

Proceedings



วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 6

The 6th Conference on Research and Creative Innovations

2020
C R C i

ONLINE

The 6th Conference on Research
and Creative Innovations



“...สู่วิจัยรับใช้สังคม สร้างสรรค์นวัตกรรม
ยกระดับคุณภาพชีวิตชุมชนท้องถิ่น อย่างยั่งยืน”

1

วิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

2-3 กันยายน 2563

การประชุมออนไลน์ ผ่านระบบ Microsoft Teams



สารบัญบทความ Session-1 (ENG) งานวิจัย ด้าน วิศวกรรม พลังงาน และเทคโนโลยี		
ลำดับ	ชื่อบทความ	หน้า
1	กระบวนการแยกกลินินจากฟางข้าวด้วยกระบวนการโซลโวเทอร์มอล เพื่อเปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลิก	1-10
2	การประยุกต์ใช้เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนแบบสายพานลำเลียง กรณีศึกษา: พืชอาหารสัตว์	11-19
3	การประยุกต์ใช้เก้าอี้ขานอ้อยทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในงานชั้นผิวทางคอนกรีต	20-28
4	การป้องกันและควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สาย แบบเหนี่ยวนำ	28-38
5	การพัฒนากระบวนการปรับสภาพต้นข้าวโพดด้วยวิธีน้ำร้อนความดันสูง ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อการผลิตไบโอเอทานอล	39-54
6	การพัฒนาเครื่องผสมและกลั่นน้ำมันไบโอดีเซลด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ	55-72
7	การพัฒนาถังขยะระบบอัจฉริยะ	73-80
8	การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแอกทิเวเต็ด สลัดจ์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel	81-92
9	การพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการพิจารณาทุนอุดหนุนการวิจัยภายในมหาวิทยาลัย โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ผ่านเว็บเทคโนโลยี	93-105
10	การพัฒนาสมการเส้นโค้งความเข้มข้น-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ สำหรับภาคเหนือตอนบนของ ประเทศไทย	106-114
11	การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบทำงานลำพังสำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นดิน	115-122
12	การรักษาระดับกำลังไฟฟ้าถ่ายโอนสูงสุดตามระยะห่างขดส่งและขดรับ ของระบบอัดประจุ แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าไร้สายแบบเหนี่ยวนำ	123-131
13	การรักษาระดับแรงดันของเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสำหรับระบบแสงสว่าง	132-139
14	การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบสูบน้ำระยะไกล ชุมชนบ้านห้วยต้า จังหวัดอุดรธานี	140-148
15	การศึกษาทดลองการตอบสนองด้านโหลดด้วยเทคนิคการควบคุมโหลดโดยตรงของระบบผลิต ไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์แบบมีแบตเตอรี่ระดับครัวเรือน	149-159
16	การศึกษาระบบระบายน้ำโดยโปรแกรม Storm and Sanitary Analysis	160-167
17	การศึกษาแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิพลาสมาสำหรับเครื่องสร้างพลาสมา	168-172
18	การศึกษาสารทำความเย็นที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศสำหรับกัญชา	173-182
19	การเสริมกำลังรับแรงเหวี่ยงของผนังเปลือกมวลเบาด้วยแถบไฟเบอร์กลาส	183-188
20	กำลังรับแรงอัดของวัสดุชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าทลายปาล์มน้ำมัน	189-199
21	การพัฒนาเครื่องคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	200-212

การศึกษาสารทำความเย็นที่เหมาะสมของระบบปรับอากาศสำหรับกัญชา
Study of Suitable Refrigerant of Air Conditioning System for Cannabis

วัชรระ กลั่นควัฒน์ นัฐพร ไชยญาติ^{1,3*} และปรีดา นาเทเวศน์^{2,3}

Watchara Klancoowat Nattaporn Chaiyat¹ and Preeda Nathewet²

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและเกษตรอัจฉริยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

¹ School of Renewable Energy, Maejo University ² Faculty of Agricultural Production, Maejo University

³ Excellence Center on Environmental Friendly Smart Agriculture and Renewable Energy Technology (ECOT), Maejo University

