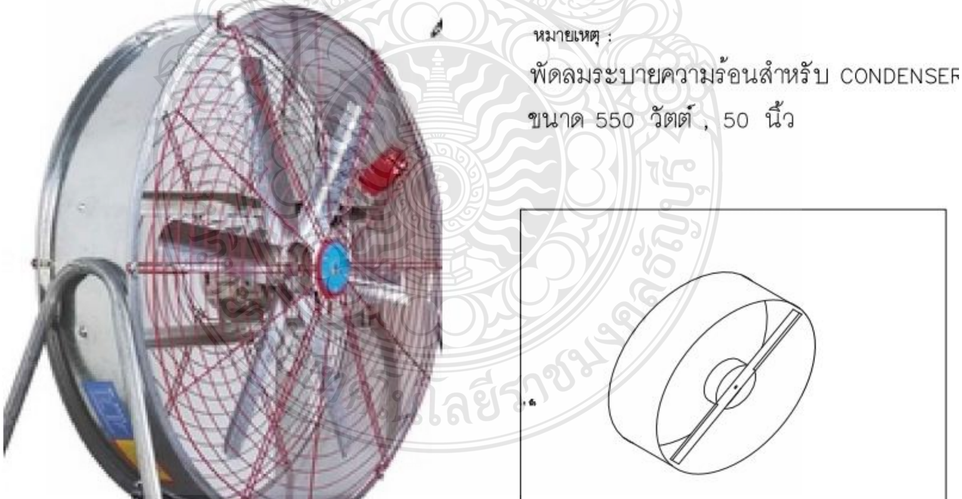
3.5 ออกแบบโครงสร้างและจัดเรียงอุปกรณ์

อุปกรณ์ทั้งหมดที่เลือกได้ถูกจัดวางให้เหมาะสมโดยโปรแกรมออกแบบในงานวิศวกรรมหรือโปรแกรม CAD (Computer-Aided Design) `ตามรูปด้านล่าง



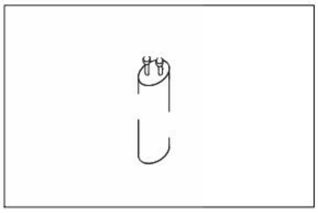
รูปที่ 3.19 เครื่องผลิตน้ำเย็นมอเตอร์กระแสตรงอัดไอ

รูปที่ 3.20 Compressor มอเตอร์กระแสตรงอัดไอ

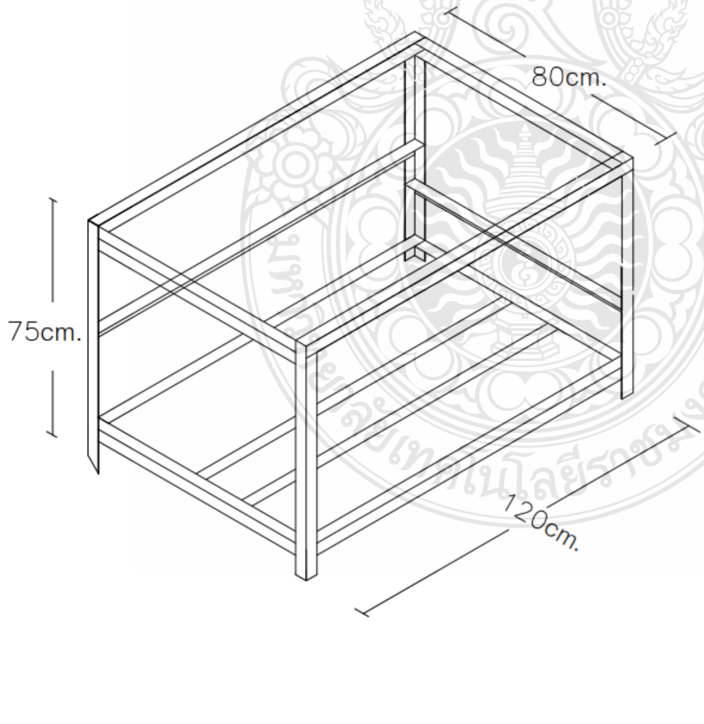


รูปที่ 3.21 พัดลมระบายความร้อน

หมายเหตุ :
กรองน้ำยาแอร์
ขนาดเกลียวน็อต 3/8 นิ้ว



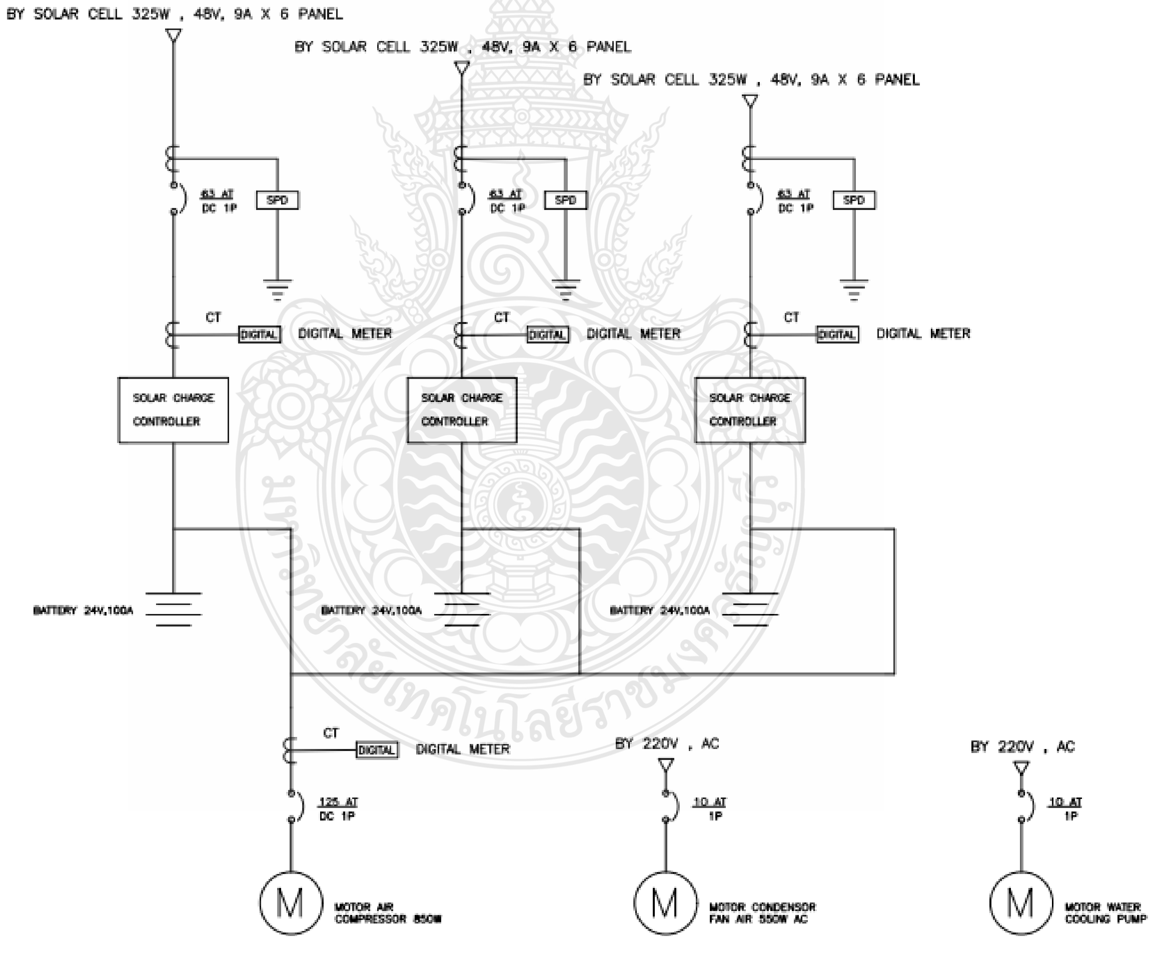
รูปที่ 3.22 กรองน้ำยาแอร์



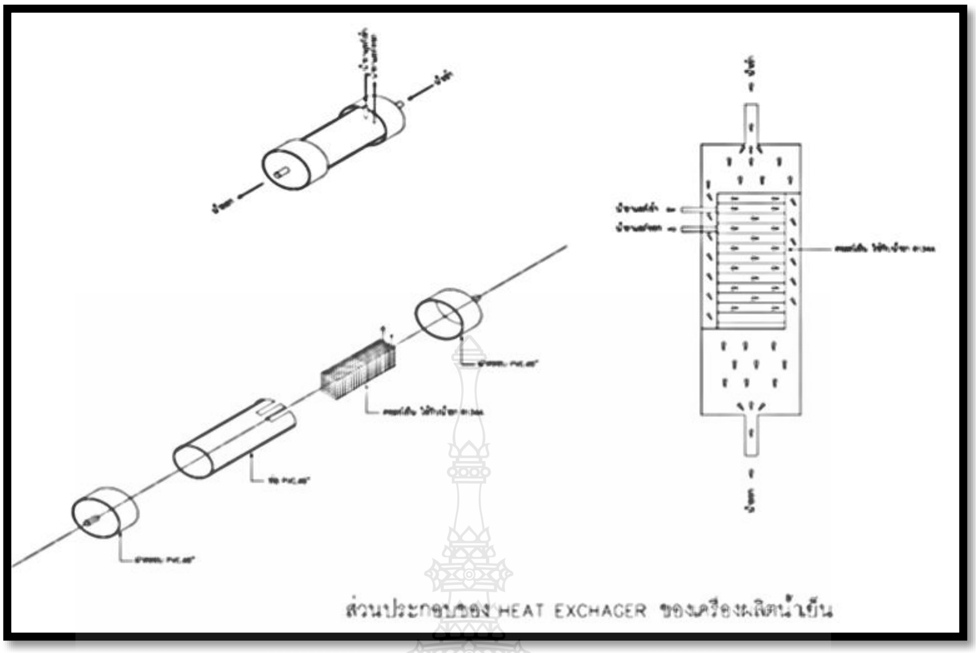
หมายเหตุ :
โครงเครื่องผลิตน้ำเย็น
ทำจากเหล็กฉากเอนกประสงค์
ขนาด 2 นิ้ว x หนา 2 มิลลิเมตร
เชื่อมติดกันโดยยึดด้วยน็อต

รูปที่ 3.23 โครงเครื่องผลิตน้ำเย็น

รูปที่ 3.24 ถังเก็บน้ำเย็น



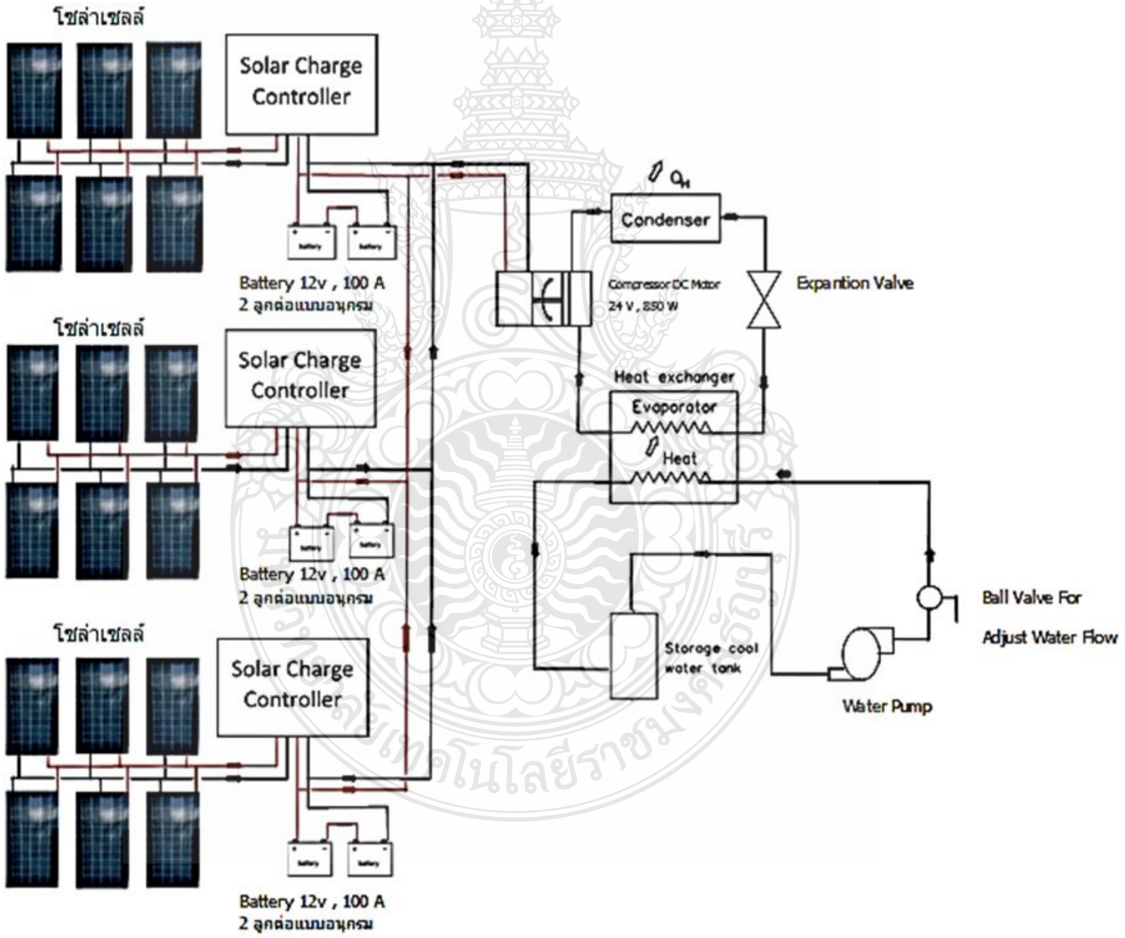
รูปที่ 3.25 ไดอะแกรมงานระบบไฟฟ้า



รูปที่ 3.26 Heat Exchanger

รูปที่ 3.27 เครื่องผลิตน้ำเย็นที่สร้างตามแบบ

รูปที่ 3.28 แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.29 ไดอะแกรมระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

รูปที่ 3.31 ถังเก็บน้ำเย็น

รูปที่ 3.30 แบตเตอรรี่ จำนวน 6 ลูกต่อแบบอนุกรมและขนานกันตามลำดับเพื่อให้มีความจุ 24 V , 300 A และควบคุมโดยชาร์คอนโทรลเลอร์ จำนวน 3 ชุด

รูปที่ 3.31 ถังเก็บน้ำเย็น

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการทดลอง

การบันทึกผลการทดลอง จากตารางที่ 4.1 เราบันทึกค่าต่างตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงานและบันทึกผลการทดลองแต่ละช่วงเวลาที่แสงแดดส่องลงมาบนพื้นผิวแผงโซล่าเซลล์และศึกษาการทำงานของระบบผลิตน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกที่ 1 ค่าต่างๆ ตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงาน

เวลา	พลังงานแสงอาทิตย์	PV SET-1		PV SET-2		PV SET-3		กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ วัตต์ (W)
	W/m^3	แรงดันไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย โวลต์ (V)	กระแสไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย แอมแปร์ (A)	แรงดันไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย โวลต์ (V)	กระแสไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย แอมแปร์ (A)	แรงดันไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย โวลต์ (V)	กระแสไฟฟ้าที่ชาร์ทคอนโทรลจ่าย แอมแปร์ (A)	
6:00	0	-	-	-	-	-	-	-
6:30	50	-	-	-	-	-	-	-
7:00	98	29	1.9	0	0	0	0	55.1
7:30	150	25.8	3	25.7	3.3	26.6	3.2	247.3
8:00	172	25.8	3.9	25.8	4.5	26.6	4	323.1
8:30	198	25.7	4.7	25.6	5.3	26.6	4.9	386.8
9:00	318	26.2	7.9	26.1	8.7	27.4	9.1	683.4
9:30	360	26.4	8.4	26.2	9.3	27	9.3	716.5
10:00	527	27.9	12.6	27.5	11.5	28.7	13.5	1055.2
10:30	558	28.6	14.8	28.3	15.6	29.2	14	1273.6
11:00	562	29.2	15.1	29	16.8	29.5	12.5	1296.9
11:30	571	30	16.5	29.8	17.9	30.2	13	1421.0
12:00	530	29.6	15.3	29.4	17.8	30	11	1306.2
12:30	630	28.2	14.6	0	0	28.6	13.3	792.1
13:00	870	29.7	19.3	0	0	29.9	15.7	1042.64
13:30	640	29	17	0	0	29.1	14.8	923.68
14:00	730	28.7	17	0	0	28.6	13.8	882.58
14:30	560	29.6	12	29.7	16.3	30	11.8	1193.31
15:00	553	29.4	10.4	29.6	14.9	30.1	11.6	1095.96
15:30	480	27.8	8	27.4	10.8	28.2	10.8	822.88
16:00	375	26.4	6	26.2	6.3	27	7.3	520.56
16:30	259	25.6	3.9	25.4	2.8	26.1	4.2	280.58
17:00	121	25	2.3	24	2.5	25	2.2	172.5
17:30	78	26.3	0.9	26.2	0.6	26.8	0.7	58.15

