



ศึกษาม่านอากาศของตู้เย็นแบบเปิดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของห้องเย็น
A Study of The Open Refrigerator Air Curtain to Improve Cold Storage Energy Efficiency

ภีม พงศ์สุพัฒน์

Peem Pongsupat

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Energy Technology

Prince of Songkla University

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ศึกษาม่านอากาศของตู้เย็นแบบเปิดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของห้องเย็น
A Study of The Open Refrigerator Air Curtain to Improve Cold Storage Energy Efficiency

ภิรม พงศ์สุพัฒน์

Peem Pongsupat

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษิตตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Energy Technology
Prince of Songkla University

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ศึกษาผ่านอากาศของผู้เขียนแบบเปิดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้
พลังงานของห้องเย็น
ผู้เขียน นายกิม พงศ์สุพัฒน์
สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทกานต์ ทวีกุล)

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทกานต์ ทวีกุล)

.....กรรมการ
(ดร.กิตตินันท์ มลิวรรณ)

.....กรรมการ
(ดร.สมชาย แซ่อึ้ง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสว่าง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทกานต์ ทวีกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายกิม พงศ์สุพัฒน์)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายภิรม พงศ์สุพัฒน์)

นักศึกษา

| | |
|-----------------|---|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | ศึกษาม่านอากาศของผู้เย็นแบบเปิดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของห้องเย็น |
| ผู้เขียน | นายกิม พงศ์สุพัฒน์ |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีพลังงาน |
| ปีการศึกษา | 2564 |

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับการจำลองการแทรกซึมของอากาศอุ่นของห้องเย็นจากการนำม่านอากาศประยุกต์ใช้กับห้องเย็น โดยการเปรียบเทียบกันระหว่างห้องเย็นที่ไม่ติดตั้งม่านอากาศ กับม่านอากาศที่ใช้กริวทั่วไปและม่านอากาศที่ใช้กริวรังผึ้ง ใช้ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C ประตูห้องเย็นมีขนาด $200 \times 100 \text{ m}^2$ ติดตั้งม่านอากาศเหนือประตูห้องเย็น 5 cm ความเร็วลมที่ปล่อยออกจากช่องของม่านอากาศอยู่ที่ 6.5 m/s ทำการทดลองจริงเพื่อหา Air change โดยทำการวัดอุณหภูมิ, ความชื้นและความเร็วลมบริเวณด้านหน้าห้องเย็นห่างจากแนวลมของม่านอากาศ 30 cm เฉลี่ย 5 จุด บริเวณภายในห้องเย็นห่างจากแนวลมของม่านอากาศ 30 cm เฉลี่ย 5 จุด และได้ทำการวัดความเร็วลมสูงจากพื้น 50 cm ห่างจากแนวลมของม่านอากาศ 10 cm , 20 cm , 30 cm ตามลำดับ ทั้งด้านในและด้านนอกห้องเย็น พบว่ามีการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศอยู่ที่ 0.015 kWh ส่วนแบบกริวรังผึ้งมีการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศอยู่ที่ 0.007 kWh ซึ่งแบบกริวรังผึ้งสามารถป้องกันการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศได้ดีกว่า 46.66% แบบกริวทั่วไปมีการกระจายลมออกทางด้านข้างอยู่ที่ 1.012 m/s ส่วนแบบกริวรังผึ้งมีการกระจายลมออกทางด้านข้างอยู่ที่ 0.525 m/s ซึ่งแบบกริวรังผึ้งมีการกระจายของลมน้อยกว่า 51.87% หลังจากทดลองด้วยการวัดจริงแล้วจึงได้ทำการจำลองการแทรกซึมของอากาศอุ่นด้วย Solidwork 2022 จำลองลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องเย็นและทิศทางการไหลของอากาศ จากผลการทดลองเปรียบเทียบกริวลมพบว่ามีความแตกต่างของการแทรกซึมของอากาศอุ่น โดยกริวรังผึ้งจะช่วยลดปั่นป่วนของอากาศภายในห้องเย็นได้มากกว่าแบบกริวทั่วไปจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องเย็นมีความสม่ำเสมอมากกว่า และยังสามารถป้องกันการรั่วอากาศภายในห้องเย็นได้ดีกว่า 10.62%

| | |
|----------------------|--|
| Thesis Title | A Study of The Open Refrigeratorair curtainto Improve Cold Storage Energy Efficiency |
| Author | Mr.Peem Pongsupat |
| Major Program | Energy Technology |
| Academic Year | 2021 |