*E-mail: benz178tii@hotmail.com, +66(0) 882523088

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเลือกสารทำความเย็นที่เหมาะสมในระบบปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 1 TR (3.517 kW) สำหรับปลูกเพาะกัญชา โดยทำการเปรียบเทียบสารทำความเย็น 3 ชนิด คือ R-32 R-452B และ R-466A ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่อุณหภูมิของอากาศภายในห้องเพาะเลี้ยงอยู่ในช่วง 22-28 °C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50-55% โดยพิจารณาตัวแปรอันประกอบไปด้วย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคุณสมบัติทางกายภาพ มวลของสารทำความเย็นต่อปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ ปริมาณสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ จากผลการศึกษาพบว่า สารทำความเย็น R-32 มีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในระบบปรับอากาศสำหรับกัญชา เนื่องจากมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างน้อยที่ประมาณ 438.75 kg CO₂ eq/kg_{ref} มีคุณสมบัติการติดไฟต่ำ มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นประมาณ 7 มีปริมาณน้ำที่ได้จากการควบแน่นของระบบปรับอากาศประมาณ 18 l/day สามารถนำไปใช้เพาะปลูกกัญชาได้ 23 ต้น

คำสำคัญ: สารทำความเย็น, ระบบปรับอากาศ, ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

This research studies a suitable working fluid in air conditioning at a cooling capacity of 1 TR (3.517 kW) for planting cannabis. Three refrigerants of R-32 R-452B และ R-466A are considered under the operating conditions of air temperature in closed system at the ranges of 22-28 °C and relative humidity at the ranges of 50-55 % by considering 4 parameters of the environmental impact, physical property, mass of refrigerant per output heating capacity, mass of refrigerant in the air conditioning system and coefficient of performance (COP) respective. From the study results, R-32 refrigerant is the suitable working fluid in the cannabis closed system, because of carbon dioxide emission at a low value of approximately 438.75 kg CO₂ eq/kg_{ref}, low-flammability property, COP at a value of approximately 7, and condensed water from air conditioning system at a volume of approximately 18 l/day, which can be used to cannabis cultivate of 23 plants.

Keyword: Refrigerant, Air-conditioning system, Environmental impact

1. บทนำ

การเพาะปลูกกล้วยาในโรงเรือนเป็นวิธีการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตกล้วยาได้อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาของการปลูก โดยสำหรับการปลูกกล้วยาในโรงเรือน มีการนำระบบปรับอากาศเข้ามามีใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะปลูก ซึ่งในระบบปรับอากาศมีสารทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ จากนั้นสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อน เพื่อเข้าสู่กระบวนการทำความเย็นอีกครั้งได้โดยไม่เสื่อมสถานะ

ในการเลือกสารทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศสำหรับการปลูกพืช ควรคำนึงถึงด้านความปลอดภัยในการติดตั้ง ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสถานการณ์โลกในปัจจุบัน ได้เกิดภาวะโลกร้อนจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจก และที่สำคัญชั้นบรรยากาศโอโซนถูกทำลาย การเลือกใช้สารทำความเย็นจึงต้องพิจารณาถึงเรื่องนี้ด้วย

โดยในงานวิจัยของ Chaiyat and Kiatsiriroat (2015) ได้ทำการศึกษามรรณะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศโดยใช้สารทำความเย็น R-32 เทียบกับสารทำความเย็น R-410a ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า สารทำความเย็น R-32 สามารถทำความเย็นได้เร็วกว่าสารทำความเย็น R-410a โดยสมรรถนะการทำความเย็นของ R-32 สูงกว่า R-410a ทุกสภาวะ และสารทำความเย็น R-32 เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า R-410 ในงานวิจัยของ Taira et al. (2016) ได้ทำการศึกษามรรณะของปั๊มความร้อนโดยใช้สารทำความเย็น สารทำความเย็นผสมระหว่าง R-32/R-125/R-1234yf (67/7/26) และ R-32/R-1234ze(E) (70/30) เพื่อใช้ทดแทนสารทำความเย็น R-410a และ R-32 พบว่า สารทำความเย็นผสม R-32/R-125/R-1234yf สามารถทดแทนสารทำความเย็น R-410a และ R-32 ได้ แต่สัมประสิทธิ์สมรรถนะยังคงน้อยกว่าสารทำความเย็น R-32 ในงานวิจัยของ Dalkilic and Wongwises (2010) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิง

ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่มีสารทำความเย็นผสมอยู่บนพื้นฐานของ R-134a R-152a R-32 R-290 R-1290 R-1270 R-600 และ R-600a ที่อัตราส่วนต่าง ๆ และนำผลเปรียบเทียบกับสารทำความเย็น R-12 R-22 และ R-134a เพื่อเป็นทางเลือกทดแทนระบบทำความเย็นแบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่าสารทำความเย็นทางเลือกทั้งหมดนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะต่ำกว่า R-12 R-22 และ R-134a เล็กน้อยสำหรับอุณหภูมิการควบแน่นที่ 50 °C และอุณหภูมิระเหยอยู่ระหว่าง -30 ถึง 10 °C สารทำความเย็นผสมระหว่าง R-290/R-600a (40/60) สามารถแทนสารทำความเย็น R-12 ได้และ R-290/R-1270 (20/80) สามารถแทนสารทำความเย็น R-22 ได้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาทำแบบจำลองเลือกสารทำความเย็นของระบบปรับอากาศสำหรับปลูกกล้วยา และปริมาณน้ำที่ควบแน่นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการเพาะปลูกกล้วยา จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาจำลองการทำงานของสารทำความเย็น โดยพิจารณาเลือกสารทำความเย็นให้เหมาะสมกับระบบปรับอากาศสำหรับเพาะปลูกกล้วยา