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกที่ 2 ค่าต่างๆ ตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงาน

เวลา	พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับ Compressor			อุณหภูมิอากาศเข้าออก พัดลมระบาย			
	แรงดันไฟฟ้า โวลต์ (V)	กระแสไฟฟ้า แอมแปร์ (A)	กำลังไฟฟ้า วัตต์ (W)	เข้า ออกแบบ	ออก ออกแบบ	ออก จริง	ออก จริง
6:00	-	-	-			-	-
6:30	-	-	-			-	-
7:00	-	-	-			-	-
7:30	23.9	30.5	732.3			26.6	27.4
8:00	23.7	30.9	721.5			26.8	27.8
8:30	23.5	30.7	721.5			27	28.3
9:00	23.7	31.1	737.1			27.8	29.2
9:30	24	31.2	748.8			28.3	29.5
10:00	24.9	31.7	789.3			28.4	29.8
10:30	25.2	31.8	801.4			29.3	30.8
11:00	25.8	32.3	833.3			30.2	31.6
11:30	26.4	32.5	858.0	**เริ่มต้น**	**เริ่มต้น**	30.1	31.7
12:00	26.2	32.5	851.5	30 °C	36 °C	30.7	32.1
12:30	24.8	33.2	823.36			30.8	32.4
13:00	24.8	33.5	830.8			31.3	33.2
13:30	25.1	33.3	835.83			31.4	33
14:00	25.5	33.7	859.35			32.2	33.8
14:30	26.4	33.2	876.48			32.4	34
15:00	26.2	33.1	867.22			32	33.7
15:30	24.7	32.5	802.75			32.1	33.4
16:00	23.9	33.5	800.65			31.5	33.2
16:30	23.3	33.7	785.21			31.4	32.8
17:00	22.9	33.2	760.28			30.8	32.3
17:30	-	-	-			-	-

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกที่ 3 ค่าต่างๆ ตั้งแต่ 07:30น.– 17:00น. ในช่วงเวลากลางวันโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงาน

เวลา	อุณหภูมิเข้าออกเครื่องทำน้ำเย็น Heat Exchanger		ค่าการทำน้ำความเย็น		อุณหภูมิน้ำในถังน้ำเย็น	แรงดันน้ำยาแอร์		หมายเหตุ
	T5 เข้า	T6 ออก	Kw	Btu/hr	T7	ด้านแรงดันต่ำ	ด้านแรงดันสูง	
6:00	-	-			-	-	-	อัตราการไหลของน้ำเย็น = 1 GPM ความเร็วลมที่ใช้ระบายความร้อน Condansor เฉลี่ย= 4.5 m / s
6:30	-	-			-	-	-	
7:00	-	-			-	-	-	
7:30	26.9	24.4	-0.659453	-2251.4	26.2	19.2	86.2	
8:00	26.2	23.1	-0.817721	-2791.7	26.3	19.2	86.9	
8:30	25.5	22.5	-0.791343	-2701.6	25.9	19.6	87.8	
9:00	24.9	21.9	-0.791343	-2701.6	25.5	20	88.5	
9:30	24.2	21.3	-0.764965	-2611.6	25	20.6	90.2	
10:00	23.9	20.9	-0.791343	-2701.6	24.3	18.7	90.7	
10:30	23.7	20.7	-0.791343	-2701.6	23.1	19.2	92.6	
11:00	23.4	20.3	-0.817721	-2791.7	22.7	19.7	95.1	
11:30	23	20.1	-0.764965	-2611.6	22.3	19.3	95.4	
12:00	22.6	19.7	-0.764965	-2611.6	21.9	20	96.9	
12:30	22.5	19.5	-0.791343	-2701.6	21.6	22.1	97.6	
13:00	22.3	19.3	-0.791343	-2701.6	21.4	22.6	98.6	
13:30	22	19.1	-0.764965	-2611.6	21	21.4	99.5	
14:00	22	19.1	-0.764965	-2611.6	21.1	24.5	101.3	
14:30	21.7	19.8	-0.501184	-1711.0	20	20.6	101.7	
15:00	21.7	18.8	-0.764965	-2611.6	20.7	20.3	101.6	
15:30	21.5	18.6	-0.764965	-2611.6	20.5	22.8	101.1	
16:00	21.4	18.6	-0.738587	-2521.5	20.4	22.7	100.3	
16:30	21.2	18.3	-0.764965	-2611.6	20.3	23.7	98.4	
17:00	21.1	18.4	-0.712209	-2431.5	20	24.6	97.5	
17:30	-	-			-	-	-	

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกที่ 4 ค่าต่างๆในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไพัฒนาตัวเครื่อง

		วันที่ / เวลา	T1 (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิด้านดูดคอมเพชรเซอร์	T2 (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิด้านอัดก่อนเข้าคอยล์ร้อน	T3 (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิด้านอัดก่อนออกคอยล์ร้อน	T4 (องศาเซลเซียส) อุณหภูมิด้านฉีดน้ำยาแอร์
1	1 Hr	12-8-65 / 23:00 ยังไม่ได้เดินเครื่อง	26.8	26.8	26.6	25.7
2		12-8-65 / 23:30	26.5	39.8	25.8	17.7
3		12-8-65 / 00:00	25.8	66.6	26.9	3.8
4	2 Hr	12-8-65 / 00:30	24.8	65.7	26.8	3.7
5		13-8-65 / 1:00:00	23.8	65.4	26.6	3
6	3 Hr	13-8-65 / 1:30:00	23.4	66	27.3	3.2
7		13-8-65 / 2:00	22.9	66.9	27.3	2.9
8	4 Hr	13-8-65 / 2:30	22.3	65.7	27.1	2.7
9		13-8-65 / 3:00	21.6	64.5	26.6	2.8
10	5 Hr	13-8-65 / 3:30	21.1	64.3	26.6	2.8
11		13-8-65 / 4:00	20.6	64.2	26.7	2.6
12	6 Hr	13-8-65 / 4:30	20.3	63.9	26.5	2.5
13		13-8-65 / 5:00	19.8	63.5	26.4	2.3
14	7 Hr	13-8-65 / 6:00	19.2	62.2	26.2	2.5
15	8 Hr	13-8-65 / 7:30	19.1	64.3	26.2	2.5
16	9 Hr	13-8-65 / 8:00	18.1	63.8	28.1	3
17		13/8/65 / 8:30:00	-	-	-	-
18	10 Hr	13-8-65 / 9:00	-	-	-	-
19		13-8-65 / 9:30:00	18.7	64	30	4.1

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกที่ 5 ค่าต่างๆในช่วงเ วลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดย การใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไพัฒนาตัวเครื่อง

		วันที่ / เวลา	T5 (Wo) (องศาเซลเซียส)	T6(Wi) (องศาเซลเซียส)	T7 (องศาเซลเซียส)	Pa-H (Psi)
			อุณหภูมิน้ำเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	อุณหภูมิน้ำออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	อุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิตได้	แรงดันน้ำยาแอร์ Hi
1	1 Hr	12-8-65 / 23:00 ยังไม่ได้เดินเครื่อง	27.5	27.2	28.2	77.2
2		12-8-65 / 23:30	27.5	27.2	28.2	88.25
3		12-8-65 / 00:00	27.2	23.9	27	86
4	2 Hr	12-8-65 / 00:30	25.9	22.8	25.6	85.8
5		13-8-65 / 1:00:00	24.8	21.7	27	85.4
6	3 Hr	13-8-65 / 1:30:00	23.8	20.8	23.4	87
7		13-8-65 / 2:00	23.1	20.3	22.5	87.3
8	4 Hr	13-8-65 / 2:30	22.6	19.7	21.8	88.6
9		13-8-65 / 3:00	21.8	18.8	21.1	85
10	5 Hr	13-8-65 / 3:30	21.2	18.1	20.4	85.1
11		13-8-65 / 4:00	20.7	17.7	19.8	85.3
12	6 Hr	13-8-65 / 4:30	20.2	17.2	19.2	84.5
13		13-8-65 / 5:00	19.8	16.8	18.8	84.5
14	7 Hr	13-8-65 / 6:00	18.9	16	17.8	84.6
15	8 Hr	13-8-65 / 7:30	18.9	16	17	89.7
16	9 Hr	13-8-65 / 8:00	18.2	15.3	16.8	89.6
17		13/8/65 / 8:30:00	-	-	-	-
18	10 Hr	13-8-65 / 9:00	-	-	-	-
19		13-8-65 / 9:30:00	17.9	15.2	16.5	95.3

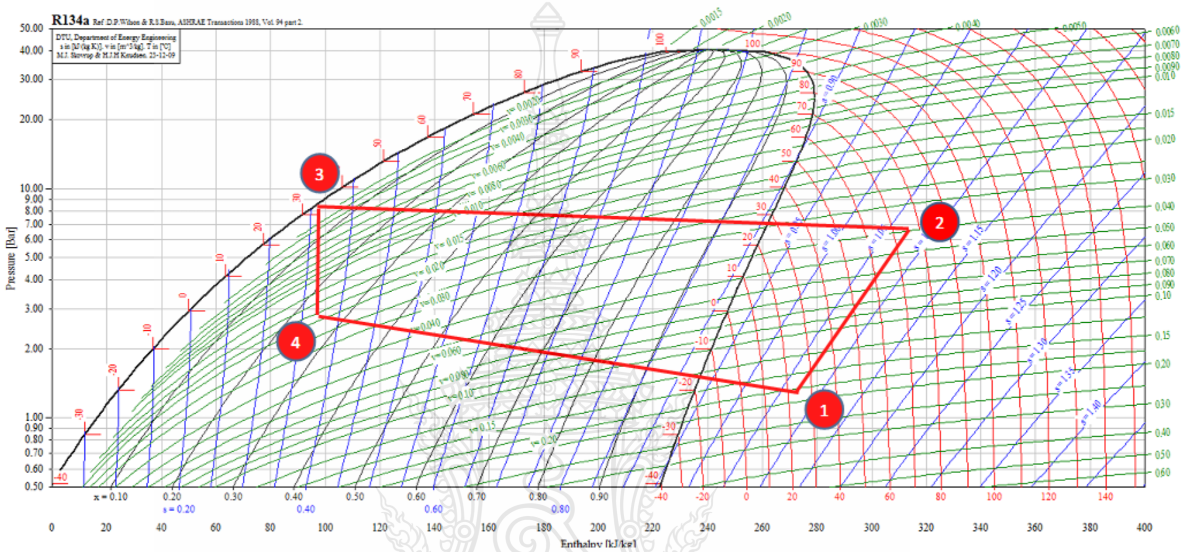
ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกที่ 6 ค่าต่างๆในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไพัฒนาตัวเครื่อง

		วันที่ / เวลา	Pa-L (Psi)	Ta -in (องศาเซลเซียส)	Ta -out	Pw (Psi)	Fw (GPM)	กระแสไฟฟ้าที่ใช้	แรงดันไฟฟ้าที่ใช่	กำลังไฟฟ้าที่ใช้
			แรงดันน้ำยาแอร์ Low	อุณหภูมิอากาศเข้าคอยล์ร้อน	อุณหภูมิอากาศออกคอยล์ร้อน	แรงดันน้ำเย็น	อัตราการไหลน้ำเย็น	A	V	W
1	1 Hr	12-8-65 / 23:00 ยังไม่ได้เดินเครื่อง	77.3	26.3	26.1	1	-	-	-	-
2		12-8-65 / 23:30	20.9	26.8	26.1	8.5	1	31.8	24.1	766.38
3		12-8-65 / 00:00	29.6	26.3	28	8.5	1	32.9	23.6	776.44
4	2 Hr	12-8-65 / 00:30	29.5	27.9	26.2	8.5	1	23.1	32	739.2
5		13-8-65 / 1:00:00	28.7	25.9	27.7	8.5	1	32.3	23.2	749.36
6	3 Hr	13-8-65 / 1:30:00	28.2	26.6	28.4	8.5	1	32.2	23.3	750.26
7		13-8-65 / 2:00	28.2	27.1	28.3	8.5	1	32.4	23.5	761.4
8	4 Hr	13-8-65 / 2:30	27.4	26.4	28.3	8.5	1	32.1	23.7	760.77
9		13-8-65 / 3:00	27.7	26.2	27.8	8.5	1	31.9	23.4	746.46
10	5 Hr	13-8-65 / 3:30	28.5	26	27.7	8.5	1	32.1	23.3	747.93
11		13-8-65 / 4:00	27.4	26.1	27.6	8.5	1	31.9	23.5	749.65
12	6 Hr	13-8-65 / 4:30	26	26	27.6	8.5	1	32	23.6	755.2
13		13-8-65 / 5:00	27	26	27.5	8.5	1	31.7	23.5	744.95
14	7 Hr	13-8-65 / 6:00	27	25.4	27.4	8.5	1	31.8	23.2	737.76
15	8 Hr	13-8-65 / 7:30	27.9	27.6	29.4	8.5	1	32.5	23.7	770.25
16	9 Hr	13-8-65 / 8:00	28.1	27.5	29.3	8.5	1	32.6	23.6	769.36
17		13/8/65 / 8:30:00	-	-	-	-	-	-	-	-
18	10 Hr	13-8-65 / 9:00	-	-	-	-	-	-	-	-
19		13-8-65 / 9:30:00	29.8	29.3	33.1	8.5	1	32.9	23.3	766.57

จากผลการทดลองงานวิจัยตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.3 สามารถหาอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R-134a ได้ อาทิเช่น เวลา 12:00 น. ด้านความดันต่ำแรงดันในระบบทำความเย็นของสารทำความเย็น R-134a เท่ากับ 20 Psi หรือ 0.137 MPa มีอุณหภูมิอยู่ที่ 22.9 องศาเซลเซียส โดยค่าเอนทัลปี (Enthalpy : h) หาได้จากตารางไอร้อนยิ่งยวดของสารทำความเย็น R-134a ได้เท่ากับ (h_{1_r} = 271.43 kJ /kg)

แรงดันในระบบทำความเย็นของสารทำความเย็น R-134a ด้านความดันสูงเท่ากับ 96.9 Psi หรือ 0.668 MPa มีอุณหภูมิอยู่ที่ 76.6. องศาเซลเซียส โดยค่าเอนทัลปี (Enthalpy : h) หาได้จากตารางไอร้อนยิ่งยวดของสารทำความเย็น R-134a ได้เท่ากับ (h_{2_r} = 315.31kJ /kg)

โดยสามารถนำข้อมูลจากตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3 มาพล็อตในแผนภาพมอลเลียร (Mollier Diagram) P-h ไดอะแกรม ดังแสดงในรูป 4.1



รูป 4.1 แผนภาพมอลเลียร (Mollier Diagram) สารทำความเย็น R-134a P-h ไดอะแกรม ของระบบทำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัย

พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับ Compressor จากผลการทดลองงานวิจัยตารางที่ 4.1 เวลา 12:00 น. เท่ากับ ($\dot{W}_{in}$ = 851.5 W)

หาอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R-134a โดยคำนวณหาจากสมการที่ 3.1 ดังนี้

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{W}_{in}}{(h_{2_r} - h_{1_r})} \qquad (3.1)$$

$$= \frac{(851.5/1000)}{(315.31-271.43)}$$

$$= 0.0194 \text{ kg /s}$$

โดยที่

$\dot{m}_r$ = อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น R 134 A (kg /s)