ABSTRACT

The purpose of this research is to present a warm air infiltration simulation for a cold room, considering the effects of an air curtain. At present, there exist a large number of retail businesses, operating within an industry entailing high investment and competition. Therefore, retail operators must distinguish factors that are essential to lowering their costs, one of which is energy reduction. A survey of energy consumption in stores found that most used energy is due to the cooling system. Therefore, we tested the protection of cold rooms against air inflow by conducting three simulations: 1. Without an air curtain; 2. using an air curtain having a common grille; and 3. using an air curtain with a honeycomb grille. The cold room temperature was set to 1°C , the cold room door was $200 \times 100 \text{ m}^2$, and the air curtain was installed 5 cm above the cold room door; furthermore, the velocity of air emitted from the air curtain was 6.5 m/s. Warm air infiltration simulations were carried out using Solidworks flow simulation software, in order to determine the temperature change in the cold room and the airflow direction. From the result of the comparative experiments, when using the different wind grilles, there were differences in the infiltration of warm air. The honeycomb grille reduced air turbulence in the cold room more effectively than the common grille. As a result, the temperature in the cold room was consistent, and the temperature inside the cold room was maintained 10.62% lower when using a honeycomb grille compared to a common grille.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทกานต์ ทวี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำข้อคิดเห็นตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดี โดยตลอด ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, ดร.กิตตินันท์ มลิวรรณ และ ดร.สมชาย แซ่ฮึ้ง คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้แนวคิดและคำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะณัฐ แสงสีเขียว หัวหน้าแผนกวิจัยและพัฒนา บริษัทชันโย เอส เอ็ม ไอ จำกัด ที่คอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจในทุกเรื่องจนบรรลุลงานวิจัยได้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตลอดจนให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณผู้จัดการโลตัสสาขารามอินทรา 109 ที่ให้ใช้สถานที่ในการศึกษาวิจัยโครงการในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้วิชาความรู้ รวมถึงบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนในการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือประสานงานให้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดเหนือสิ่งอื่นใด บิดา มารดา และคนในครอบครัว ผู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุน ช่วยเหลือในทุกด้าน จนกระทั่งประสบความสำเร็จได้ในทุกวันนี้ ขอขอบพระคุณที่ท่านให้การอบรมสั่งสอน และสนับสนุนในทุกกิจกรรมมาตลอด

กิม พงศ์สุพัฒน์

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| สารบัญ | viii |
| รายการของตาราง | x |
| รายการของรูปภาพ | xi |
| รายการของตัวย่อและสัญลักษณ์ | xvii |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมา | 1 |
| 1.2 เหตุผลในการทำวิจัย | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| 1.5 การจัดทำงานวิจัย | 3 |
| 2. ทบทวนวรรณกรรม | 4 |
| 2.1 การใช้พลังงานในประเทศไทย | 4 |
| 2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับม่านอากาศ | 4 |
| 2.3 ระบบการทำความเย็น | 9 |
| 3. ระเบียบวิธีวิจัย | 15 |
| 3.1 ทำการทดสอบการแทรกซึมของอากาศอุ่นด้วยการวัดผลจริง | 16 |
| 3.1.1 ขอบเขตทางเรขาคณิต | 16 |
| 3.1.2 ภาระการทำความเย็นจากการถ่ายเทของอากาศ | 17 |
| 3.1.3 การกระจายตัวของอากาศ | 19 |
| 3.1.4 ข้อมูลของม่านอากาศ | 21 |
| 3.1.6 แผนผังขั้นตอนการทดสอบ | 24 |
| 3.2 ทำการสร้างแบบจำลองการไหลของอุณหภูมิและความเร็วลมภายในห้องเย็นด้วย CFD | 25 |
| 3.2.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข | 25 |
| 3.2.2 ขอบเขต , เงื่อนไขเบื้องต้นและการจำลอง | 26 |
| 3.2.3 ความเป็นอิสระของตาข่าย | 27 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 3.2.4 แผนผังขั้นตอนการทำแบบจำลอง | 31 |
| 4. ผลลัพธ์ | 32 |
| 4.1 การทดสอบเพื่อหาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างประตูห้องเย็น | 32 |
| 4.1.1 พฤติกรรมการแทรกซึมผ่านม่านอากาศ | 32 |
| 4.1.2 การกระจายตัวของม่านอากาศภายในห้องเย็น | 37 |
| 4.2 แบบจำลอง CFD ภายในห้องเย็น | 39 |
| 4.2.1 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยไม่มีม่านอากาศและ FCU | 39 |
| 4.2.2 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยไม่มีม่านอากาศ | 44 |
| 4.2.3 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป | 52 |
| 4.2.4 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยมีม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง | 62 |
| 5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 72 |
| 5.1 บทสรุป | 72 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 73 |
| Referance | 74 |
| ภาคผนวก ก | 79 |
| ภาคผนวก ข | 84 |
| ภาคผนวก ค | 96 |
| ประวัติผู้เขียน | 104 |

รายการของตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับม่านอากาศ | 12 |
| ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ | 23 |
| ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลอง | 29 |
| ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทำแบบจำลอง | 30 |
| ตารางที่ 4.1 ตัวแปรสำหรับการแลกเปลี่ยนของอากาศโดยใช้กริวทั่วไป | 33 |
| ตารางที่ 4.2 ตัวแปรสำหรับการแลกเปลี่ยนของอากาศโดยใช้กริวรังผึ้ง | 34 |
| ตารางที่ 4.3 การกระจายตัวของลม | 37 |
| ตารางที่ 4.4 แบบจำลองผลลัพธ์ของห้องเย็นโดยไม่มีทำงานของ FCU และม่านอากาศ | 40 |
| ตารางที่ 4.5 แบบจำลองผลลัพธ์ของห้องเย็นโดยไม่มีการทำงานของม่านอากาศ | 45 |
| ตารางที่ 4.6 แบบจำลองผลลัพธ์ของห้องเย็นด้วยม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป | 53 |
| ตารางที่ 4.7 แบบจำลองผลลัพธ์ของห้องเย็นด้วยม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง | 63 |

รายการของรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในร้านสะดวกซื้อในประเทศไทยได้วัน | 1 |
| รูปที่ 2.1 การไหลของลมของตู้แช่แบบเปิด | 5 |
| รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบม่านอากาศภายในตู้แช่แบบเปิด | 6 |
| รูปที่ 2.3 (a) ม่านอากาศแบบไม่มีแถบนำทางอากาศ, (b) ม่านอากาศแบบมีแถบนำทางอากาศแบบที่มีแถบนำทางอากาศจะทำให้ม่านอากาศแข็งแรงกว่า | 6 |
| รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบการใช้ม่านอากาศในความเร็วลมที่แตกต่างกัน | 7 |
| รูปที่ 2.5 (a) การกระจายของอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นเมื่อไม่มีม่านอากาศ (b) การกระจายอุณหภูมิภายในตัวรถบรรทุกห้องเย็นด้วยความเร็วลมม่านอากาศ 5.4 m/s | 7 |
| รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบความเร็วลมเมื่อติดตั้งม่านไว้ด้านในและด้านนอก (a) 1 m/s และ (b) 2 m/s | 7 |
| รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบการทำมุมของกริวม่านอากาศ (a) 0° และ (b) 10° | 7 |
| รูปที่ 2.8 ระบบทำความเย็น | 9 |
| รูปที่ 3.1 (a) ลักษณะของห้องเย็น (b) ลักษณะของห้องเย็น | 16 |
| รูปที่ 3.2 จุดวัดอุณหภูมิ, ความชื้นและความเร็วลม | 17 |
| รูปที่ 3.3 แผนภูมิไซโครเมตริก | 18 |
| รูปที่ 3.4 จุดวัดความเร็วลม | 19 |
| รูปที่ 3.5 แผนภูมิ P-h น้ำยา R404A | 20 |
| รูปที่ 3.6 (a) กริวทั่วไป, (b) กริวรังผึ้ง | 22 |
| รูปที่ 3.7 วงจรการเดินสายไฟของฟร็อกซิมีดีส์วิตช์ | 23 |
| รูปที่ 3.8 แบบจำลองพื้นที่ห้องเย็น | 25 |
| รูปที่ 3.9 ทิศทางการไหลของอากาศผ่านม่านอากาศ | 26 |
| รูปที่ 3.10 ทิศทางการไหลของอากาศผ่าน FCU | 26 |
| รูปที่ 3.11 ภาพถ่ายทั่วไปสำหรับห้องเย็น | 27 |
| รูปที่ 3.12 ภาพถ่ายสำหรับพื้นที่กริว | 28 |
| รูปที่ 3.13 ภาพถ่ายเฉพาะสำหรับห้องเย็น | 28 |

รายการของรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 3.14 ภาพถ่ายสำหรับม่านอากาศในสภาวะคงที่ | 29 |
| รูปที่ 4.1 จุดวัดอุณหภูมิ , ความชื้นและความเร็วลม | 32 |
| รูปที่ 4.2 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยใช้กริวทั่วไป | 33 |
| รูปที่ 4.3 ความชื้นของห้องเย็น โดยใช้กริวทั่วไป | 34 |
| รูปที่ 4.4 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยใช้กริวรังผึ้ง | 35 |
| รูปที่ 4.5 ความชื้นของห้องเย็น โดยใช้กริวรังผึ้ง | 35 |
| รูปที่ 4.6 เครื่องสำหรับวัดความเร็วลม | 37 |
| รูปที่ 4.7 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยม่านอากาศและ FCU ไม่ทำงาน | 39 |
| รูปที่ 4.8 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยม่านอากาศและ FCU ไม่ทำงาน | 39 |
| รูปที่ 4.9 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (a) 0 วินาที (b) 100 วินาที | 41 |
| รูปที่ 4.10 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (c) 200 วินาที (d) 300 วินาที | 41 |
| รูปที่ 4.11 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (a) 0 วินาที (b) 100 วินาที | 42 |
| รูปที่ 4.12 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (c) 200 วินาที (d) 300 วินาที | 42 |
| รูปที่ 4.13 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (a) 0 วินาที (b) 100 วินาที | 43 |
| รูปที่ 4.14 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (c) 200 วินาที (d) 300 วินาที | 43 |
| รูปที่ 4.15 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยที่ม่านอากาศไม่ทำงาน | 44 |

รายการของรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 4.16 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยที่ม่านอากาศไม่ทำงาน | 44 |
| รูปที่ 4.17 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที | 46 |
| รูปที่ 4.18 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 46 |
| รูปที่ 4.19 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 47 |
| รูปที่ 4.20 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที | 48 |
| รูปที่ 4.21 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 5 นาที | 48 |
| รูปที่ 4.22 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นด้วยม่านอากาศกริวทั่วไป (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที | 49 |
| รูปที่ 4.23 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที | 50 |
| รูปที่ 4.24 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 50 |
| รูปที่ 4.25 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที | 51 |

รายการของรูปภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 4.26 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยมีมันอากาศชนิดกริวทั่วไป | 52 |
| รูปที่ 4.27 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยมีมันอากาศชนิดกริวทั่วไป | 52 |
| รูปที่ 4.28 ดาข่ายสำหรับมันอากาศในสภาวะคงที่ กริวทั่วไป | 54 |
| รูปที่ 4.29 พื้นที่ดาข่ายของกริวทั่วไปในสภาวะคงที่ | 54 |
| รูปที่ 4.30 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (a) 100 วินาที (b) 5 นาที | 55 |
| รูปที่ 4.31 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 55 |
| รูปที่ 4.32 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (e) 30 นาที (f) 45 นาที | 56 |
| รูปที่ 4.33 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (g) 30 นาที (h) สภาวะคงที่ | 56 |
| รูปที่ 4.34 การจำลองสภาวะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (a) 100 วินาที (b) 5 นาที | 57 |
| รูปที่ 4.35 การจำลองสภาวะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 57 |
| รูปที่ 4.36 การจำลองสภาวะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (e) 30 นาที (d) 45 นาที (c) 60 นาที | 58 |
| รูปที่ 4.37 การจำลองสภาวะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยมันอากาศกริว ทั่วไป (h) สภาวะคงที่ | 59 |

รายการของรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

| | |
|---|----|
| รูปที่ 4.38 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว ทั่วไป (a) 0 นาที (b) 5 นาที (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 60 |
| รูปที่ 4.39 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว ทั่วไป (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที (h) สภาวะคงที่ | 61 |
| รูปที่ 4.40 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป | 62 |
| รูปที่ 4.41 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป | 62 |
| รูปที่ 4.42 ภาพถ่ายสำหรับม่านอากาศในสภาวะคงที่ของกริวรังผึ้ง | 64 |
| รูปที่ 4.43 ภาพถ่ายบริเวณพื้นที่กริวรังผึ้ง | 64 |
| รูปที่ 4.44 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวรัง ผึ้ง (a) 100 วินาที (b) 5 นาที | 65 |
| รูปที่ 4.45 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวรัง ผึ้ง (c) 10 นาที (d) 15 นาที | 65 |
| รูปที่ 4.46 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวรัง ผึ้ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที | 66 |
| รูปที่ 4.47 การจำลองสภาวะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริวรัง ผึ้ง (g) 60 นาที (h) สภาวะคงที่ | 66 |
| รูปที่ 4.48 การจำลองสภาวะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว รังผึ้ง (a) 100 วินาที (b) 5 นาที | 67 |

รายการของรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

- รูปที่ 4.49 การจำลองสถานะของความเร็วมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (a) 10 นาที (b) 15 นาที
67
- รูปที่ 4.50 การจำลองสถานะของความเร็วมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที
68
- รูปที่ 4.51 การจำลองสถานะของความเร็วมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (h) สถานะคงที่
69
- รูปที่ 4.52 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (a) 0 นาที (b) 5 นาที (c) 10 นาที (d) 15 นาที
70
- รูปที่ 4.53 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที (h) สถานะคงที่
71

รายการของตัวย่อและสัญลักษณ์

| | |
|----------------------------------|---|
| FCU | = Fan coil unit |
| Q | = Volume flow rate [m^3/s] |
| $Q_{\text{Evap.}}$ | = Energy output [W] |
| Q_{Air} | = Energy transferred in air [W] |
| $Q_{\text{กริวทั่วไป}}$ | = Energy transferred in air curtain with common grille [W] |
| $Q_{\text{กริวรังผึ้ง}}$ | = Energy transferred in air curtain with honeycomb grille [W] |
| $W_{\text{Comp.}} = (h_2 - h_1)$ | = Electrical input [W] |
| A | = Cross-sectional area of the air outlet point [m^2] |
| V | = Velocity [m/s] |
| h | = Enthalpy [kJ/Kg] |
| h_o | = Enthalpy outdoor [kJ/Kg] |
| h_i | = Enthalpy indoor [kJ/Kg] |

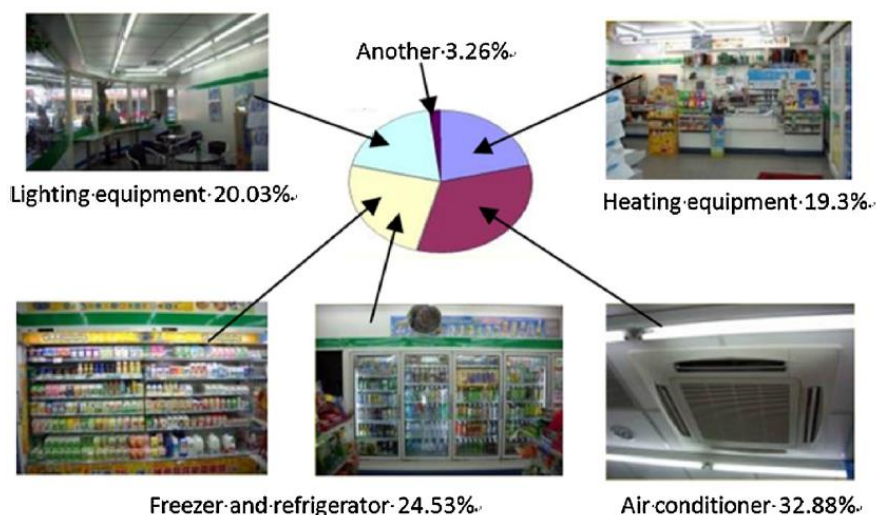
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่มีการแข่งขันสูงและมีต้นทุนสูงตามมาด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะต้นทุนด้านพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นเพื่อถนอมอาหารนั้นเป็นต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเป็นอันดับแรกของร้านค้าเลยทีเดียว จึงได้มีการวิจัยที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในด้านการทำความเย็นเกิดขึ้นมากมายเช่น การพัฒนาสารทำความเย็นเพื่อให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน [1,2,3,4] การพัฒนาประตูกะจกสำหรับตู้แช่แบบเปิดเพื่อการประหยัดพลังงาน [5] การทำม่านอากาศ 2 ชั้นในตู้แช่หน้าเปิด [6] การนำคอมพิวเตอร์ digital scroll มาใช้งานเพื่อลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลง [7] จากรูปที่ 1 เป็นการทดสอบโดยเก็บผลการใช้พลังงานของร้านค้า 30 แห่งในประเทศไทยได้หวั่น [8] ซึ่งสาเหตุที่ทำให้มีการใช้พลังงานสูงในระบบการทำความเย็นนั้นมีด้วยกันหลายสาเหตุ อาจเกิดจากผนังที่เป็นฉนวนไม่ดี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดความร้อนภายในห้องเย็น หรือการแทรกซึมของอากาศอุ่นจากภายนอก เป็นต้น

Ratio-of-load-equipment-capacity.