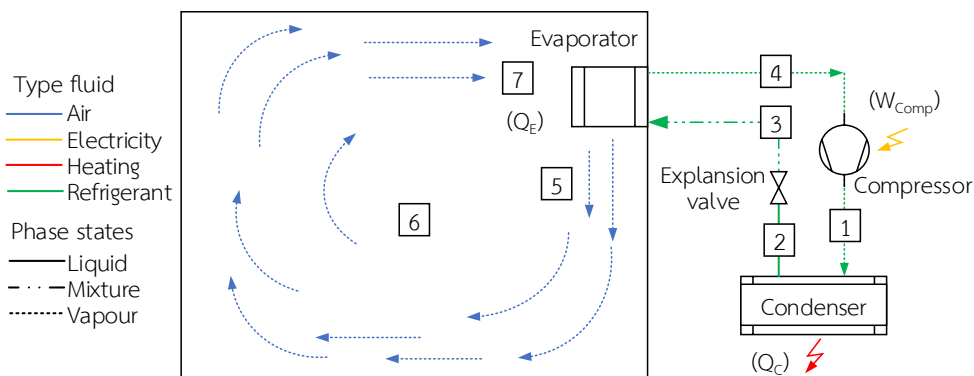
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบปรับอากาศสำหรับกล้วยา

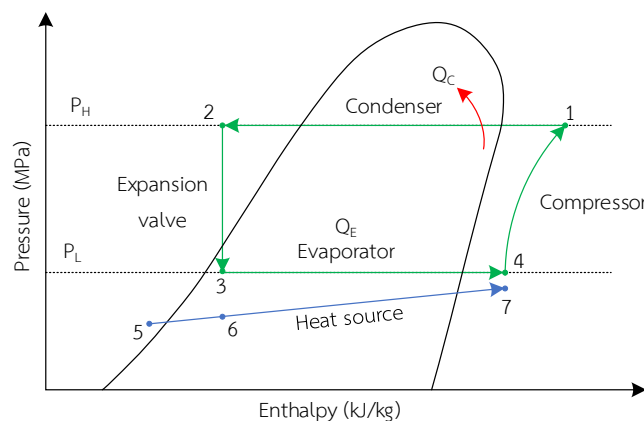
การปลูกกล้วยา เป็นรูปแบบการเกษตรภายในโรงเรือนหรือสิ่งปลูกสร้างที่ปกคลุมด้วยฉนวนกันความร้อนแบบทึบแสง และแสงเทียมประดิษฐ์ถูกใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการเจริญเติบโตของพืชเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เป็นปัจจัยหลักให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชในกลุ่มสมุนไพรที่ต้องควบคุมคุณภาพและลดความผันผวนผลผลิตได้ดีกว่าการเกษตรแบบดั้งเดิม [Kozai, 2013] [Niam et al., 2018] สำหรับการปลูกกล้วยาแบบปิดมีการนำระบบปรับอากาศมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนเพาะปลูก แสดงดังรูปที่ 1 และวัฏจักรการทำความเย็นแสดงดังรูปที่ 2

หลักการทำงานของระบบ คือ สารทำความเย็นสถานะไอในจุดที่ 1 มีอุณหภูมิและความดันสูงถูกส่งไปยังเครื่องควบแน่นด้วยเครื่องอัดไอ จากนั้นสารทำความเย็นสถานะไอที่มีอุณหภูมิสูงกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวและระบายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมที่เครื่องควบแน่นโดยมีความดันคงที่ในจุดที่ 2 จากนั้นสารทำความเย็นถูกลดความดันด้วยอุปกรณ์ลดความดันทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความดันลดลง เปลี่ยนสถานะกลายเป็นของผสมในจุดที่ 3 จากนั้นสารทำความเย็นเข้าสู่เครื่องระเหยเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศภายในห้องทำให้

สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอในจุดที่ 4 โดยอากาศในจุดที่ 5 มีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ เนื่องจากน้ำในอากาศ (ความชื้น) ถูกควบแน่นที่ผิวอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เกิดเป็นหยดน้ำทำให้อากาศมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง จากนั้นอากาศถูกส่งไปยังพื้นที่เพาะปลูกด้วยพัดลมในจุดที่ 6 เมื่ออากาศผ่านพืชส่งผลให้พืชมีการระเหยน้ำที่ผิวใบทำให้อากาศมีอุณหภูมิและความชื้นเพิ่มสูงขึ้นในจุดที่ 7 จากนั้นอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่เครื่องระเหยเพื่อระบายความร้อนออกจากระบบอีกครั้ง



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ



รูปที่ 2 แผนภาพความดันและเอนทัลปีของระบบปรับอากาศแบบอัดไอ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ แสดงดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ทำการเลือกสารทำความเย็น 3 ชนิด ที่มีศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ต่ำ มีผลกระทบต่อการทำลายชั้นโอโซน (Ozone Depletion Potential, ODP) เท่ากับ 0

และมีคุณสมบัติการติดไฟต่ำ เพื่อประยุกต์ร่วมกับระบบปรับอากาศสำหรับปลูกกล้วยใน

3.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายพฤติกรรมการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โปรแกรม Psychro logger [Chaiyat, 2019] และโปรแกรม Refprop 9.0 [NIST, 2018] แสดงดังรูปที่ 3 เพื่อวิเคราะห์ค่ามวลของสารทำ

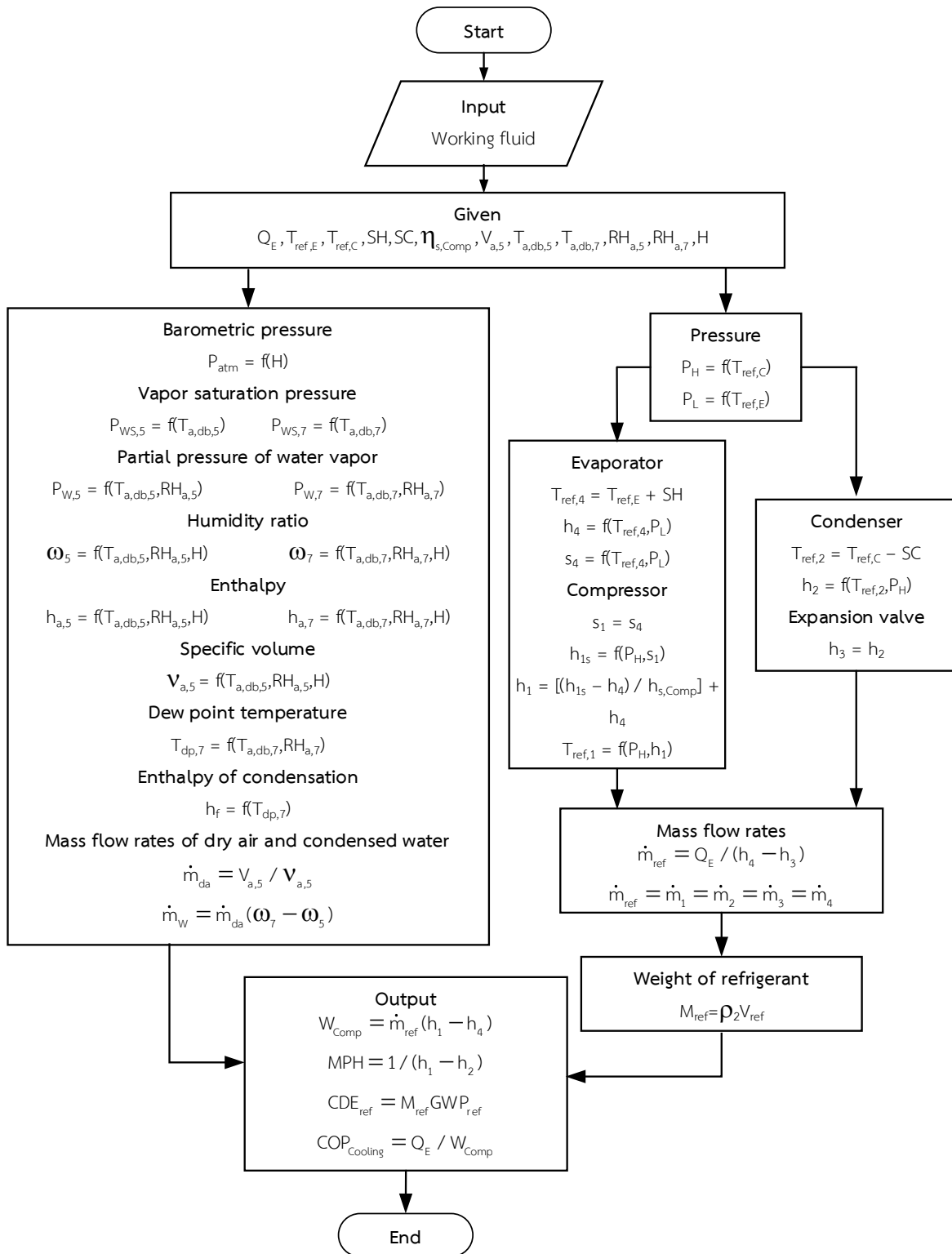
ความเย็นต่อปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ ปริมาณสารทำความเย็นในระบบ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปริมาณสารทำความเย็นในระบบ และสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ และกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นสำหรับการจำลองการทำงานของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่สภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเพาะปลูกกล้วยาใน ดังแสดงเงื่อนไขเริ่มต้นการจำลองในตารางที่ 1