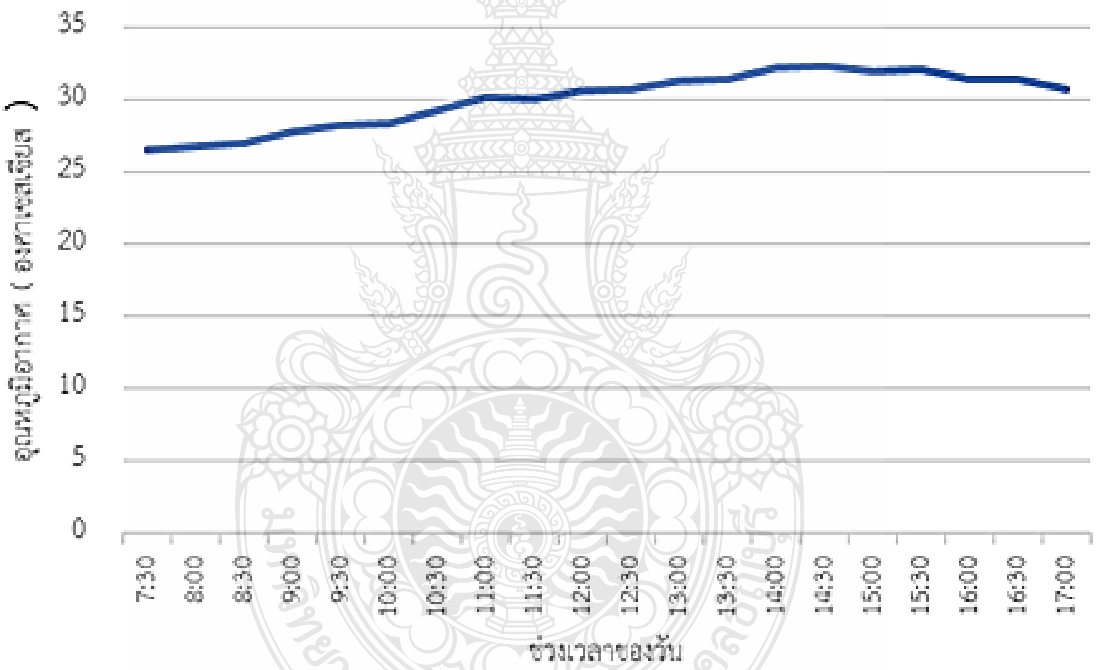
$\dot{W}_{in}$ = 851.5 W

h_{1_r} = 271.43 kJ /kg

h_{2_r} = 315.31kJ /kg

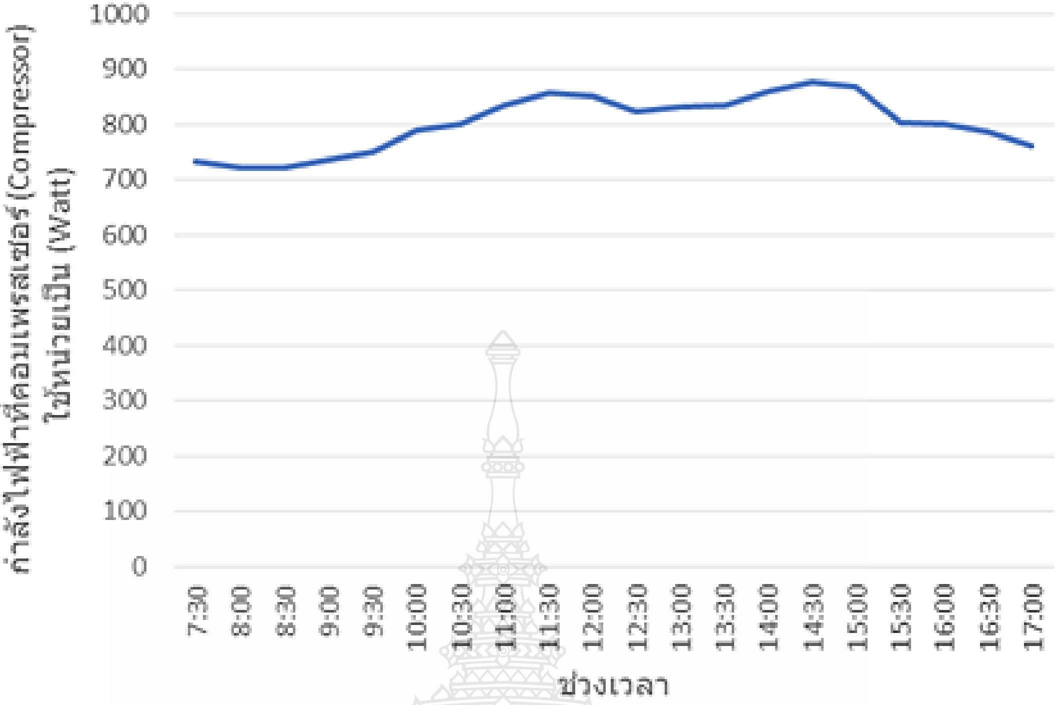
4.2 ผลจากแผนภูมิความสัมพันธ์

จากผลการทดลองตารางที่ 4.1 ถึง 4.6 เราสามารถเขียนเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ต่างและสรุปได้ดังนี้

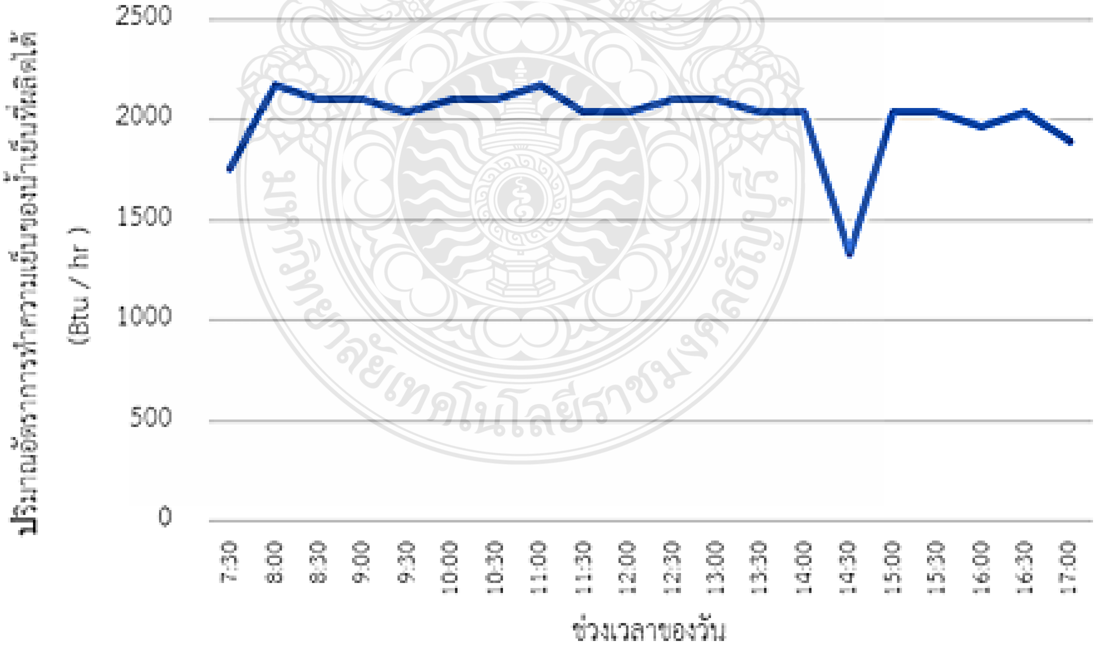


รูปที่ 4.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับช่วงเวลาของวัน

อุณหภูมิอากาศโดยปกติช่วงกลางวันจะสูงสุดในช่วงบ่ายของวันและสภาพอากาศก็ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในวันนั้นๆเช่นกันซึ่งส่งผลกับเครื่องทำน้ำเย็นในงานวิจัยตามที่แสดงในแผนภูมิรูปที่ 4.2



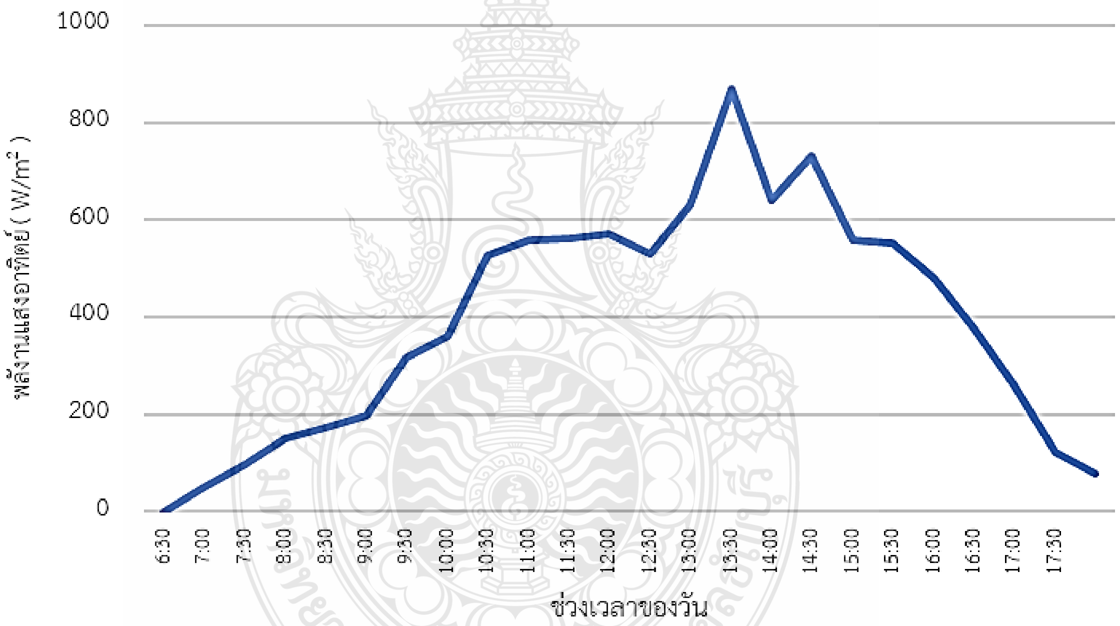
รูปที่ 4.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์กับช่วงเวลาของวัน



รูปที่ 4.4 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นของน้ำเย็นที่ผลิตได้กับช่วงเวลาของวัน

คอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอนั้นทำหน้าที่ในการปั้มอัดส่งสารทำความเย็น R 134 A ไปตามท่อสารทำความเย็นในระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์จะกินกำลังมากถ้าการระบายความร้อนในส่วนของคอนเดนเซอร์ไม่ดีซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอากาศโดยรอบในบริเวณนั้นถ้าอุณหภูมิสูงก็จะระบายความร้อนไม่ดีทำให้คอมเพรสเซอร์ต้องกินกำลังมากขึ้นในการอัดน้ำยาตามที่แสดงแผนภูมิในรูปที่ 4.3

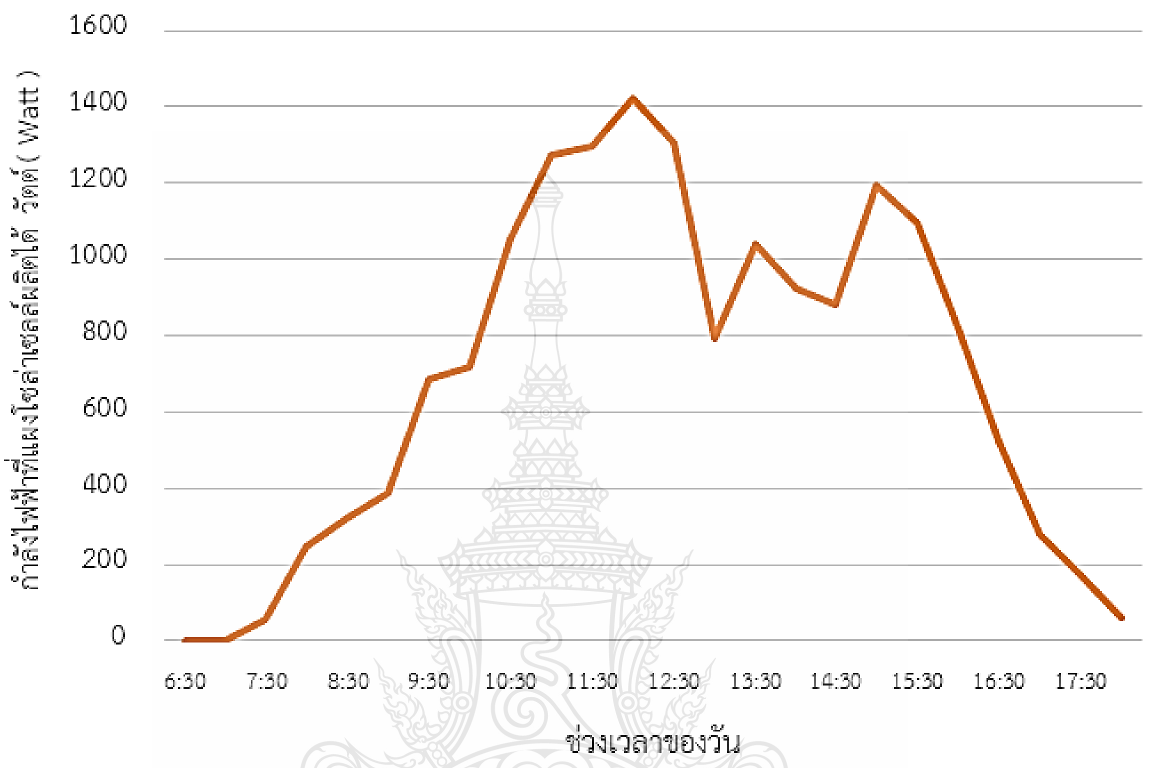
จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นกับช่วงเวลาของวันจะเห็นว่าขึ้นอยู่กับอากาศที่เข้าระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ถ้าอุณหภูมิที่เข้าสูงจะทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็น R 134 A ที่ออกจากคอนเดนเซอร์สูงตามทำการแลกเปลี่ยนความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีส่งผลให้อัตราการทำความเย็นลดต่ำลงดังแสดงในแผนภูมิรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับช่วงเวลาของวัน

พลังงานแสงอาทิตย์ที่มาจากแสงอาทิตย์จะมากขึ้นตามองศาการตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์โดยที่พลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จะมากที่สุดจะเป็นในช่วงเวลา 13:30 น.ทั้งนี้พลังงานแสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วยว่าเป็นฤดูไหนเป็นที่แน่นอนอยู่แล้วว่าฤดูร้อนย่อมมีพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดในบ้างช่วงพลังงานแสงอาทิตย์อาจขึ้นไปถึง 1,300 W/m^2 เลยที่เดียวในงานวิจัยนี้ช่วงเวลาที่ทำการ

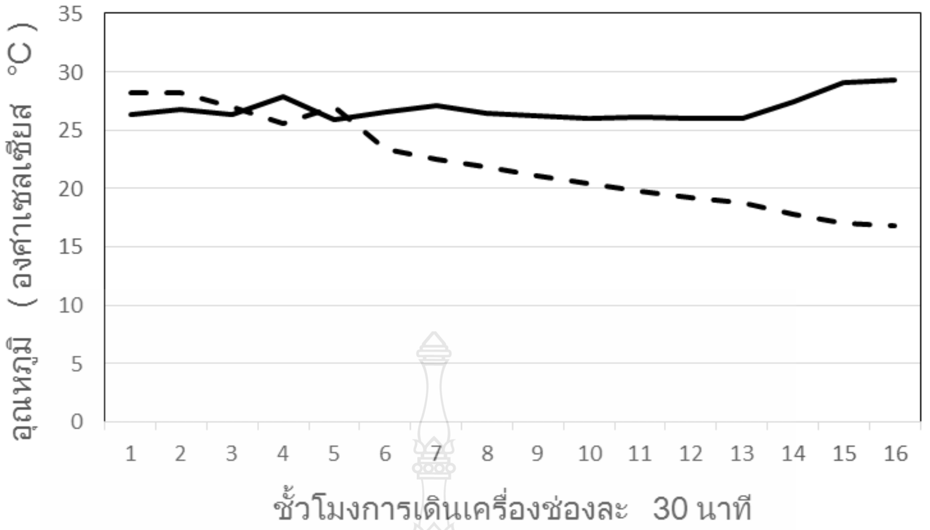
ทดลองอยู่ในช่วงปลายฤดูฝนวันที่ 7 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ทำให้มีเมฆมากพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีค่าไม่เกิน 1,000 W/m^2 ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5