รูปที่ 1.1 สัดส่วนการใช้พลังงานในร้านสะดวกซื้อในประเทศไทยได้หวั่น [7]

จากที่ได้เห็นสัดส่วนการใช้พลังงานในรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าระบบการทำความเย็นเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงเป็นอันดับสองของร้านค้า โดยห้องเย็นก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบทำความเย็นด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะลดต้นทุนจากการใช้พลังงานโดยการใช่ม่านอากาศในการลดการสูญเสียความเย็นจากการเปิดประตู โดยที่ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสินค้าที่แช่อยู่ภายใน

ห้องเย็น สินค้าที่แช่อยู่ในห้องเย็นก็นั้นจำเป็นต้องแบ่งตามอุณหภูมิเพื่อให้เหมาะสมกับสินค้า ปัจจุบันนั้น ห้องเย็นในโลตัสจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วงอุณหภูมิ ดังนี้ 1) อุณหภูมิ (8 ถึง 10°C) ห้องในความเย็นระดับนี้จะแช่สินค้าประเภทผักและผลไม้เช่น ผักกาด ผักบุ้ง เห็ด ส้ม เงาะ องุ่น เป็นต้น 2) อุณหภูมิ (1 ถึง 3°C) ห้องในความเย็นระดับนี้จะแช่สินค้าประเภทเนื้อสัตว์ น้ำ เช่น หมู ไก่ วัว ปลา กุ้ง ปู ไข่กรอก แสม น้ำเปล่า น้ำผลไม้ นม เป็นต้น 3) อุณหภูมิ (-25 ถึง -23°C) ห้องในความเย็นระดับนี้จะแช่สินค้าประเภทอาหารแช่แข็ง มักจะเป็นอาหารสำเร็จรูป เช่น ไอศกรีม ไข่ทอด เฟรนฟราย ปลาหมึก กุ้ง กี๋ว เป็นต้น

1.2 เหตุผลในการทำวิจัย

ร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ในไทยนั้น แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ 1.Department Store 2.Discount Store 3.Supermarket ซึ่งจำนวนร้านค้าปลีกขนาดใหญ่เหล่านี้มีจำนวนมากกว่า 1000 แห่ง ในปี 2018 และยังเพิ่มขึ้นทุกปี เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีการใช้พลังงานสูงขึ้น ในด้านของการทำความเย็น เนื่องจากร้านค้าปลีกเหล่านี้จำเป็นต้องมีห้องเย็นสำหรับการแช่อาหารเป็นส่วนหนึ่งของร้านค้าที่ใช้พลังงานสูงเป็นอันดับต้นๆ โดยสาเหตุหนึ่งเกิดจากการสูญเสียความเย็นจากการเปิดประตูห้องเย็น ซึ่งอาจทำให้ได้รับความร้อนจากภายนอกมากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานในการทำความเย็นมากขึ้นเพื่อสู้คืนอุณหภูมิที่สูญเสียไป จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า การแทรกซึมของอากาศร้อนผ่านประตูห้องเย็นโดยประมาณคิดเป็นครึ่งหนึ่งของภาระการทำความเย็นทั้งหมดในห้องเย็น [9]

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการใช้ม่านรีวิมาคิดเหลือประตูเพื่อลดการแทรกซึมของอากาศร้อน แต่เนื่องจากเป็นม่านกั้นประตูจึงทำให้เป็นอุปสรรคในการขนถ่ายสินค้า สกปรกง่าย และต้องได้รับการบำรุงรักษาเป็นประจำเพราะม่านรีวิมีลักษณะอันเกิดจากการขนถ่ายสินค้า [9] จึงควรใช้ม่านอากาศในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศร้อน [11] ซึ่งเมื่อติดตั้งม่านอากาศแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 48% [12]

ม่านอากาศที่ใช้กริวลมแบบทั่วไปนั้นอาจทำให้อากาศที่ออกมามีการกระจายตัวได้มากกว่า เนื่องจากไม่สามารถจัดระเบียบลมที่ออกมาได้ดีอาจทำให้ประสิทธิภาพของม่านอากาศลดลง จากที่กล่าวมาจึงได้เกิดเป็นการทดลองโดยนำกริวแบบรังผึ้งมาใส่แทนกริวธรรมดา เพื่อช่วยจัดระเบียบลมก่อนออกจากกริวและเพิ่มประสิทธิภาพของม่านอากาศ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เป้าหมายของงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์กริวดของม่านอากาศแบบทั่วไปเปรียบเทียบกับม่านอากาศแบบรังผึ้ง เพื่อดูว่าม่านอากาศที่ใช้กริวดแบบรังผึ้งนั้นสามารถทำให้ลมที่เป่าออกมานั้นมีความเป็นระเบียบ และกระจายตัวน้อยกว่าม่านอากาศแบบธรรมดา ซึ่งจะทำให้ม่านอากาศมีประสิทธิภาพในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศร้อนมากยิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองเพื่อลดการแทรกซึมของอากาศอุ่นที่เข้ามาในห้องเย็น โดยการนำม่านอากาศที่เป็นกริวดชนิดรังผึ้งมาทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับกริวดชนิดทั่วไป และเปรียบเทียบกับห้องเย็นที่ไม่มีม่านอากาศ ทำการเก็บค่าอุณหภูมิ, ความชื้นและความเร็วลมเพื่อหาค่าการแลกเปลี่ยนของอากาศ จากนั้นจะเพิ่มการจำลองทิศทางการไหลของอุณหภูมิและความเร็วลมด้วย CFD จากโปรแกรม Solidwork 2022 เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.5 การจัดทำงานวิจัย