3.3 นำผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเลือกสารทำความเย็นที่เหมาะสม มาทำการเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริงที่ได้จากการติดตั้งระบบปรับอากาศสำหรับเพาะปลูกกล้วยา

3.4 วิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ควบแน่นของระบบปรับอากาศ สำหรับใช้ในการเพาะปลูกจำนวนกล้วยาที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทำงานของระบบปรับอากาศสำหรับปลูกพืชกล้วยาใน [Chaiyat, 2019] [Jin et al., 2019]

รายละเอียด	ข้อมูล	หน่วย
อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศขาออก ($\dot{V}_{a,5}$)	0.182	m ³ /s
ความสูงจากระดับน้ำทะเล (H)	310	m
อุณหภูมิของอากาศแห้งขาเข้าเครื่องระเหย ($T_{a,db,E,7}$)	22-28	°C
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาเข้าเครื่องระเหย ($RH_{a,E,7}$)	55	%
อุณหภูมิของอากาศแห้งขาออกเครื่องระเหย ($T_{a,db,E,5}$)	12-22	°C
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออกเครื่องระเหย ($RH_{a,E,5}$)	50	%
อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย ($T_{ref,E}$)	0	°C
อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เครื่องควบแน่น ($T_{ref,C}$)	50	°C
ค่า Superheating (SH)	5	°C
ค่า Subcooling (SC)	5	°C
ความดันตกคร่อมของสารทำความเย็นในอุปกรณ์ต่าง ๆ (ΔP)	0	bar
ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกของเครื่องอัดไอ ($\eta_{s,Comp}$)	80	%



รูปที่ 3 แบบจำลองสมการคณิตศาสตร์ของระบบปรับอากาศ

4. ผลการวิจัย

4.1 การเลือกสารทำงานในระบบปรับอากาศ

จากตารางที่ 2 ผลการเลือกสารทำความเย็นที่เหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศเพื่อปลูกกล้วยใน คือ R-32 R-452b และ R-466a ที่มีศักยภาพก่อให้เกิดภาวะ

โลกร้อนค่อนข้างน้อย โดยสารทำความเย็น R-32 และ R-452b มีคุณสมบัติการติดไฟ

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของสารทำความเย็น

รายละเอียด	R-32 ¹	R-452b ²	R-466a ³
มวลโมเลกุล (kg/kmol)	52.03	63.5	80.7
อุณหภูมิวิกฤติ (°C)	78.11	77.1	83.8
ความดันวิกฤติ (MPa)	5.78	5.22	5.91
จุดเดือด (°C)	-51.65	-51.0	-51.7
กลุ่มความปลอดภัย	A2L	A2L	A1
ผลกระทบต่อชั้นโอโซน (ODP, R11-related)	0	0	0
ศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP, CO ₂ -100 y)	675	698	733

หมายเหตุ ¹อ้างอิงข้อมูลจาก ASHRAE (2009)

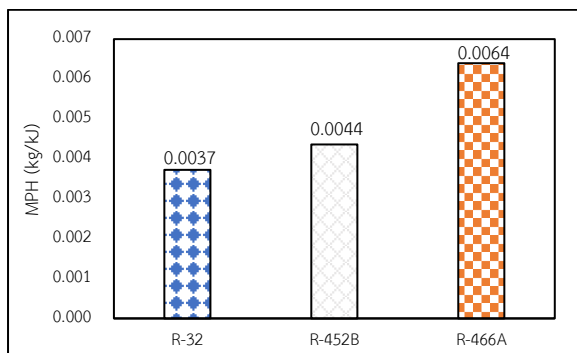
²อ้างอิงข้อมูลจาก Honeywell (2020)