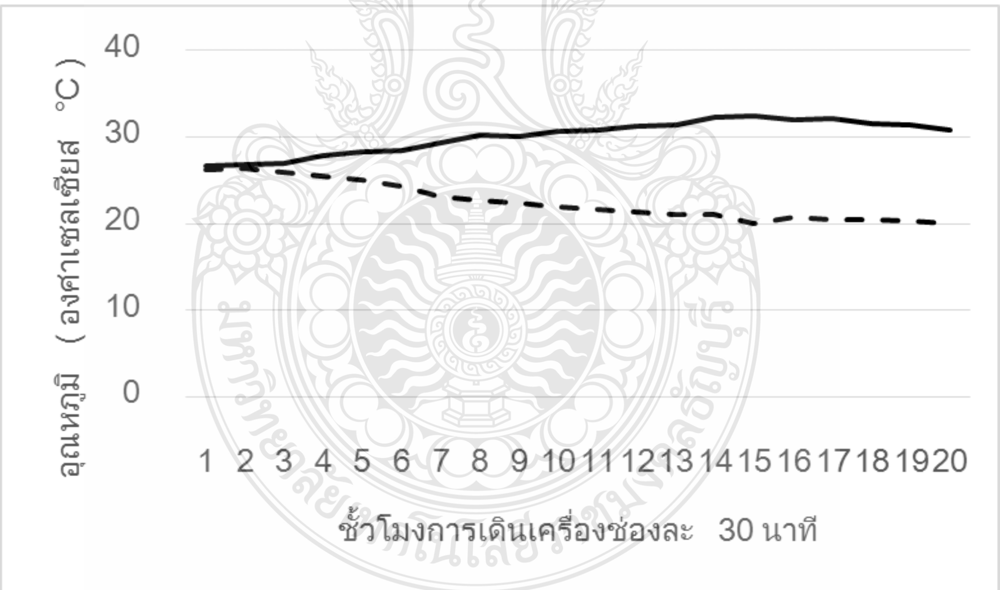
รูปที่ 4.6 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ช่วงเวลาของวัน

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการต่อแผงโซล่าเซลล์จำนวน 18 แผงขนาด 320 Watt แบ่งเป็นชุดจำนวน 3 ชุด ต่อแบบขนานกันและจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จำนวน 6 ลูกต่อแบบอนุกรมและขนานกันตามลำดับเพื่อให้มีความจุ 24 Volt , 300 Ampere และควบคุมโดยชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Charge Controller) จำนวน 3 ชุด

โดยสามารถสรุปจากกแผนภูมิรูปที่ 4.6 ดังนี้คือในช่วงเวลากลางวัน 6:30 น. ถึง 12:00 น. เส้นกราฟจะตั้งชันมากเนื่องจากเป็นช่วงที่กำลังมีการชาร์จ (Charge) ไฟเข้าแบตเตอรี่และอีกส่วนหนึ่งได้ไปจ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์เมื่อแบตเตอรี่เต็มตัวชาร์จคอนโทรลเลอร์ก็จะตัดการทำงานเหลือเพียง 2 ชุดจากจำนวน 3 ชุดทำให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ ผลิตได้ลดลง ส่วนช่วงเวลา 15:00 น.ถึง 17:30 น.เป็นช่วงที่พลังงานจากแสงอาทิตย์ลดลงทำให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตลดลงตามไปด้วยถึงแม้ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะทำงานพร้อมกันทั้ง 3 ชุด



รูปที่ 4.7 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศค่ำ



รูปที่ 4.8 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศกลางวัน

——— คือเส้นอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม

- - - - - คือเส้นอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิตได้

จากรูปที่ 4.8 การทดสอบเครื่องช่วงอากาศกลางวันเวลาแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยกลางวัน 6:30 น. ถึง 17:30 น.ครั้งนี้คือใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์ ที่ผลิตได้ อุณหภูมิที่สิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูงทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงเหลือเพียง 20 ° C ซึ่งอุณหภูมน้ำเย็นเริ่มต้นที่ 26.2 ° C อัตราการไหลของน้ำเย็นอยู่ที่ 1 GPM

จากแผนภูมิรูปที่ 4.7 การทดสอบเครื่องช่วงเวลากลางคืน เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่องต่อไปผลลัพธ์ที่ได้คือช่วงกลางคืน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงต่ำถึง 16.5 ° C ซึ่งอุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้นที่ 28.2 ° C อัตราการไหลของน้ำเย็นอยู่ที่ 1 GPM (Gallon Per Minute) โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เวลา 1:00 น.ถึง 10:30 น.

4.3 การวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance)

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ความสามารถในการทำความเย็นซึ่งมีหน่วยในการวัดผลเป็น `Watt ต่อกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ในการทำความเย็นหน่วยในการวัดผลเป็น Watt เช่นเดียวกัน โดยค่า COP คำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$\text{COP} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์}} \quad 4.1$$

จากช่วงเวลา 7:30 น. ความสามารถในการทำความเย็นจากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นของน้ำเย็นที่ผลิตได้กับช่วงเวลาของวันเฉลี่ยอยู่ที่ เท่ากับ 2,600 Btu / hr `แปลงเป็น Watt จะได้เท่ากับ 762 Watt , กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์กับช่วงเวลาของวันเท่ากับ 732.33 Watt

แทนค่าในสมการที่ 4.1 `จะได้

$$\text{COP} = 762 / 732.33$$

$$= 1.040$$

จากค่า COP ที่คำนวณจาก สมการที่ 4.1 ในงานวิจัยนี้จะมีค่าเท่ากับ 1.040 ค่อนข้างน้อย แก้ไขโดยตอนออกแบบหรือเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้คูณค่า COP เท่ากับ 3.5 ในสมการหาค่าพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลและอภิปายผล

ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือการศึกษาอัตราการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ที่นำไปใช้งานในการผลิตน้ำเย็นมีถังกักเก็บน้ำเย็นขนาดมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ขนาดไม่เกิน 1,000 W การทำงานระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอใช้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่บางส่วนเพื่อจ่ายให้คอมเพรสเซอร์ที่กินกำลังไฟฟ้า 27 V , 33 A หรือประมาณ 850 W โดยที่แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในละชุดประมาณ 29 V , 19 A ซึ่งถ้ารวมกันทั้ง 3 ชุด มากพอที่จะขับคอมเพรสเซอร์และพลังงานที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ทำให้สามารถเดินเครื่องได้ตลอดการทดลองช่วงกลางวันและสามารถผลิตน้ำเย็นได้สูงสุด 20 องศาเซลเซียส ที่ 3,000 ลิตร แสดงในรูปที่ 4.8 ใช้เวลาเดินเครื่องประมาณ 10 ชั่วโมง และจากแผนภูมิรูปที่ 4.7 การทดสอบเครื่องช่วงเวลากลางคืน เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่องต่อไปผลลัพธ์ที่ได้คือช่วงกลางคืน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงต่ำถึง 16.5 องศาเซลเซียส

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 คอนเดนเซอร์ปรับปรุงขนาดให้ใหญ่มากขึ้นทำให้สารทำความเย็น R-134a ที่ไหลผ่านมีอุณหภูมิลดต่ำลงและทำให้ความเย็น R-134a ถูกฉีดผ่านเอ็กซ์แพนชั่นวาล์วอุณหภูมิลดลงได้อีกส่งผลให้ความสามารถผลิตน้ำเย็นได้อุณหภูมิต่ำลง

5.2.2 แบตเตอรี่และระบบสำรองไฟฟ้าเพิ่มเติมในส่วนของแบตเตอรี่ที่สำรองไฟฟ้าและในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ให้สอดคล้องกันเพื่อให้สามารถเดินเครื่องได้ตลอดในช่วงกลางคืนจนถึงเช้าเพื่อที่จะทำให้เดินเครื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมงจะทำให้สามารถลดอุณหภูมิน้ำเย็นลงได้อีก

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานกองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานกองถ่ายทอดและเผยแพร่โครงการสาธิตเทคโนโลยเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน คู่มือฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน คู่มือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายทอดและเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์

[5] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค-สวทช.) การศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

[6] สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สพร.) ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย

[7] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เอกสารเผยแพร่ความรู้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน (เครื่องทำความเย็นแบบดูดซึม)

[8] จักรตุพล ลงเงิน สาขา วิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ศึกษาการจำลองระบบการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยโดยใช้โปรแกรม PVSYST , 2556

[9] มิติ มาลีทิพย์วรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยขอนแก่น การใชโปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดตารางการใช้ห้องเรียนเพื่อประหยัดการใชพลังงาน , การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24 วันที่ 20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

[10] ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แหล่งความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องการประเมิน

[11] นายภาณุ สุวิชาเชิดชู ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้การศึกษาการประเมินศักยภาพการใช้งานระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำในอาคาร ท. 101 กฟผ. สำนักงานใหญ่ 23 มีนาคม 2541

[12] นายสุกิตติ์ อายุยืน สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศโดยการลดเอนทัลปีของอากาศใหม่ , 2550

[13] ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา , สมบูรณ์ ติรสิทธิ์ การลดความร้อนผ่านหลังคาและการหาค่า U และ CLTD สำหรับหลังคาในกรุงเทพ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ บทความวิชาการ เล่มที่ 6 พฤจิกายน 2544

[14] เอกรัตนี นภกานต์[1] , จิระศักดิ์ ส่งบุญแก้ว[1] , บัญชา ศรีวิโรจน์[1] , ศุภวัฒน์ ลาวัลย์วิสุทธิ์[2]
1 สาขาวิศวกรรมไฟฟา คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยธนบุรี 248 เพชรเกษม 110 หนองแขม กรุงเทพมหานคร , 2 สาขาเทคโนโลยอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทพสตรี 321 อำเภอเมือง ลพบุรี การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องปรับอากาศทั่วไป , ธันวาคม 2562

[15] เจริญศักดิ์ เขียวเล่ง[1] , พลากร พรหมเมศร์[2] และปรษห มะยะเฉี่ยว[3] , 1 สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยนราธวาสราชนครินทร์ นราธิวาส ,
2 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟา คณะวศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยนราธวาสราชนครินทร์ นราธิวาส
3 สาขาวชาวศวกรรมอุตสาหการ คณะวศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยนราธวาสราชนครินทร์ นราธิวาส , การพัฒนาเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนส้าหรับห้องขนาดเล็กตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 2134-2553 , พฤศจิกายน 2564

[16] นครินทร์ รินพล , คู่มือการออกแบบระบบไฟฟาพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น , กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด ยูเคชั่น. 2559

[17] ศิวลักษณ์ สงสมพันธุ์ , คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ , กรุงเทพฯ.สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ

[18] อัครเดช สินธุภัค , การทำความเย็น , สถาบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , ตุลาคม 2532

[19] รศ.ดร. ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง : ผู้แปล , JACK P. HOLMAN : ผู้แต่ง , การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer , บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด , 2547

[20] ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์ : ผู้แปล , G. Walker : ผู้แต่ง , อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม Industrial Heat Exchangers , บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด , 2542

[21] บทความเครื่องถ่ายเทความร้อน Heat Exchangers , บริษัท คอมพลีท เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ เซอร์วิส จำกัด

[22] ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา , อาจารย์ขวัญจิต วงชารี : ผู้แปล , Yunus A. Cengel , Michael A. Boles : ผู้แต่ง , เทอร์โมไดนามิกส์ THERMODYNAMICS , บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด , 2547

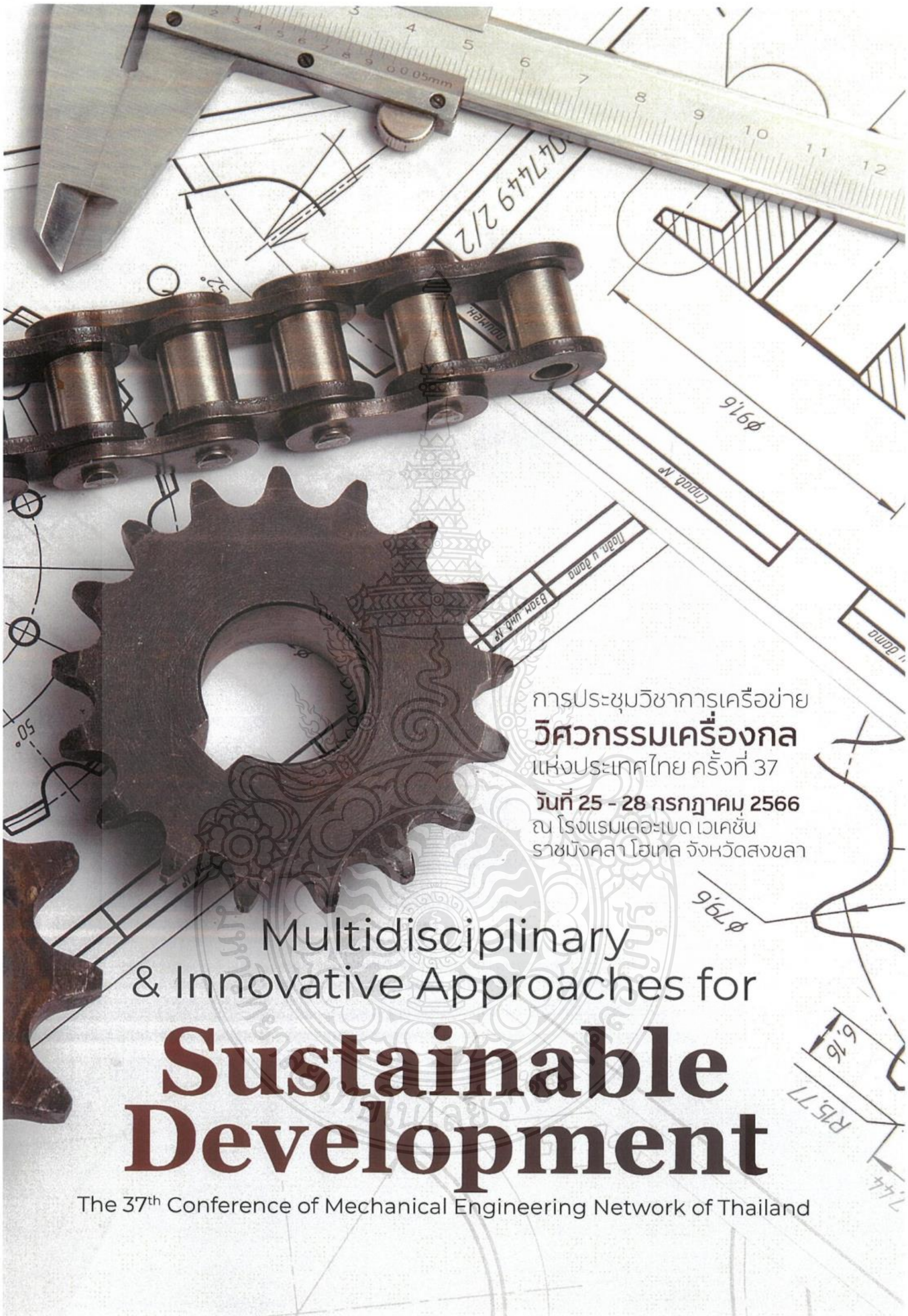
[23] Olga V. Shepovalova*, Alexander T. Belenov Investigation of DC Motors Mechanical Characteristics with Powered by Comparable Capacity PV Array , VIESH-RENEWABLE ENERGY SOURCES, 1-st Veshnyakovsky proezd. 2, Moscow, 109456, Russia

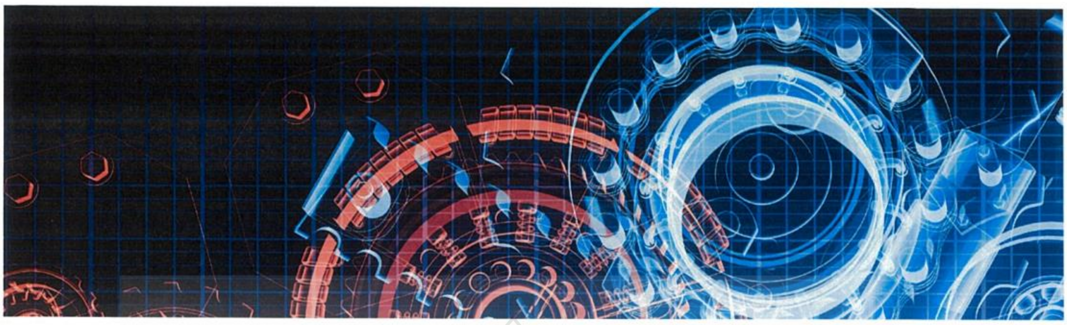
[24] https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/

[25] https://ienergyguru.com/2016/032/รังสีจากแสงอาทิตย์-solar-radiation/

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่


การประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37
วันที่ 25 - 28 กรกฎาคม 2566
ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น
ราชมังคลา โฮเทล จังหวัดสงขลา
Multidisciplinary
& Innovative Approaches for
Sustainable
Development
The 37th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand



สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ร่วมกับ
สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย

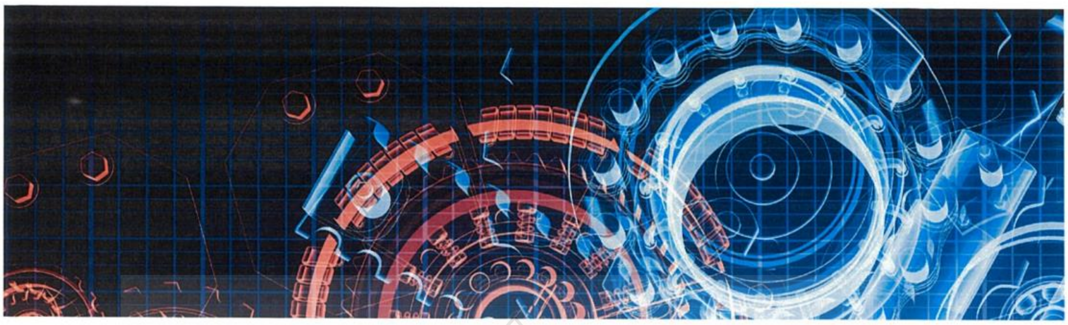
ME-NETT 37th 2023

The 37th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37

วันที่ 25 - 28 กรกฎาคม 2566

ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น ราชมังคลา โฮเทล จังหวัดสงขลา



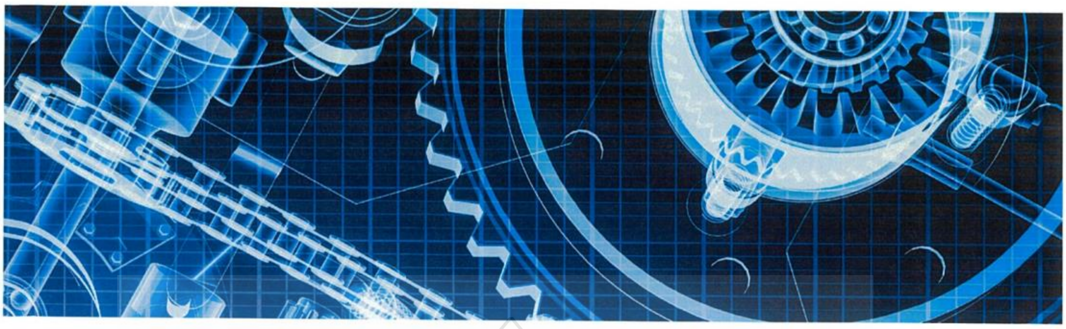
สารอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีวิสัยทัศน์เป็นมหาวิทยาลัยแห่งนวัตกรรม โดยจัดการศึกษาวิชาชีพระดับอุดมศึกษาบนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณภาพ เพื่อการพัฒนาภูมิภาคอย่างมั่นคง โดยมีพันธกิจหลัก คือ ผลิตกำลังคนเฉพาะทางที่มีคุณภาพตอบสนองอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ สร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมสู่การนำไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมในการให้บริการวิชาการแก่สังคมด้วยนวัตกรรมสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมถึงสืบทอดศิลปวัฒนธรรมบนแนวทางวัฒนธรรมสร้างสรรค์

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 (The 37th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand) จัดขึ้นภายใต้แนวคิดความร่วมมือ สหวิทยาการ และนวัตกรรมสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน ขับเคลื่อนนโยบาย SDGs+BCG+NetZero+ESG ขององค์กร และสังคมทุกภาคส่วนของประเทศไทยต่อไป

ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อเสนอผลงานวิจัยครั้งนี้ จะเป็นการเปิดโอกาสให้กับนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิของหน่วยงานต่าง ๆ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน ได้เรียนรู้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกัน ทำให้เกิดการต่อยอดองค์ความรู้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ อันนำไปสู่การพัฒนาสังคมและประเทศต่อไป

(ศาสตราจารย์ ดร.สุวัจน์ ธัญรส)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



สารนายกสมาคม

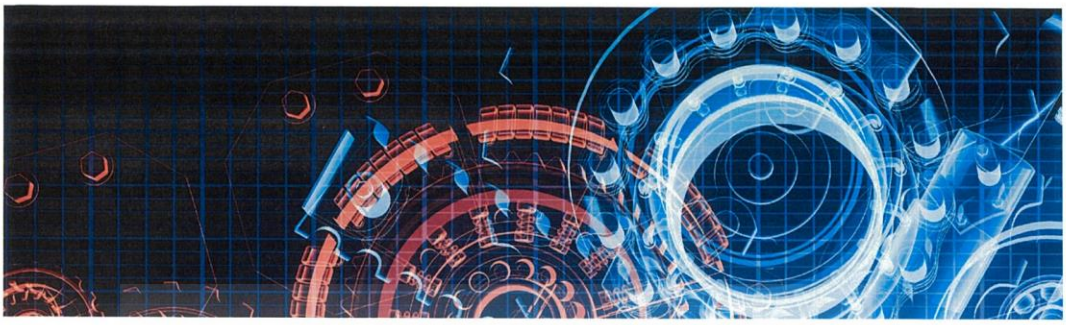
การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย หรือ ME-NETT (The Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand) ประจำปี 2566 ครั้งนี้ ถือว่าเป็นครั้งที่ 37 แล้ว ME-NETT ถือว่าเป็นการสัมมนาทางวิชาการที่สำคัญของชาววิศวกรรมเครื่องกลที่จัดมาต่อเนื่องทุกๆ ปี โดยจัดขึ้น เพื่อเป็นสถานที่หรือเวทีให้คณาจารย์ นักวิจัย นิสิตนักศึกษา รวมทั้งวิศวกรในภาคอุตสาหกรรม ได้มีโอกาสมาพบปะ แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์นำเสนอผลงานวิจัยและเทคโนโลยี นวัตกรรมใหม่ ๆ อีกทั้งเป็นโอกาสในการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิชาการและงานวิจัยในอนาคต ร่วมทั้งพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ อีกด้วย

ปัจจุบัน เทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ ได้เกิดขึ้นและพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว งานด้านวิศวกรรมเครื่องกลก็เช่นกันมีการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบใหม่ ๆ หรือใช้ระบบควบคุมที่ทันสมัยมากขึ้นมาเกี่ยวข้อง มีการใช้ Smart technology หรือแม้กระทั่งมีการใช้ AI (Artificial Intelligence) มาร่วมในงานวิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ นักวิจัยและ วิศวกรในภาคอุตสาหกรรมต้องปรับตัว เรียนรู้ให้ทันเทคโนโลยีเหล่านั้น ในงาน ME-NETT ครั้งนี้ จะมีการนำเสนอผลงานวิจัย นวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในกลุ่มสาขาวิชาหลัก ๆ 9 สาขา ดังที่แสดงใน Proceedings นี้ ทุกบทความผ่านการพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาอย่างเข้มข้น เป็นผลงานวิจัยที่ตอบโจทย์การพัฒนาประเทศ และพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางวิศวกรรมเครื่องกล หวังว่าท่านที่มาร่วมงานจะได้ประโยชน์และความร่วมมือ เพื่อใช้ในอนาคตต่อไป

ในฐานะนายกสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย ผมขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา ที่รับเป็นเจ้าภาพในการจัดงานสัมมนา ME-NETT 37th นี้ และได้ทุ่มเท ตั้งใจ เตรียมการต่าง ๆ ในการจัดการประชุมครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณคณะกรรมการสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ช่วยสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการจัดการประชุมครั้งนี้ ขอขอบคุณนักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา วิศวกร รวมทั้งผู้สนับสนุน จากสมาชิกเครือข่ายต่าง ๆ ที่ได้ส่งผลงานเข้าร่วมการนำเสนอและเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างสรรค์สังคมวิศวกรเครื่องกลไทย และทำให้การประชุม ME-NETT ครั้งนี้ประสบความสำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

(ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)
นายกสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย



สารคณบดี

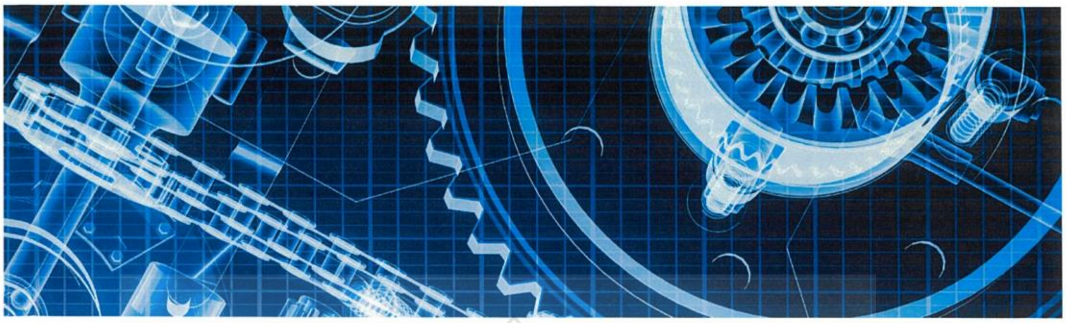
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ในนามของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย รู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม 2566 ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น ราชมังคลา โฮเทล จังหวัดสงขลา

สำหรับการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 (The 37th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand) มุ่งเน้นในการส่งเสริมและสร้างความรู้ให้กับคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการสร้างผลงานวิจัย และผลงานทางวิชาการด้านวิศวกรรมเครื่องกล และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเผยแพร่ในเวทีประชุมวิชาการระดับชาติ อีกทั้งยังเป็นการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางด้านวิชาการ ภายใต้แนวคิด "Multidisciplinary & Innovation Approaches for Sustainable Development" ความร่วมมือสหวิทยาการ และนวัตกรรมสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน ตลอดจนเป็นการสร้างเครือข่ายของคณาจารย์ และนักวิจัยกับสถาบันการศึกษา รวมถึงหน่วยงานด้านการวิจัยต่าง ๆ

จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ทุกท่านที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการ และเป็นแรงผลักดันให้คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป รวมถึงหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ได้ร่วมกันขับเคลื่อนให้เกิดการพัฒนาประเทศด้วยงานวิจัยอย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป

(รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



สารหัวหน้า สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

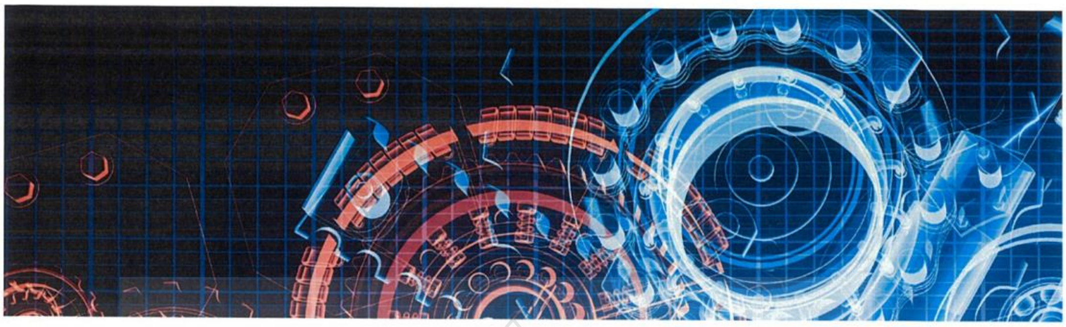
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สาขาวิศวกรรมเครื่องกลนับว่าเป็นสาขาที่เก่าแก่มากสาขาหนึ่งของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นสาขาที่ต้องออกแบบและสร้างเครื่องจักรกลต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ รวมไปจนถึงการพัฒนาให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น จากสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลก้าวหน้าไปตามการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีด้วย ซึ่งการจะพัฒนาอย่างรวดเร็วได้นั้นจำเป็นต้องบูรณาการความรู้ ความสามารถ ของนักวิจัย วิศวกร และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน การประชุมวิชาการเครื่องข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยจึงเป็นเวทีสำคัญของนักวิจัยจากทุกองค์กร ทุกสถาบันในการนำผลงานมาร่วมนำเสนอ และแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ในสาขาวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งในครั้งนี้ได้จัดขึ้นเป็นครั้งที่ 37 (ME-NETT 2023) ในระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม 2566 ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น ราชมังคลา โฮเทล จังหวัดสงขลา

กระผมและบุคลากรของสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย รู้สึกเป็นเกียติอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติร่วมเป็นเจ้าภาพกับสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทยในการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขออวยพรให้ผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน ประสบแต่ความสุข ความเจริญยิ่งขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านจะได้รับประโยชน์พร้อมทั้งนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอด เพื่อให้สังคมและประเทศชาติมีความเจริญก้าวหน้าสืบไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรชัย เพชรสงคราม)
หัวหน้าสาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



สารประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

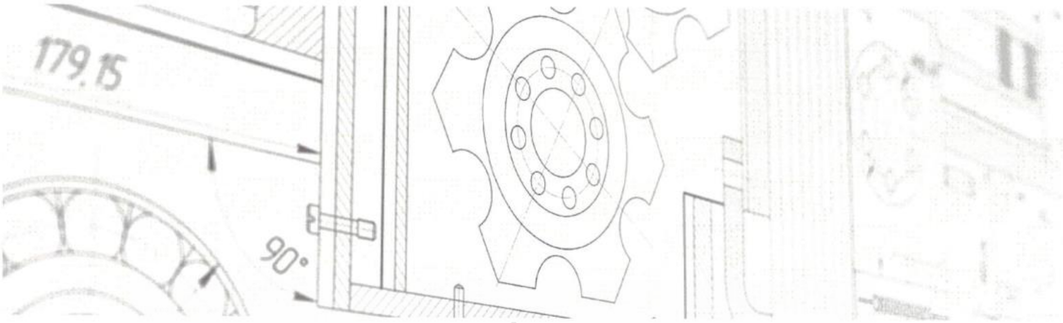
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย (Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand) ได้ดำเนินการต่อเนื่องมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2530 สืบเนื่องมาทุกปีจนมาถึงปัจจุบัน เป็นครั้งที่ 37 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีให้คณาจารย์ นักวิจัยและนักศึกษาที่มีผลลัพธ์จากศึกษาและพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลในแต่ละหน่วยงานได้มีโอกาสนำผลงานดังกล่าวมาเสนอเป็นผลงานทางวิชาการในที่ประชุมระดับชาติ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ สร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิชาการและวิจัยระหว่างหน่วยงานวิจัย รวมถึงสถาบันการศึกษาต่าง ๆ อันจะเป็นการส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดผลงานวิจัยที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของสังคมและประเทศอย่างต่อเนื่อง

โดยการจัดการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 ให้ความสำคัญในประเด็นของการส่งเสริมแนวคิด “Multidisciplinary & Innovation Approaches for Sustainable Development” ที่เน้นสร้างความร่วมมือในรูปแบบสหวิทยาการและนวัตกรรมสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อให้ก่อเกิดมุมมองหรือแนวทางที่ทางศาสตร์ของวิศวกรรมเครื่องกลสามารถขับเคลื่อนนโยบายความยั่งยืนขององค์กร และสังคมทุกภาคส่วนของประเทศไทยต่อไปอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศตามยุทธศาสตร์ชาติและแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 โดยในปี พ.ศ. 2566 ทางสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพร่วมกับสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย ในการจัดการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 (ME-NETT2023) ซึ่งกำหนดจัดขึ้นระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ. 2566 ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น ราชมังคลา โฮเทล จังหวัดสงขลา

ในนามคณะกรรมการดำเนินงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อเสนอผลงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่ทุกท่านที่เข้าร่วมประชุมวิชาการ ไม่ว่าจะเป็นคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ผู้สนใจทั่วไป รวมถึงหน่วยงานภาครัฐและเอกชน และขอแสดงความขอบคุณฝ่ายที่เกี่ยวข้องที่ส่วนร่วมในการผลักดัน และร่วมกันดำเนินการให้งานประชุมวิชาการนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

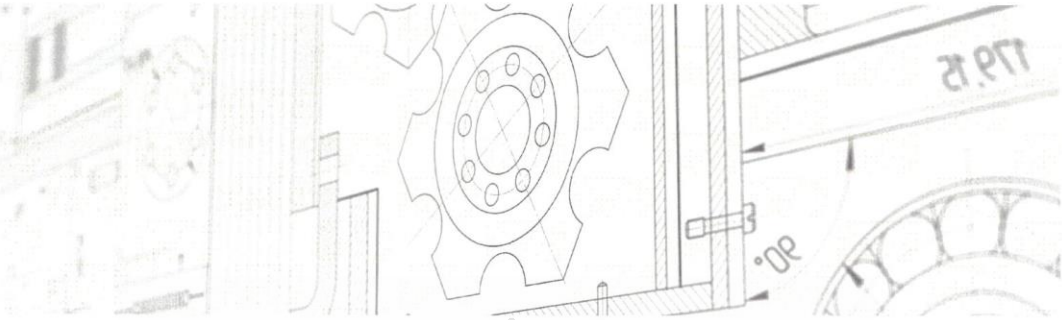
(รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต)
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37