บทที่ 2 เน้นการทบทวนวรรณกรรม เช่นการใช้พลังงานภายในประเทศ การลดพลังงานของระบบทำความเย็นในร้านค้าปลีก การติดตั้งม่านอากาศเพื่อลดการสูญเสียพลังงานของห้องเย็นจากการแทรกซึมของอากาศอุ่นผ่านประตู การใช้ CFD ในการดูทิศทางการไหลของลมจากม่านอากาศ ในบทที่ 3 อธิบายถึงวิธีการในการศึกษา อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความดัน และความเร็วลม, โปรแกรมที่ใช้ในการทำแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบม่านอากาศที่ใช้กริวดแบบทั่วไปกับกริวดแบบรังผึ้ง ในบทที่ 4 ผลการทดลอง ในบทที่ 5 เปรียบเทียบสรุปผลการทดสอบระหว่างม่านอากาศที่ใช้กริวดแบบทั่วไปกับกริวดแบบรังผึ้ง โดยการคำนวณการถ่ายเทของอากาศและการใช้พลังงานของห้องเย็น

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

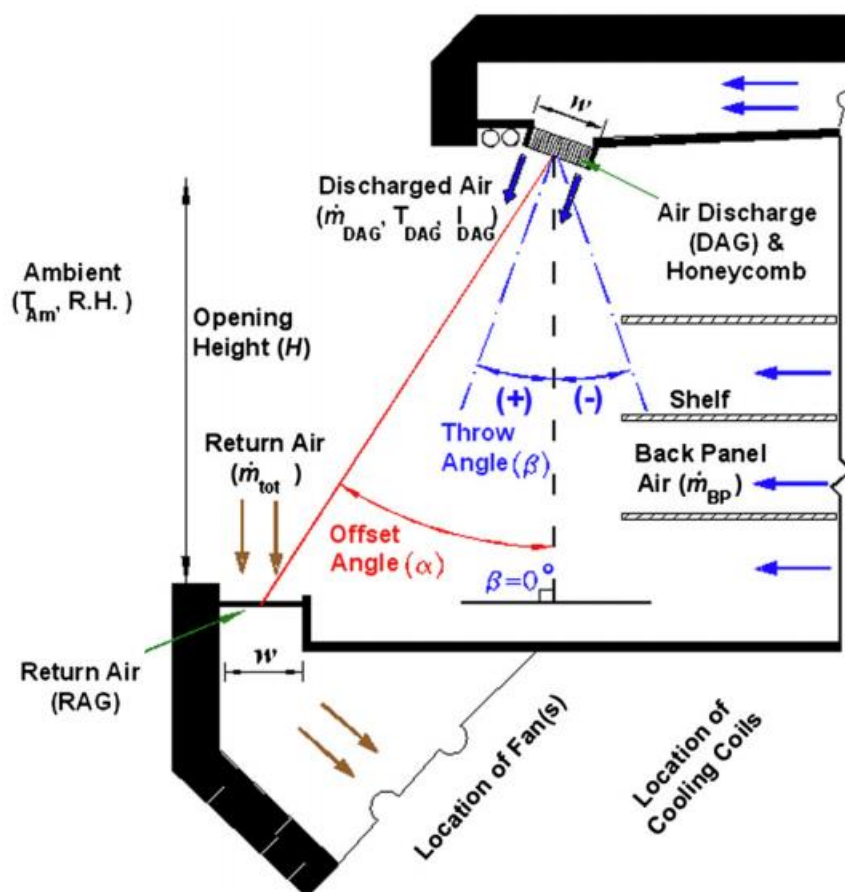
2.1 การใช้พลังงานในประเทศไทย

พลังงานเป็นพื้นฐานสำคัญของทุกชีวิต การอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นทางหนึ่งที่คุณควรจะทำ ถึงแม้จะดูเป็นเรื่องเล็กน้อย แต่เมื่อมีหนึ่งคนทำ ขยายไปเป็นระดับองค์กร ย่อมส่งผลกระทบต่อประเทศ การใช้พลังงานของร้านค้า 30 แห่ง ในประเทศไทยได้พบว่าอันดับที่ 1 เป็นการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 32.88% อันดับที่ 2 คือระบบทำความเย็น คิดเป็นร้อยละ 24.53 อันดับที่ 3 คือระบบแสงสว่าง คิดเป็นร้อยละ 20 อันดับที่ 4 คือระบบฮีตเตอร์ที่ให้ความร้อนแก่อาหาร คิดเป็นร้อยละ 19.3% และอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 3.26% [8]