³อ้างอิงข้อมูลจาก Atilla and Vedat (2020)

4.2 ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ในระบบปรับอากาศ

จากรูปที่ 4 แสดงถึงมวลของสารทำความเย็นต่อหน่วยความร้อนที่ผลิตได้ (Mass of refrigerant per unit heat output, MPH) จากปริมาณของสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบปรับอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน

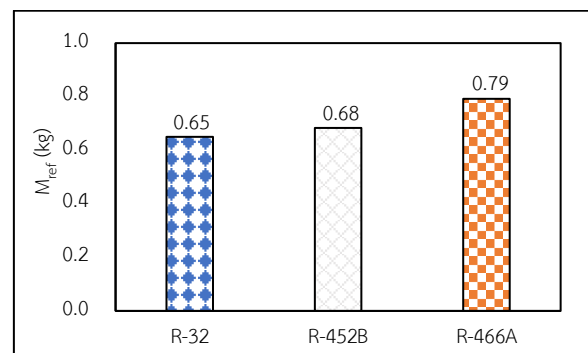
จะเห็นว่าสารทำความเย็น R-466a มีค่ามากที่สุดในระบบอยู่ที่ประมาณ 0.0064 kg/kJ เมื่อเทียบกับสารทำความเย็นชนิดอื่น หากมีค่าที่สูงซึ่งบ่งบอกถึงต้องใช้สารทำความเย็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้เครื่องอัดไอมีส่วนประกอบขนาดใหญ่และงานบีบอัดสูง ในขณะที่สารทำความเย็น R-32 มีค่าน้อยสุดอยู่ที่ประมาณ 0.0037 kg/kJ



รูปที่ 4 มวลของสารทำความเย็นต่อปริมาณ

ความร้อนที่ผลิตได้

จากรูปที่ 5 แสดงถึงปริมาณของสารทำความเย็น (Weight of refrigerant, M_{ref}) สำหรับบรรจู่ในระบบปรับอากาศ โดยความหนาแน่นของสารทำความเย็นแต่ละชนิดที่ทางออกของเครื่องควบแน่นมีความหนาแน่นสูงเนื่องจากมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ จากการจำลองพบว่าปริมาณสารทำความเย็น R-32 มีค่าต่ำสุดประมาณ 0.65 kg ในขณะที่สารทำความเย็น R-466a มีปริมาณสารมากที่สุดประมาณ 0.79 kg

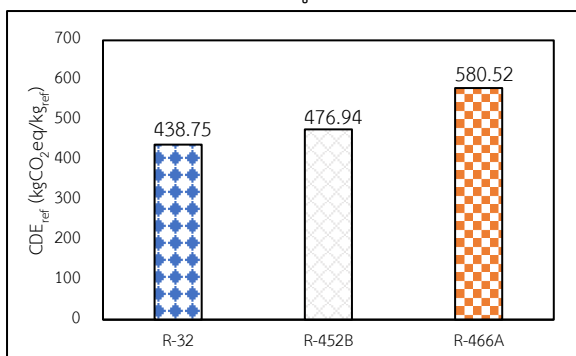


รูปที่ 5 ปริมาณสารทำความเย็นในระบบ

จากรูปที่ 6 แสดงผลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อมวลของสารทำความเย็น (Carbon dioxide emission per mass of refrigerant, CDE_{ref}) ที่

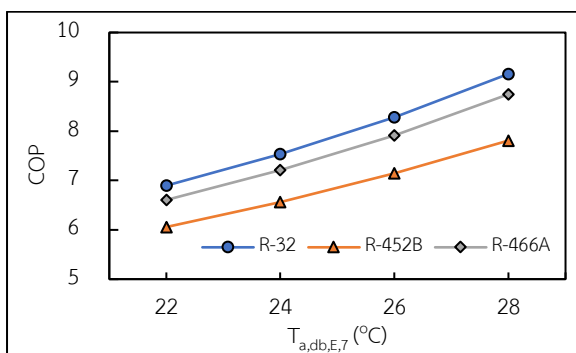
มีผลกระทบโดยตรงต่อศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ของสารทำความเย็นแต่ละชนิดในระยะเวลา 100 ปี หากเกิดการรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบตู้สิ่งแวดลอม

จากผลการจำลองการทำงานของสารทำความเย็นตามปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าสารทำความเย็น R-32 และ R-452b มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ยวกันสารทำความเย็น R-466a มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง



รูปที่ 6 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสารทำความเย็นแต่ละชนิด

จากรูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) การทำความเย็นของสารทำความเย็น สำหรับการทำความเย็นที่มีภาระการทำความเย็น 3.517 kW และอุณหภูมิภายในห้องเพาะปลูกพืชอยู่ระหว่าง 22-28 °C อุณหภูมิควบแน่นจากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นว่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของ R-32 สูงสุดในขณะที่ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของ R-452b นั้นต่ำที่สุด



รูปที่ 7 สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

จากผลการจำลองข้างต้น พบว่าสารทำความเย็น R-32 มีเหมาะสมสำหรับระบบปรับอากาศ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยสูงกว่าสารทำความเย็นชนิดอื่นรวมถึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

4.3 เปรียบเทียบผลการทดสอบของระบบปรับอากาศ

นำผลการจำลองทางคณิตศาสตร์มาขยายผล โดยทำการเลือกระบบปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R-32 ยี่ห้อ Daikin รุ่น Sabai inverter (FTKQ) ดังแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ในตารางที่ 3 มาทำการทดสอบที่เงื่อนไขการทำงานที่อุณหภูมิภายในห้องประมาณ 25 °C และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 30 °C

ตารางที่ 3 คำอธิบายส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

ส่วนประกอบ	รายละเอียด	
ความสามารถทำความเย็น	kW	3.5
	BTU/h	12,300
หน่วยภายใน (Fan coil unit)		
รุ่น	FTKQ12SV2S	
อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m ³ /min)	High	9.6
	Medium	8.1
	Low	6.7
ขนาด (H x W x D, mm)	285 x 770 x 223	
หน่วยภายนอก (Condensing unit)		
รุ่น	RKQ12SV2S	
ประเภทเครื่องอัดไอ	Hermetically sealed swing	
กำลังไฟฟ้าที่กำหนด (kW _e)	1.2	
ขนาด (H x W x D, mm)	550 x 658 x 275	

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบของระบบปรับอากาศ

รายละเอียด	ผลการจำลอง	ผลการทดสอบ
สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)	7.36	6.94

รายละเอียด	ผลการ จำลอง	ผลการ ทดสอบ
ปริมาณน้ำควบแน่น ($M_{W,AC}$ l/day)	18.742	18.302

จากผลการทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานของระบบปรับอากาศ พบว่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมีค่าใกล้เคียงประมาณ 7 โดยคิดประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกเท่ากับ 70% และประสิทธิภาพทางกลเท่ากับ 60% [Chaiyat, 2019] และมีปริมาณน้ำที่ควบแน่นของระบบปรับอากาศที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องประมาณ 55% ประมาณ 18.302 l/day หรือ 0.76 l/h ซึ่งใกล้เคียงกับผลการจำลองอีกด้วย

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ควบแน่นของระบบปรับอากาศ

จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำ 18.302 l/day โดยจะทำการรดน้ำต้นกล้วยทุก ๆ 3 day สามารถใช้ในการเพาะปลูกกล้วยได้ 23 ต้น ด้วยระบบแบบน้ำหยด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5 และรูปที่ 8

ตารางที่ 5 รายละเอียดของปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกกล้วย

รายการ	ข้อมูล
ปริมาตรความจุของกระถาง (m^3)	0.0106
ปริมาตรดินใส่ 90% ของปริมาตรกระถาง (m^3)	0.00954
สัดส่วนปริมาณน้ำต่อกระถางใช้ 25% ของปริมาตรดิน (l)	2.39
ความถี่ในการรดน้ำต่อครั้ง (day)	3
ปริมาณน้ำควบแน่นต่อวัน (l/day)	18.302
ปริมาณน้ำทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอด 3 day (l)	54.906
จำนวนต้นไม้ที่ประเมินได้ (plant)	23.02
จำนวนต้นไม้ที่เหมาะสม (plant)	23.00



รูปที่ 8 ระบบรดน้ำแบบหยดสำหรับเพาะปลูกกล้วย

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาเลือกสารทำความเย็นที่เหมาะสมในระบบปรับอากาศสำหรับเพาะปลูกกล้วย พบว่า

1. สารทำความเย็นที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่เลือกมาพิจารณามี 3 ชนิด คือ R-32 R-452B และ R-466A

2. สารทำความเย็น R-32 มีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในระบบปรับอากาศ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะประมาณ 7 และมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 438.75 kg CO₂ eq/kg_{ref}

3. ปริมาณน้ำที่ได้จากการควบแน่นของระบบปรับอากาศประมาณ 18 l/day และความถี่การรดน้ำทุก ๆ 3 day จะมีปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นประมาณ 54.91 l สามารถรดน้ำต้นกล้วยได้ 23 ต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” ห้องวิจัยการออกแบบและเทคโนโลยีด้านอุณหภูมิ และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและเกษตรอัจฉริยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่มอบทุนการสนับสนุนสำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