สาขาวิชาในการประชุม

Alternative Energy and Combustion (AEC)
Automotive, Aerospace and Marine Engineering (AME)
Applied Mechanics, Materials and Manufacturing (AMM)
Biomechanics and Bioengineering (BME)
Computation and Simulation Techniques (CST)
Dynamic Systems, Robotics and Controls (DRC)
Engineering Education (EDU)
Energy Technology and Management (ETM)
Thermal System and Fluid Mechanic (TSF)

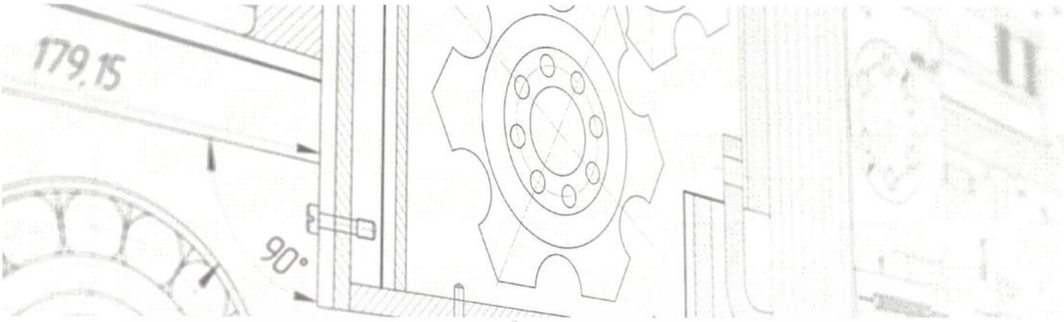
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



คณะกรรมการดำเนินงาน

คณะกรรมการการจัดงาน (สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย)

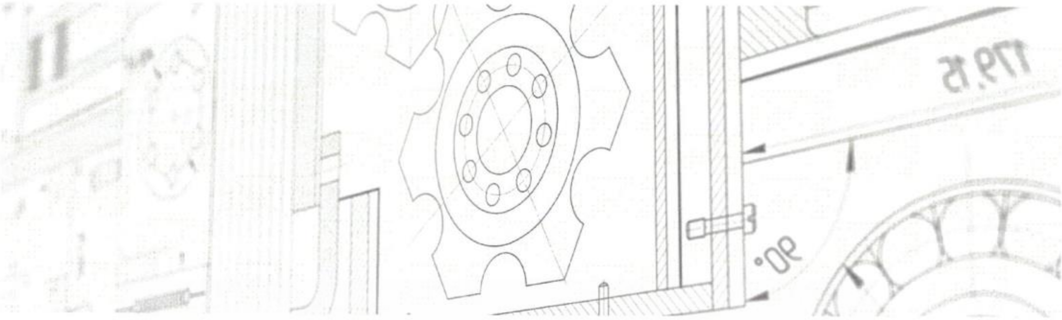
ศ.ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง	นายกสมาคมฯ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร.วรวุธ วิสุทธิ์เมธางกูร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศ.ดร.สำเริง จักรใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ศ.ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คุณมานิตย์ กู้ธนพัฒน์	กรรมการสภาวิศวกร
คุณยุทธนา เจริญวงศ์	กรรมการผู้จัดการใหญ่บริษัท บีแอลซีพี เพาเวอร์ จำกัด
ดร.พยุง ศักดาสาวิตร	ประธานกรรมการบริหาร กลุ่มบริษัท ไทย ออโต้ ทูลส์ แอนด์ ดาย จำกัด
คุณอภิชิต ล้ำเลิศพงศ์พนา	กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไอ.ที.ซี.(1993) จำกัด
รศ.ดร.ยศพงษ์ ลออนวล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คุณจิรบูลย์ วิทยสิงห์	นายสมาคมของขวัญของชำร่วยไทยและของตบแต่งบ้าน
พลตรีชูเกียรติ ช่วยเพชร	ผู้อำนวยการสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพบก
คุณทิณกร ผ่องลักษณา	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ดร.สำเริง เนตรภู่	บริษัท เอส.เอช.เค.เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
ศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.สมิทธ์ เอี่ยมสอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.พรทิพย์ แก่งอินทร์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.วราคม เนิดน้อย	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ผศ.ดร.ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.ปรีชา การินทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อ.ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส	มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.คณิต วัฒนวิเชียร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พล.อ.ท.ศ.ดร.นพพล หาญกล้า	โรงเรียนพระดาบส
ศ.ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.อมรรัตน์ แก้วประดับ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
อ.ดร.เทพฤทธิ์ ทองชุบ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
รศ.ดร.อัญชสา ประมวลเจริญกิจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร
ผศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.นุวงศ์ ชลคุป	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



ผศ.ดร. สราวุธ เวชกิจ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.พิเชฐ นิลดวงดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
คุณสายัณห์ ปานซัง	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ดร.สมสิทธิ์ มูลสถาน	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

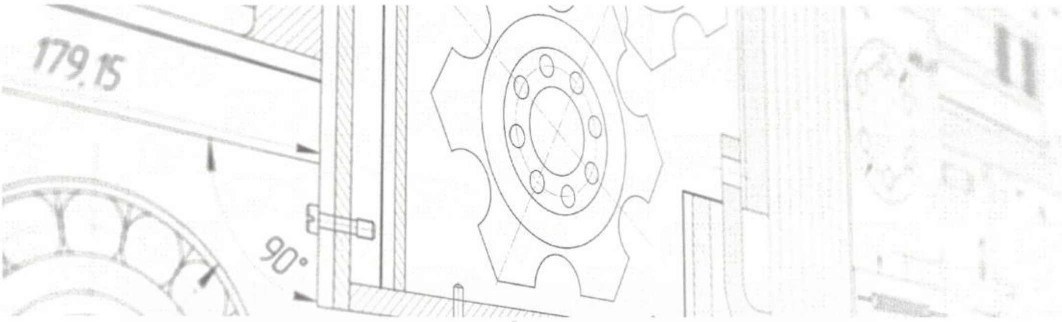
ประธานกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ

รศ.ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

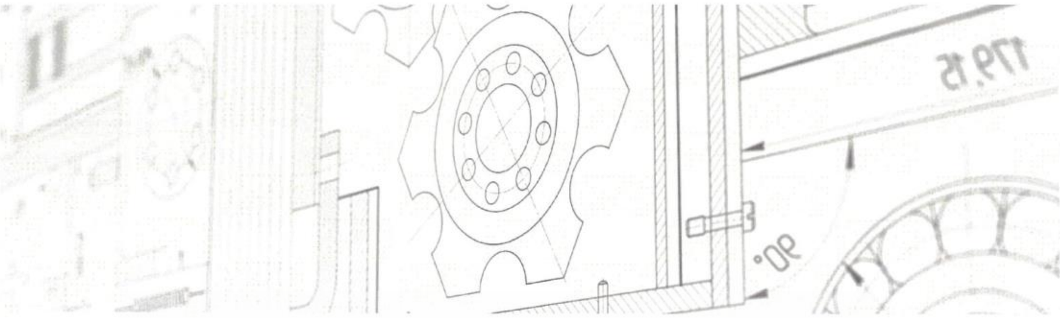


คณะกรรมการอำนวยการ ดำเนินงานและประสานงานทั่วไป (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย)

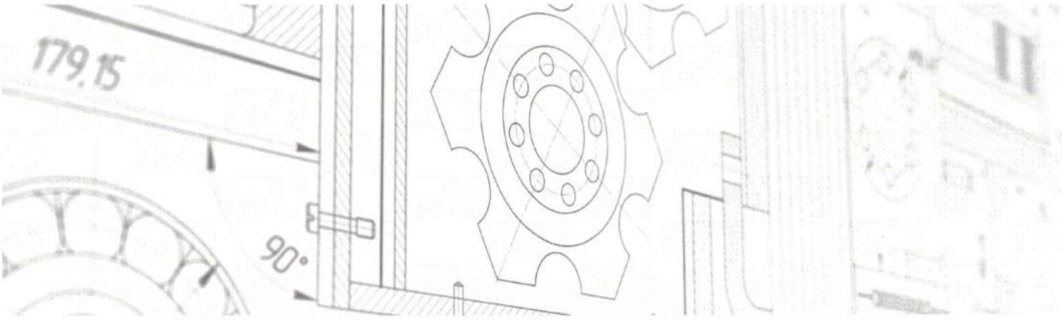
คณบดีคณะวิศวกรรมศษาสตร์ (รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์)	ที่ปรึกษา
รองคณบดี ฯ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธยา ภิรมย์)	ที่ปรึกษา
รองคณบดี ฯ (นายเสรี ทองชุม)	ที่ปรึกษา
รองคณบดี ฯ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรเจิด โปฎกรัตน์)	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์จารุวัฒน์ เจริญจิต	ประธาน
รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ชาตรี หอมเขียว	กรรมการ
รองศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จินดา สามัคคี	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จีระศักดิ์ เพียรเจริญ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ลักษณะกิจ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐานวิทย์ แนมใส	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทชัย ชูศิลป์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรเจิด โปฎกรัตน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญญัติ นิยมวาส	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรชัย เพชรสงคราม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรประสิทธิ์ คงบุญ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ บุญนุ่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งลาวัลย์ ชูสวัสดิ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรธนพร ชีววุฒิพงศ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วสันต์ จีนธาดา	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศิษฎ์ศักดิ์ ทับยัง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สหพงศ์ สมวงศ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิพร บุญญานุวัตร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ จันทรมณีย์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ชูกลิ่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสน่ห์ รักเกื้อ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อธิราช ภัทรางกูน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อธิโรจน์ มะโน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชิต ศรีไชยรัตนา	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาริษา โสภาจารย์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดร นามเสน	กรรมการ
ว่าที่ร้อยตรีสิทธิชัย นุ่นสง	กรรมการ
ว่าที่ร้อยตรีอเนก ไทยกุล	กรรมการ
นายกิตติชัย ชัยเพชร	กรรมการ



นายไกรวิทย์ ชูชาติ	กรรมการ
นายชนมภัทร รุณปักษ์	กรรมการ
นายชัยณรงค์ ศรีวะบุตร	กรรมการ
นายไชยศักดิ์ สุระกำแหง	กรรมการ
นายณัฐพล หนูฤทธิ	กรรมการ
นายถาวร เกื้อสกูล	กรรมการ
นายทศพิธ วิสมิตนันท์	กรรมการ
นายธนัท ธนอัศวพล	กรรมการ
นายธนากร อินทสุทธิ์	กรรมการ
นายธีระวัฒน์ เพชรดี	กรรมการ
นายนภดล คงเพชร	กรรมการ
นายนัฐพล ชัยทอง	กรรมการ
นายบุญรัตน์ บุญรัศมี	กรรมการ
นายปฐมพร นะระโต	กรรมการ
นายประทีป ทิพย์ประชา	กรรมการ
นายประสิทธิ์ ซุ้นสุวรรณ	กรรมการ
นายพงศกร เจริญเนตรกุล	กรรมการ
นายพินทิพย์ มณีนิล	กรรมการ
นายยงยุทธ แก้วจำรัส	กรรมการ
นายวรพล ทองทับ	กรรมการ
นายวสุ สุขสุวรรณ	กรรมการ
นายสนั่น คำมณี	กรรมการ
นายสมเกียรติ แสวงชอบ	กรรมการ
นายเสรี ทองชุม	กรรมการ
นายอธิโรจน์ มะโน	กรรมการ
นายอภิชล ทองมั่ง กำเนิดว้ำ	กรรมการ
นายอภิรักษ์ เสือเดช	กรรมการ
นายอาทิตย สวัสดิรักษา	กรรมการ
นายอุกฤษ ชำมริ	กรรมการ
นางสาวจิราภรณ์ ตันติพงษ์อาภา	กรรมการ
นางสาวจิราวรรณ จันทร์สุวรรณ	กรรมการ
นางสาวนุชเนตร กาพสมุทร์	กรรมการ
นางสาวปนัดดา โสพส	กรรมการ
ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุพรรณี เกตุแก้ว	กรรมการ
นายชัยชุมพล ชูราษฎร์	กรรมการ
นายธเนศ สืบประดิษฐ์	กรรมการ
นายนเรศ ศรีสุระคุปต์	กรรมการ
นายปรีชา ชูสุวรรณ	กรรมการ

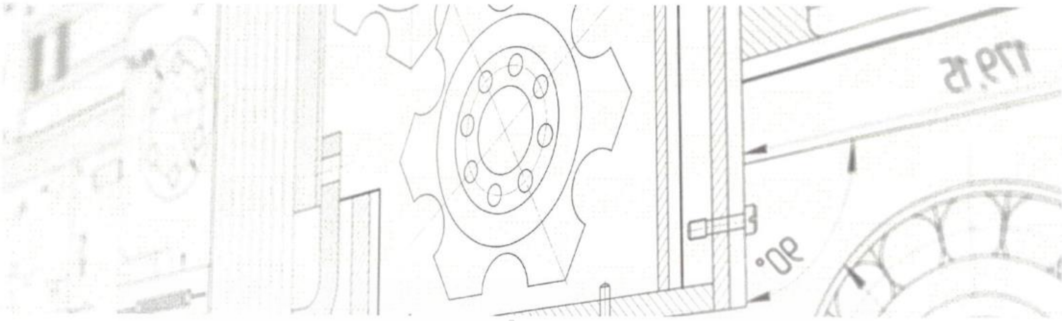


นายปิ่นชัย เกษสวัสดิ์	กรรมการ
นายโภคิน คงสิน	กรรมการ
นายวิฆเนศ เพชรสุวรรณ	กรรมการ
นายศุภสัณห์ ชัยอนันตกูล	กรรมการ
นายสดุดี ชูสวัสดิ์	กรรมการ
นายสุจินดา แซ่ฮั้น	กรรมการ
นายอภิวัชร์ รวีสกุลวัฒน์	กรรมการ
นางทิพวรรณ จักรช่วย	กรรมการ
นางนภาพร สมบูรณ์	กรรมการ
นางโยทกา ศรีบุรุษ	กรรมการ
นางศศิประภา ยันตรกิจ	กรรมการ
นางสาวกนกวรรณ เดชสถิตย์	กรรมการ
นางสาวกาญจนา ทองตีบ	กรรมการ
นางสาวกุสุมา สันสารา	กรรมการ
นางสาวเกศินี บัวสังข์	กรรมการ
นางสาวจารุวรรณ ลูกจันทร์	กรรมการ
นางสาวชนกนันท์ ทองจีน	กรรมการ
นางสาวณปภัช ชายพรม	กรรมการ
นางสาวนิจวรีย์ ฉวี	กรรมการ
นางสาวบุญศรี นุ่นหนู	กรรมการ
นางสาวปานรดา จ่ายวานิชย์	กรรมการ
นางสาวปิยะวรรณ บุญชื่น	กรรมการ
นางสาวผกามาส หลีสกุล	กรรมการ
นางสาวพรเพ็ญ จันทรา	กรรมการ
นางสาวพัชรี ทองช่วย	กรรมการ
นางสาวพิชชาภา ปาลรัตน์	กรรมการ
นางสาวเพ็ญพักตร แกล้วทนงค์	กรรมการ
นางสาวภรชนก ณ สงคราม	กรรมการ
นางสาวภัทราภรณ์ เพ็ชรจำรัส	กรรมการ
นางสาววิลาวัลย์ ทองนิมิตร	กรรมการ
นางสาวศศิพิมพ์ ศรีมณี	กรรมการ
นางสาวสิริภรณ์ ภัทรางกูน	กรรมการ
นางสาวสุนิสา วัชระโชติพิมาย	กรรมการ
นางสาวสุมลทิพย์ วุ่นดี	กรรมการ
นางสาวอังคณา สีม่วง	กรรมการ
นางสาวอัชฌา ทิมกุล	กรรมการ
นางสุนิสา ปิยะภาโส	กรรมการ
นางอุทัยทิพย์ จิตรมั่นธรรม	กรรมการ