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับม่านอากาศ

งานวิจัยเกี่ยวกับม่านอากาศนั้นได้แสดงให้เห็นแล้วว่าได้มีการแก้ไขและพัฒนาประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นภายนอกห้องเย็นให้ได้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นความเหมาะสมด้านตำแหน่งในการติดตั้ง ความเร็วลม หรือองศาของลม เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น เปรียบเทียบระหว่างการติดและไม่ติดม่านอากาศบนรถบรรทุกห้องเย็น [13,14] เมื่อติดตั้งม่านอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 48% [7], ความเร็วของม่านอากาศที่เหมาะสมกับประตูสูง 2 m ในช่วง 30 วินาทีแรกคือ 5 m/s [10], เปรียบเทียบตำแหน่งการติดตั้งม่านอากาศระหว่างด้านในและด้านนอกรถบรรทุกห้องเย็น ในการติดตั้งม่านอากาศด้านนอกจะให้ผลที่ดีกว่าด้านในเพียงเล็กน้อย [15], ศึกษามุมของกริลล์ม่านอากาศระหว่าง 0° และ 10° การทำมุมของกริลล์ให้หันออกหน้าห้อง 10° ที่ความเร็วลม 4 m/s จะช่วยประหยัดพลังงานได้ดีกว่า 17.6% [16], ที่ความสูง 1200mm ของหน้าต่างความเร็วลมที่ 2.6 m/s จะทำให้ม่านอากาศไม่แตก [17], การนำม่านอากาศมาใช้เพื่อป้องกันความเย็นภายในอุโมงค์ [18] ศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งม่านอากาศของห้องเย็น ประตูสูง 1.36 m ที่ม่านอากาศความเร็ว 3 m/s มุม 0° ในระยะเวลาประตูเปิด 30s แนวช่องม่านอากาศไม่ได้โค้งเข้าไปในห้องเย็น [9,19], ศึกษาการแทรกซึมของอากาศในตู้แช่หน้าเปิด การแทรกซึมของอากาศอุ่นมาจาก ความเร็วลม, มุมของลม, ความสูง [20], การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตู้แช่หน้าเปิดที่ปล่อยออกมาจากม่าน ไม่ส่งผลกระทบต่อ การแทรกซึมของอากาศอุ่น [21], เปรียบเทียบการไหลของม่านอากาศแบบที่มีและไม่มีแถบนำทางอากาศในตู้แช่หน้าเปิดผลคือแบบมีแถบนำทาง

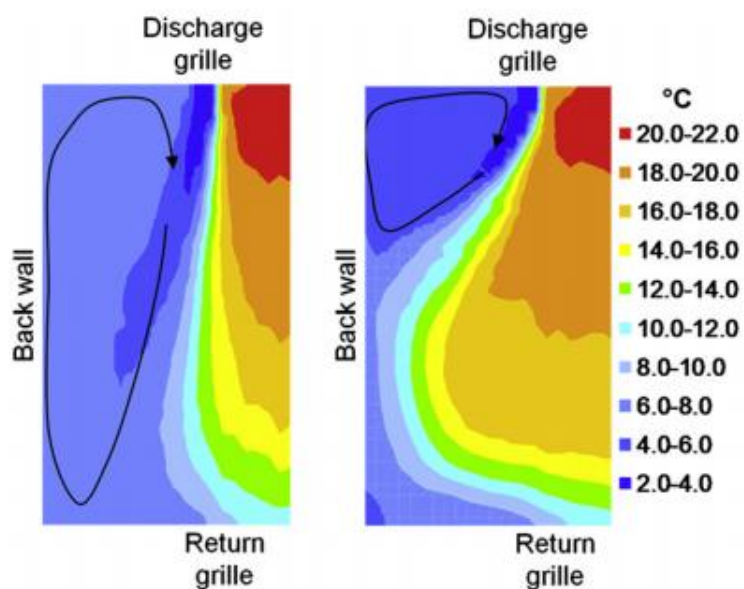
อากาศอุณหภูมิเฉลี่ยลดลงจาก 4.7°C เป็น -0.2°C พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นลดลง 34% [15], การทดสอบการสูญเสียความเย็นที่เกิดจากการเปิดประตูห้องเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมควรใช้ ม่านอากาศในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่น [12], การนำม่านอากาศมาใช้ในการป้องกันฝุ่น [19,22,23], นำม่านอากาศมาใช้กับห้างและอาคาร [24,25], และป้องกันละอองเชื้อโรคได้ [26]



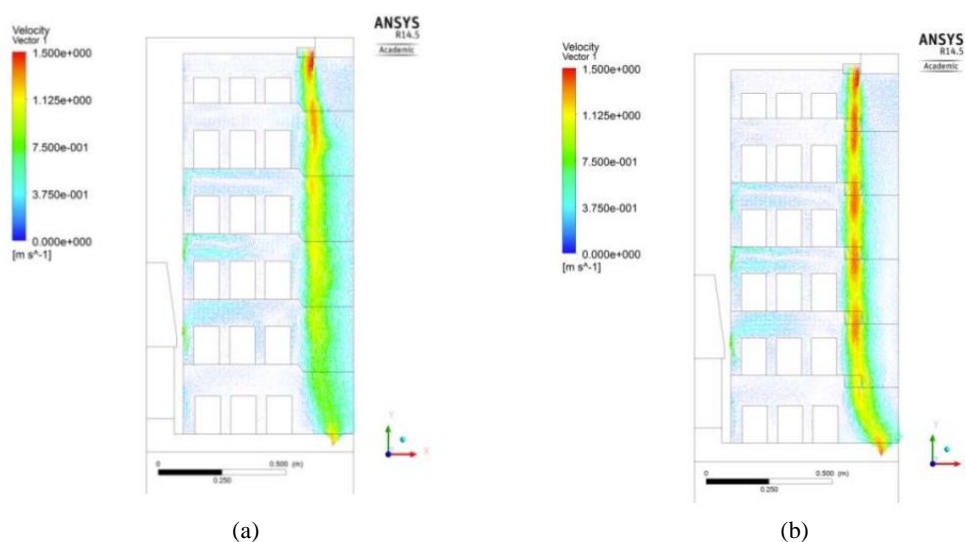
รูปที่ 2.1 การไหลของลมของตู้แช่แบบเปิด [20]