Atilla G. D. and Vedat O. (2020). Energetic performance analysis of R466A as an

- alternative to R410A in VRF systems. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.04.003>
- ASHRAE Handbook fundamentals, 2009. Properties of refrigerant.
- Chaiyat, N. and Kiatsiriroat, T. (2010). Recovering and Upgrading Waste Heat of Air-Conditioner by Combining R-123 Vapor Compression Heat Pump. The 9th National Conference on Heat and Mass Transfer in Thermal Equipments. 1-4.
- Chaiyat, N. and Kiatsiriroat, T. (2014). Study on Thermal Performance of R-32 Air-conditioner. Engineering Journal Chaing Mai University, Vol.22, No.2, pp.38-46
- Chaiyat, N. (2019). *Thermal Renewable Energy Technology*. Chaing Mai, Thailand: Maejo University.
- Cho, I. Y., Seo, H., Kim, D and Kim, Y. (2016). Performance comparison between R410A and R32 multi-heat pumps with a sub-cooler vapor injection in the heating and cooling modes. Energy, 112, 179-187. doi: 10.1016/j.energy. 2016.06.069
- Dalkilic, A.S. and Wongwises, S. (2010). A performance comparison of vapour-compression refrigeration system using various alternative refrigerants. International Communications in Heat and Mass Transfer, 37: 1340–1349.
- Honeywell. Solstice L41y (R-452B). <https://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/solstice-l41y/>. Accessed date: 20 August 2020.
- Jin, D., Jin, S.X. and Chen, J. (2019). Cannabis Indoor Growing Conditions, Management Practices, and Post-Harvest Treatment: A Review. American Journal of Plant Sciences, 10, 925-946. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.106067>.
- Kozai, T. (2013). Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept estimation and application to plant factory. Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci, 89(10): 447–461. doi: 10.2183/pjab.89.447
- Konghuayrob, S. and Khositkullaporn, K. (2016). Performance Comparison of R32, R410A and R290 Refrigerant in Inverter Heat Pumps Application. International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue. <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2576&context=iracc>.
- Liu H., Ma G., Shao S and Fan B. (2018). Performance investigation on refrigeration and air conditioning systems with multi-evaporator. Sustainable Cities and Society. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.021>.
- NIST (National institute of standards and technology), Inc. (2018). Refprop version 10: Customer number 40754, Thermodynamic properties of refrigerants and refrigerant mixtures software, America.
- Migneco, A. I. and Farrugia, M. (2019). EXPERIMENTAL COMPARISON OF THE REFRIGERATION PERFORMANCE OF R32 AND R410A IN FULL AND PARTIALLY FILLED CONDITIONS. https://www.researchgate.net/publication/334697112_EXPERIMENTAL_EVALUATION_OF_REFRIGERATION_PERFORMANCE_OF_DEGASSING_AND_REGASSING_OF_AN_INVERTER_DRIVEN_R410A_SYSTEM.
- Özkan, D., Agra, Ö. and Cetin, Ö. (2007). A comparison between refrigerants used in air

conditioning. Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8439.pdf>

- Taira, S., Haikawa, T. and Minamida, T. (2016). Evaluation of Performance of Heat Pump using R32 and HFO-mixed Refrigerant by Refrigeration Cycle Simulation and Loss analysis. International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 1737. <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1737>
- Washim, A., Rifatul, M., Murad, H., Rashedul, I. and Sirajul, K. C. (2018). Recycling of Condensed Water from an Air Conditioning Unit. doi: 10.1109/IC4ME2.2018.8465612

8. รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

CDE	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO ₂ eq/100 y)
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ
H	ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (m)
h	เอนทัลปี (kJ/kg)
M	มวล (kg)
$\dot{m}$	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)
P	ความดัน (kPa)
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน (kW)
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
S	เอนโทรปี (kJ/kg K)
SC	Sub-cooling (°C)
SH	Superheating (°C)
T	อุณหภูมิ (°C)
V	ปริมาตร (m ³)
W	กำลังงาน (kW)

ตัวกรีก

η	ประสิทธิภาพ (%)
ω	อัตราส่วนความชื้น (kg _w /kg _a)

ρ	ความหนาแน่น (kg/m ³)
v	ปริมาตรจำเพาะ (m ³ /kg)
ตัวย่อ	
a	Air
AC	air conditioner
amb	Ambient
C	Condenser
Comp	Compressor
da	Dry air
db	Dry bulk
dp	Dew point
E	Evaporator
H	High
L	Low
ref	Refrigerant
s	Isentropic
W	Water