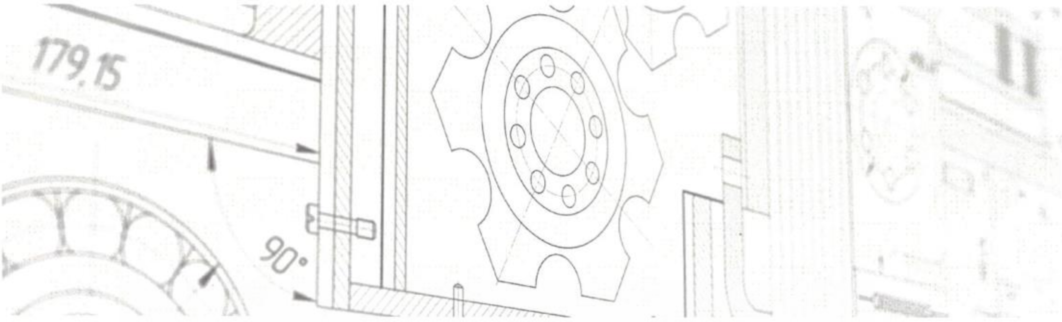


ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

1	ศ.ดร.สุวัฒน์ กุลธนปรีดา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2	ศ.ดร.ฐานิตย์ เมธิยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
3	ศ.ดร.สมชาย หาญกล้า	โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
4	ศ.ดร.ไพศาล นาผล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5	ศ.ดร.สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6	ศ.ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
7	รศ.ดร.ชาตรี หอมเขียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
8	รศ.ดร.ธีรพจน์ เวศพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
9	รศ.ดร.ธนรัฐ ศรีวีระกุล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
10	รศ.ดร.อนิรุตน์ มัทธุจักร	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
11	รศ.ดร.อศิ บุญจิตราดุลย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12	รศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
13	รศ.ดร.วรางค์รัตน์ จันทสาโร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
14	รศ.ดร.ภัทรมน จงประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
15	รศ.ดร.ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
16	รศ.ดร.จตุพร แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยทักษิณ
17	รศ.ดร.กัมปนาท เทียนน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
18	รศ.ดร.ปรีชา การินทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
19	รศ.ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
20	รศ.ดร.ชยุต นันทดุสิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
21	รศ.ดร.พินิจ งามสม	มหาวิทยาลัยรังสิต
22	รศ.ดร.สุวิมล เสนีวงศ์ ณ อยุธยา	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
23	รศ.ดร.บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
24	รศ.ดร.วิริยะ ทองเรือง	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
25	รศ.ดร.ปัญญา อรุณจรัสธรรม	มหาวิทยาลัยมหิดล
26	รศ.ดร.พัชราภรณ์ บุณยวานิชกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
27	รศ.ดร.สัปปินันทน์ เอกอำพน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
28	รศ.ดร.วิรชัย โรยนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
29	รศ.ดร.วาทิต ภักดี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
30	รศ.ดร.วันชัย อัศวภูษิตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
31	รศ.ดร.อมรรัตน์ แก้วประดับ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
32	น.อ.รศ.ปิจิราวุช เวียงจันดา	โรงเรียนนายเรือ
33	ผศ.ดร.ฐานวิทย์ แนมใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
34	รศ.วรพงศ์ บุญช่วยแทน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
35	ผศ.ดร.สารพล ฐิติพัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
36	ผศ.ดร.อุทัย ประสพชิงชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา



37	ผศ.ดร.พิเชฐ นิลดวงดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
38	ผศ.ดร.จิระพล กลีนบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
39	ผศ.ดร.เขมพัฒน์ ตันติวัฒนกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
40	ผศ.ดร.ชัชธานนท์ โพธิคุณ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
41	ผศ.ดร.วิทูรย์ เห็มสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
42	ผศ.ดร.กระวี ตรีอำนรรค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
43	ผศ.ดร.ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
44	ผศ.ดร.อภินันต์ นามเขต	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
45	ผศ.ดร.ธาดา สุขศิลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
46	ผศ.ดร.สุธรรม ปทุมสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
47	ผศ.ดร.พิสิฐ ยงยิ่งศักดิ์ถาวร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
48	ผศ.ดร. เพชร เจียรนัยศิลาวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
49	ผศ.ดร.ชนัตต์ รัตนสุมาวงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
50	ผศ.ดร.อลงกรณ์ พิมพ์พิณ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
51	ผศ.ดร.เด่นชัย วรเดชจำเริญ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
52	ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ สุวรรณภูมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
53	ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ คู่วรัญญู	มหาวิทยาลัยศิลปากร
54	ผศ.ดร.สมศักดิ์ วงษ์ประดับไชย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
55	ผศ.ดร. ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต	มหาวิทยาลัยบูรพา
56	ผศ.ดร.ธิบดินทร์ แสงสว่าง	มหาวิทยาลัยศิลปากร
57	ผศ.ดร.จุฬาภรณ์ เบญจปิยะพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
58	ผศ.ดร.รัฐศักดิ์ พรหมมาศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
59	ผศ.ดร.อิทธิโชติ จักรไพวงศ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
60	ผศ.ดร.ธิบดินทร์ แสงสว่าง	มหาวิทยาลัยศิลปากร
61	ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
62	ผศ.ดร.รุ่ง กิตติพิชัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
63	ผศ.ดร.พรทิพย์ แก่งอินทร์	มหาวิทยาลัยมหิดล
64	ผศ.ดร.มักตาร์ แวหะยี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
65	ผศ.ดร.อุษา มากมูล กรารั	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
66	ผศ.ดร.ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์	มหาวิทยาลัยบูรพา
67	ผศ.ดร.อรรถพร วิเศษสินธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
68	ผศ.ดร.พงศ์ธร พรหมบุตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
69	ผศ.ดร.อธิโรจน์ มะโน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
70	ผศ.ดร.สุชาติ จันทรมณีย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
71	ผศ.ดร.จุฑามาศ ลักษณะกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
72	ผศ.ดร.สหพงศ์ สมวงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
73	ผศ.บัญญัติ นิยมวาส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
74	ผศ.วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์



75	ผศ.ศิวะพงศ์ เพ็ชรสงค์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
76	ผศ.จารุตม์ คุณานพดล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
77	ผศ.อรรณพ เรืองวิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
78	ดร.ปฐมพร นะระโต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
79	ดร.ยงยุทธ แก้วจำรัส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
80	ดร.สัก สิทธิชมภู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
81	ดร.ชัยวัฒน์ คุรุกิจวาณิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
82	ดร.พรพรม บุญพรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
83	ดร.นิวัฒน์ สุขสาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
84	ดร.วราภรณ์ กลิ่นบุญ	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ (พีไอเอ็ม)
85	ดร.ชโลธร ธรรมท้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
86	ดร.จิตติ พัทธวณิช	มหาวิทยาลัยบูรพา
87	ดร.โศภิดา สังข์สุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
88	อ.กฤตยา ไชยยศ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
89	อ.ขจรเดช พิมพ์พิไล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
90	อ.ปนัดดา โสหส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
91	อ.ธนัท ธนอัศวพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
92	อ.ธีระวัฒน์ เพชรดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
93	อ.วสุ สุขสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

Solar Water-Cooling System via a DC-Motor Driven Vapor Compression Cycle

ชุมพล กำเหนิดนนท์ และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110
*ติดต่อ: boonrit.p@en.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 088-242-5691

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ สำหรับระบบปรับอากาศด้วยน้ำเย็นพื้นที่ไม่เกิน 12 ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องทำความเย็นกระแสสลับแล้วระบบนี้มีจุดเด่นคือเนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ (Solar Cell) เป็นกระแสตรง ดังนั้นการใช้มอเตอร์กระแสตรงจะรับกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์หรือแบตเตอรี่ได้โดยตรงจึงไม่จำเป็นต้องมีอินเวอร์เตอร์ นอกจากนี้การกักเก็บความเย็นด้วยน้ำเย็นเป็นการสะสมพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้เครื่องทำความเย็นทำงานต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ โดยระบบกักเก็บและจ่ายไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ในการศึกษาทดลองประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 Volt , 320 Watt จำนวน 18 แผง และแบตเตอรี่ (Battery) ขนาด 12 Volt , 100 Ampere Per Hour จำนวน 6 ลูก ตัวควบคุมการจ่ายและประจุไฟฟ้าขนาด 24 Volt , 1,000 Watt จำนวน 3 ตัว เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสตรงขนาด 850 Watt ขับคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของระบบทำความเย็นแบบอัดไอโดยใช้สารทำความเย็นชนิด R 134 A และมีระบบการกักเก็บความเย็นด้วยถังน้ำเย็นหุ้มด้วยแผ่นฉนวนยางดำขนาด 3,000 ลิตร ผลการทดลองพบว่า ในส่วนของระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอสามารถผลิตน้ำเย็นได้อุณหภูมิต่ำสุด 20 องศาเซลเซียส (Degree Celsius) โดยได้ทำการเดินเครื่องประมาณ 10 ชั่วโมง และยังมีการทดสอบในช่วงเวลากลางคืนเป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่องต่อไปผลลัพธ์ที่ได้คือช่วงกลางคืน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงต่ำถึง 16.5 องศาเซลเซียส จึงสรุปผลได้ว่าการผลิตน้ำเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอมีสมรรถนะที่ดีสามารถทำการพัฒนาต่อไปได้

คำหลัก: โซล่าเซลล์ การทำความเย็น การผลิตน้ำเย็น พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

The purpose of this research is to study the performance of a solar water chiller system using a direct current motor to drive the vapor compression cooling system. For air conditioning systems with cold water, the area does not exceed 12 square meters. Compared to the use of AC coolers, this system has a distinctive feature because the electricity from the solar cells is direct current. Therefore, the use of DC motors that can be supplied directly from solar cells or batteries does not require an inverter. In addition, cold water storage is a form of energy storage that keeps the chiller running consistently. The solar energy storage and distribution system in the experimental study consists of 18 solar panels size 40 Volt , 320 Watt and 6 batteries, size 12 Volt , 100 Ampere Per Hour , 3 controllers for discharging and charging , size 24 Volt 1,000 Watt To supply electricity to a 850 Watt DC motor driving the compressor of the vapor-compression refrigeration system using refrigerant type R 134 A. And there is a cold water storage system size 3000 liter

tank covered with black rubber insulation. The results showed that the photovoltaic chilled water system using DC motor to drive the vapor compression cooling system can produce cold water with a temperature as low as 20 degrees Celsius, which can be operated for 10 hours. And there is also a test during the night to test the performance of the machine by using direct current. From the power supply (Power Supply) to collect data during the night to develop the device further, the result is nighttime. The ambient temperature is relatively low, causing the cold water temperature to drop to as low as 16.5 degrees Celsius (Degree Celsius). Driving potential vapor compression refrigeration systems that can be further developed

Keywords: solar cell, refrigeration, water cooling, solar energy.

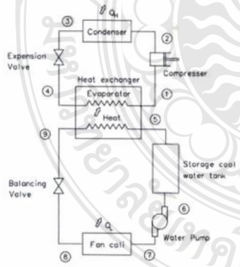
1.บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานให้กับระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ สำหรับระบบปรับอากาศด้วยน้ำเย็น เพื่อเป็นแนวทางการลดพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการเผาไหม้ได้ ซึ่งในสภาวะปัจจุบันระบบผลิตไฟฟ้าด้วย PV (Photovoltaic) หรือแผงโซล่าเซลล์ ปัจจุบันมีใช้อยู่อย่างแพร่หลาย ทั้งในบ้านพักอาศัย โรงงานอุสาหกรรม ซึ่งก็มีวัตถุประสงค์เดียวกันคือการประหยัดพลังงานที่ต้องซื้อจากภาครัฐ ในการศึกษาได้มีการเก็บผลทดลองต่างๆ เช่นค่าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของวันนำมาเปรียบเทียบกับการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้และการผลิตน้ำเย็นในงานวิจัย

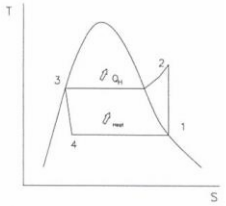
2.วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การเขียนไดอะแกรม (Diagram)

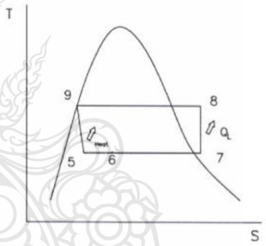
การเริ่มต้นการทดลองสิ่งแรกที่ทำก่อนคือการเขียนภาพและแผนภาพ T – s ไดอะแกรมของวัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดตัวที่ใช้ในการศึกษาใช้หลักการทำงานของวัฏจักรคาร์โนต์ (Carnot cycle) โดยที่แสดงใน”รูปที่ 1” , “รูปที่ 2” , “ รูปที่ 3 “ตามลำดับ



รูปที่ 1 ภาพแสดงอุปกรณ์ของวัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดใช้หลักการทำงานของวัฏจักรคาร์โนต์ในการศึกษา



รูปที่ 2 แผนภาพ T – s ของวัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดใช้หลักการทำงานของวัฏจักรคาร์โนต์ในการศึกษา



รูปที่ 3 แผนภาพ T – s ของวัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดด้านน้ำเย็นใช้ในการศึกษา

2.2 เขียนไดอะแกรมอุปกรณ์ทั้งหมด

ก่อนสร้างเครื่องทดลองในงานวิจัยจำเป็นต้องเขียนไดอะแกรมอุปกรณ์ทั้งหมดที่แสดงใน”รูปที่ 4” โดยหลักการทำงานจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

2.2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์

พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์จำนวน 18 แผงขนาด 320 Watt แบ่งเป็นชุดจำนวน 3 ชุด ต่อแบบขนานกันและจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จำนวน 6 ลูกต่อแบบอนุกรมและขนานกันตามลำดับเพื่อให้มีความจุ 24 Volt , 300 Ampere Per Hour และควบคุมโดยชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Charge Controller) จำนวน 3 ชุดใช้เป็นพลังงานในการขับ

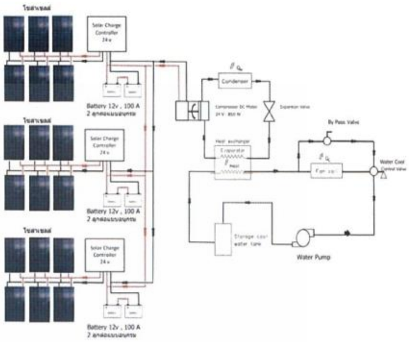
คอมเพรสเซอร์ขนาด 850 Watt ในวัฏจักรทำความเย็นแบบไออัดตัวโดยแสดงอยู่ใน"รูปที่ 4"

2.2.2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ในส่วนของด้านวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอโดยใช้หลักการทำงานของวัฏจักรคาร์โนต์ เมื่อคอมเพรสเซอร์ขนาด 850 Watt ได้รับพลังงานไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จะเริ่มทำงานมีการดูดสารทำความเย็นชนิด R 134 A ที่มีสถานะเป็นไอ เรียกว่าด้านแรงดันต่ำในงานวิจัยนี้จะมีความดันอยู่ที่ 35 Psi (Pounds per square inch) และอุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 22 องศาเซลเซียส ส่งต่อไปที่คอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนและเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเรียกว่าด้านแรงดันสูงมีความดันอยู่ที่ 110 Psi โดยที่อุณหภูมิขาเข้าคอนเดนเซอร์จะอยู่ที่ประมาณ 75 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิขาออกคอนเดนเซอร์จะอยู่ที่ประมาณ 26 องศาเซลเซียส และจะถูกฉีดผ่านอุปกรณ์เอ็กซ์แพนชั่นวาล์ว (Expansion valve) เปลี่ยนสถานะเป็นไออุณหภูมิจะอยู่ที่ประมาณ 1 องศาเซลเซียส ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยมีอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) อยู่ภายในใช้สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำทำให้น้ำมีอุณหภูมิเย็นลงอยู่ที่ 16.5 องศาเซลเซียส - 20 องศาเซลเซียส และน้ำจะถูกปั๊มไปเก็บไว้ที่ถังกักเก็บน้ำเย็น ส่วนสารทำความเย็นชนิด R 134 A ที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดไปคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนและเกิดการควบแน่นเป็นวัฏจักรอย่างนี้ต่อไป

2.2.3 ระบบน้ำเย็น

ในส่วนของระบบน้ำเย็นที่กักเก็บไว้ในถังกักเก็บน้ำเย็นจะถูกปั๊มน้ำดูดอัดส่งต่อไปที่ แฟนคอยล์ (Fan coil unit) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายในห้องทดลองงานวิจัยกับน้ำเย็นแต่ในงานวิจัยนี้จะไม่ถูกเปิดใช้งาน งานวิจัยนี้จะไปมุ่งเน้นไปที่การผลิตน้ำเย็นเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4 ไดอะแกรมระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์ (Motor) กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

2.3 การสร้างเครื่องทดลอง

โดยในการสร้างเครื่องทดลองจะใช้เหล็กฉากในการทำโครงสร้างเพื่อที่จะใช้ติดตั้ง คอมเพรสเซอร์ , คอนเดนเซอร์ , อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน,ตู้ควบคุมมอเตอร์ (Motor control panel) และเซ็นเซอร์ (Sensor) ต่างๆ ทำการจัดวางตำแหน่งให้เหมาะสมโดยแสดงใน"รูปที่ 5" และอุปกรณ์ต่างๆ ให้ตรงกับไดอะแกรมใน"รูปที่ 4" ซึ่งจะแสดงอยู่ใน"รูปที่ 6" , "รูปที่ 7" และ "รูปที่ 8"

รูปที่ 5 แสดงในส่วนเครื่องทำน้ำเย็น

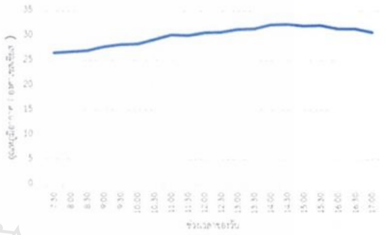
รูปที่ 6 แสดงระบบชาร์จคอนโทรลและแบตเตอรี่

รูปที่ 7 ถังเก็บน้ำเย็น

รูปที่ 8 แสดงแผงโซล่าเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัย

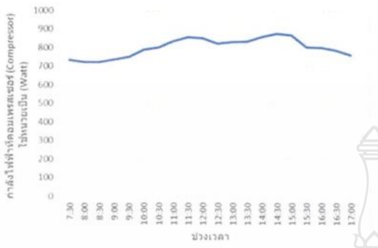
2.3 การบันทึกผลการทดลอง

ในการเดินเครื่องทดลองงานวิจัยนี้เป็นช่วงปลายฤดูฝนวันที่ วันที่ 7 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 และได้มีการบันทึกค่าต่างๆ ผลการทดลองตั้งแต่ 07:30 น.– 17:00 น.ในช่วงเวลากลางวัน โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ผลิตได้เป็นแหล่งพลังงาน และบันทึกผลการทดลอง แต่ละช่วงเวลาที่แสงแดดส่องลงมาบนพื้นผิวแผงโซล่าเซลล์ว่าสามารถผลิตน้ำเย็นได้มากน้อยเพียงใด

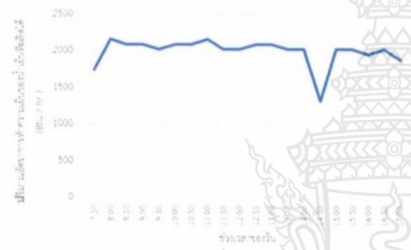


รูปที่ 9 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับช่วงเวลาของวัน

อุณหภูมิอากาศโดยปกติช่วงกลางวันจะสูงสุดในช่วงบ่ายของวันและสภาพอากาศก็ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในวันนั้นๆ เช่นกันซึ่งส่งผลกับเครื่องทำน้ำเย็นในงานวิจัยตามที่แสดงในแผนภูมิ "รูปที่ 9"



รูปที่ 10 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์กับช่วงเวลาของวัน



รูปที่ 11 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นของน้ำเย็นที่ผลิตได้กับช่วงเวลาของวัน

คอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอนั้นทำหน้าที่ในการปั้มอัดส่งสารทำความเย็น R 134 A ไปตามท่อสารทำความเย็นในระบบทำความเย็นคอมเพรสเซอร์จะกินกำลังมากถ้าการระบายความร้อนในส่วนของคอนเดนเซอร์ไม่ดีซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอากาศโดยรอบในบริเวณนั้นถ้าอุณหภูมิสูงก็จะระบายความร้อนไม่ดีทำให้คอมเพรสเซอร์ต้องกินกำลังมากขึ้นในการอัดน้ำยาตามที่แสดงแผนภูมิใน"รูปที่ 10"

จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นกับช่วงเวลาของวันจะเห็นว่าขึ้นอยู่กับอากาศที่เข้าระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ถ้าอุณหภูมิที่เข้าสูงจะทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็น R 134 A ที่ออกจากคอนเดนเซอร์สูงตามทำการแลกเปลี่ยนความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีส่งผลให้อัตราการทำความเย็นลดต่ำลงดังแสดงในแผนภูมิ"รูปที่ 11"

2.4 การวัดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance)

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นซึ่งมีหน่วยในการวัดผลเป็น `Watt ต่อกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ในการทำความเย็นหน่วยในการวัดผลเป็น Watt เช่นเดียวกัน โดยค่า COP คำนวณได้จาก"สมการที่ (1)"

COP = ความสามารถในการทำความเย็น (Watt) / กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์ (Watt) (1)

จากช่วงเวลา 7:30 น. ความสามารถในการทำความเย็นจาก"รูปที่ 11" `เท่ากับ 1,754.859 Btu / hr `แปลงเป็น Watt จะได้เท่ากับ 513.95 Watt , กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ขับคอมเพรสเซอร์จาก"รูปที่ 10" เท่ากับ 732.33 Watt

แทนค่าใน"สมการที่ (1)" `จะได้

COP = 513.95 / 732.33

= 0.70

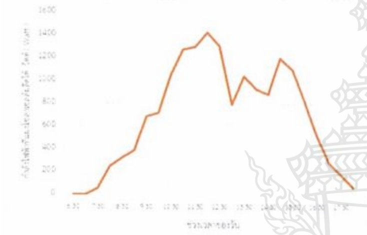
จาก"สมการที่ (1)" ค่าเฉลี่ยทั้งวัน 07:30 น.– 17:00 น.

COP = 0.73

จากค่า COP ที่คำนวณจากสมการที่ (1) ในงานวิจัยนี้จะมีค่าค่อนข้างต่ำ มาจากขนาดของ คอนเดนเซอร์ที่เล็กเกินไปทำให้ระบายความร้อนไม่ดีเท่าที่ควร ยังต้องมีการพัฒนาต่อไป

รูปที่ 12 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับช่วงเวลาของวัน

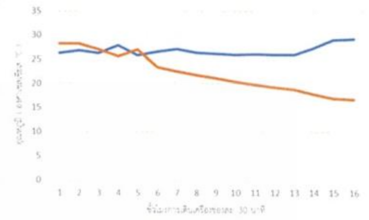
พลังงานแสงอาทิตย์ที่มาจากแสงอาทิตย์จะมากขึ้นตามองศาการตั้งฉากกับแผงโซล่าเซลล์โดยที่พลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จะมากที่สุดจะเป็นในช่วงเวลา 13:30 น.ทั้งนี้พลังงานแสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วยว่าเป็นฤดูไหนเป็นที่แน่นอนอยู่แล้วว่าฤดูร้อนย่อมมีพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด ในบ้างช่วงพลังงานแสงอาทิตย์อาจขึ้นไปถึง 1,300 W/m^2 เลยทีเดียวในงานวิจัยนี้ช่วงเวลาที่ทำการทดลองอยู่ในช่วงปลายฤดูฝนวันที่ 7 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ทำให้มีเมฆมากพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีค่าไม่เกิน 1,000 W/m^2 ดังที่ได้แสดงไว้ใน"รูปที่ 12"



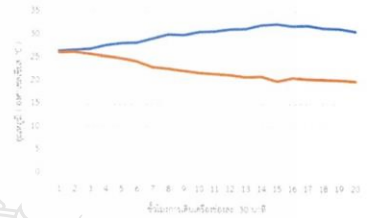
รูปที่ 13 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ช่วงเวลาของวัน

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการต่อแผงโซล่าเซลล์จำนวน 18 แผงขนาด 320 Watt แบ่งเป็นชุดจำนวน 3 ชุด ต่อแบบขนานกันและจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จำนวน 6 ลูกต่อแบบอนุกรมและขนานกันตามลำดับเพื่อให้มีความจุ 24 Volt , 300 Ampere และควบคุมโดยชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Charge Controller) จำนวน 3 ชุด

โดยสามารถสรุปจากกแผนภูมิ "รูปที่ 13" ดังนี้คือในช่วงเวลากลางวัน 6:30 น. ถึง 12:00 น. เส้นกราฟจะตั้งชันมากเนื่องจากเป็นช่วงที่กำลังมีการชาร์จ (Charge) ไฟเข้าแบตเตอรี่และอีกส่วนหนึ่งได้ไปจ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์เมื่อแบตเตอรี่เต็มตัวชาร์จคอนโทรลเลอร์ก็จะตัดการทำงานเหลือเพียง 2 ชุดจากจำนวน 3 ชุดทำให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตได้ลดลง ส่วนช่วงเวลา 15:00 น.ถึง 17:30 น.เป็นช่วงที่พลังงานจากแสงอาทิตย์ลดลงทำให้กำลังไฟฟ้าที่แผงโซล่าเซลล์ผลิตลดลงตามไปด้วยถึงแม้ชาร์จคอนโทรลเลอร์จะทำงานพร้อมกันทั้ง 3 ชุด



รูปที่ 14 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศค่ำ



รูปที่ 15 แผนภูมิการทดสอบเครื่องช่วงอากาศกลางวัน

คือเส้นอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม
คือเส้นอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิตได้

จากแผนภูมิ "รูปที่ 14" การทดสอบเครื่องช่วงเวลากลางคืน เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่องต่อไปผลลัพธ์ที่ได้คือช่วงกลางคืน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงต่ำถึง 16.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้นที่ 28.2 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของน้ำเย็นอยู่ที่ 1 GPM (Gallon Per Minute) โดยเวลาในการทดสอบตั้งแต่เวลา 1:00 น.ถึง 10:30 น.

จาก"รูปที่ 15" การทดสอบเครื่องช่วงอากาศกลางวันเวลาแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยกลางวัน 6:30 น. ถึง 17:30 น.ครั้งนี้คือใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์ ที่ผลิตได้ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูงทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงเพียง 20 องศาเซลเซียสซึ่งอุณหภูมิน้ำเย็นเริ่มต้นที่ 26.2 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของน้ำเย็นอยู่ที่ 1 GPM

3 สรุปผลการทดลอง

ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือการศึกษาอัตราการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ที่นำไปใช้งานในการผลิตน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบมีถังกักเก็บน้ำเย็นขนาดพื้นที่ไม่เกิน 12 ตารางเมตร การทำงานระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบอัดไอใช้พลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่บางส่วนเพื่อจ่ายให้คอมเพรสเซอร์ที่กินกำลังไฟฟ้า 27 Volt , 33 Ampere หรือประมาณ 850 Watt โดยที่แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในละชุดประมาณ 29 Volt , 19 Ampere ซึ่งถ้ารวมกันทั้ง 3 ชุด จะได้ประมาณ 29 Volt , 60 Ampere มากพอที่จะขับคอมเพรสเซอร์และพลังงานที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ทำให้สามารถเดินเครื่องได้ตลอดการทดลองช่วงกลางวันและสามารถผลิตน้ำเย็นได้สูงสุด 20 องศาเซลเซียส ที่ 3,000 ลิตร ใช้เวลาเดินเครื่องประมาณ 10 ชั่วโมง และจากแผนภูมิ"รูปที่ 14" การทดสอบเครื่องช่วงเวลากลางคืน เป็นการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโดยการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จากอุปกรณ์จ่ายไฟ (Power Supply) เพื่อเก็บข้อมูลในช่วงกลางคืนนำไปพัฒนาตัวเครื่องต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้คือช่วงกลางคืน อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมค่อนข้างต่ำ ทำให้อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงต่ำถึง 16.5 องศาเซลเซียส

4.แนวทางการพัฒนา

ในส่วนตัวเครื่องทดลองในงานวิจัยนี้ยังสามารถพัฒนาต่อได้อีกโดยสามารถแบ่งออกเป็นข้อๆดังนี้

4.1 คอนเดนเซอร์

ปรับปรุงขนาดของคอนเดนเซอร์ ให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นทำให้สารทำความเย็น R 134 A ที่ถูกฉีดผ่านเอ็กซ์แพนชั่นวาล์วอุณหภูมิลดลงได้อีกส่งผลให้ความสามารถผลิตน้ำเย็นได้อุณหภูมิต่ำลง

4.2 ฉนวนที่หุ้มถังกักเก็บน้ำเย็นและท่อน้ำเย็น

เพิ่มหรือปรับปรุงขนาดชนิดของฉนวนที่หุ้มถังกักเก็บน้ำเย็นและท่อน้ำเย็นให้มีความหนามากขึ้นเพื่อลดการศูนย์เสียความเย็นของน้ำเย็นโดยงานวิจัยนี้ใช้ฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็นเป็นแบบฉนวนยางดำแบบหลอดขนาด 3/4 นิ้ว , หนา 3/8 นิ้ว และความหนาของฉนวนหุ้มถังกักเก็บน้ำเย็นหนา 1 นิ้ว ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity; K value) เท่ากับ 0.038 W/mk โดยจากการทดลองพบว่ายังมีการกลั่นตัวของน้ำที่ฉนวนอยู่บ้าง เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

4.3 แบตเตอรี่และระบบสำรองไฟฟ้า

เพิ่มเติมในส่วนของแบตเตอรี่ที่สำรองไฟฟ้าและในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ให้สอดคล้องกันเพื่อให้สามารถเดินเครื่องได้ตลอดในช่วงกลางคืนจนถึงเช้าเพื่อที่จะทำให้เดินเครื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมงจะทำให้สามารถลดอุณหภูมิน้ำเย็นลงได้อีก

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะและทีมงานผู้จัดทำงานวิจัยต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์บางส่วนสำหรับการทำวิจัยนี้และครอบครัวและเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ให้การสนับสนุนทำให้งานวิจัยสำเร็จรุล่วงไปได้ด้วยดี

6 เอกสารอ้างอิง

6.1 บทความจากวารสาร (Journals)

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานกองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

6.2 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

[2] จักรตุพล ลงเงิน สาขา วิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ศึกษาการจำลองระบบการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัยโดยใช้โปรแกรม PVSYST

[3] มิติ มาลีทิพย์วรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น งานนี้วิจัยเป็นการศึกษาการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารเรียนที่มีห้องเรียนเป็นจำนวนมาก

[4] ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แหล่งความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องการประเมิน

[5] นายภาณุ สุวิชาเชิดชู ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้การศึกษาการประเมินศักยภาพการใช้งานระบบกักเก็บความเย็นด้วยน้ำในอาคาร ท. 101 กฟผ. สำนักงานใหญ่

[6] นายสุกิตติ์ อายุยืน สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศโดยการลดเอนทัลปีของอากาศ

[7] Olga V. Shepovalova*, Alexander T. Belenov **Investigation of DC Motors Mechanical Characteristics with Powered by Comparable Capacity PV Array ,** VIESH-RENEWABLE ENERGY SOURCES, 1-st Veshnyakovsky proezd. 2, Moscow, 109456, Russia

[8] Asmaa Ahmed M. El-Bahloul[a], Ahmed Hamza H. Ali[a,b], Shinichi Ookawara[c] **Performance and sizing of solar driven dc motor vapor compression refrigerator with thermal storage in hot arid remote areas** [a] Energy Resources Engineering Department, Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST), P.O. Box 179, New Borg El-Arab City, Alexandria 21934, Egypt; asmaa.elbahloul@ejust.edu.eg

[b] Director; Center of Research Excellence for Energy Resources and Management, Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST),

P.O. Box 179, New Borg El-Arab City, Alexandria 21934, Egypt; ahmed.hamza@ejust.edu.eg

[c] Department of Chemical Engineering, Graduate School of Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152-8552, Japan; sokawara@chemeng.titech.ac.jp

ETM 0014

Certificate
Of Appreciation

ME-NETT 2023
The 37th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand

การประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

ชุมพล กำเหนิดนนท์ และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว

เข้าร่วมนำเสนอบทความในหัวข้อ

ระบบทำน้ำเย็นพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อน
ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

วันที่ 25 - 28 กรกฎาคม 2566
ณ โรงแรมเดอะเบด เวเคชั่น ราชมังคลา อ.เมือง จ.สงขลา

(ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)
นายกสมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต)
ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน ME-NETT 2023

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายชุมพล กำเหนิดนนท์
วัน เดือน ปีเกิด	10 พฤษภาคม 2520
ที่อยู่	33/3 หมู่ 1 ตำบลบางใหญ่ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี 11140
การศึกษา	
พ.ศ. 2553	สำเร็จการศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.) สาขา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เบอร์โทรศัพท์	064-8419512
อีเมล์	k.chumphon@hotmail.com