จากรูปที่ 2.1 ตู้แช่แบบเปิดนั้นเป็นตู้แช่เชิงพาณิชย์ที่มีหลักการป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยม่านอากาศ กล่าวคือลมจะถูกดูดด้วยพัดลมทางช่องลมกลับด้านล่างตู้แช่ จากนั้นจะไหลผ่านคอยล์เย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน ลมจะไหลต่ำไปตามผนังหลังตู้แช่โดยผนังหลังจะมีการเจาะรูเพื่อให้ลมเย็นไหลออกมาทำอุณหภูมิให้กับตู้แช่ได้ ต่อมาลมก็จะไหลไปยังเพดานตู้และไหลออกผ่านช่องลมเป่าลงไปยังช่องลมดูดซึ่งจะมีสถานะเป็นม่านอากาศไปในตัว โดยก่อนที่ลมจะออกจากช่องลมเป่านั้น จะมีรังผึ้งซึ่งจะช่วยให้การจัดระเบียบของลมก่อนออกจากช่องลมเป่าเพื่อให้ลมที่ออกมานั้นมีความราบเรียบมากยิ่งขึ้นส่งผลทำให้ม่านอากาศมีความแข็งแรงขึ้นเช่นกัน

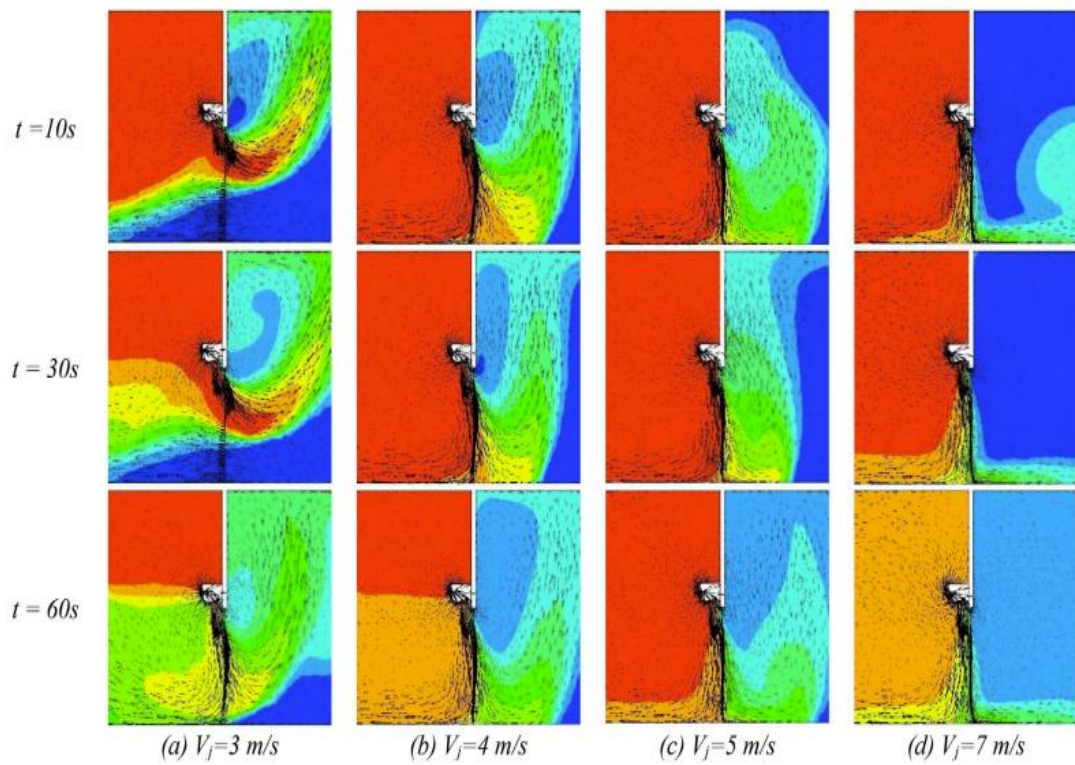
จากเหตุการณ์นี้ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะนำความสามารถของรังผึ้งภายในตู้เซไปประยุกต์ใช้กับม่านอากาศโดยการทำกริดของม่านอากาศให้มีความสามารถในการจัดระเบียบลมก่อนเป่าออกมาเพื่อเสริมให้ม่านอากาศมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น



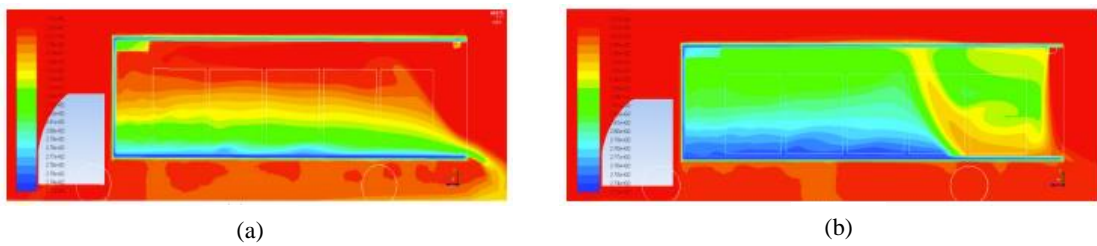
รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบม่านอากาศภายในตู้เซแบบเปิด [11]



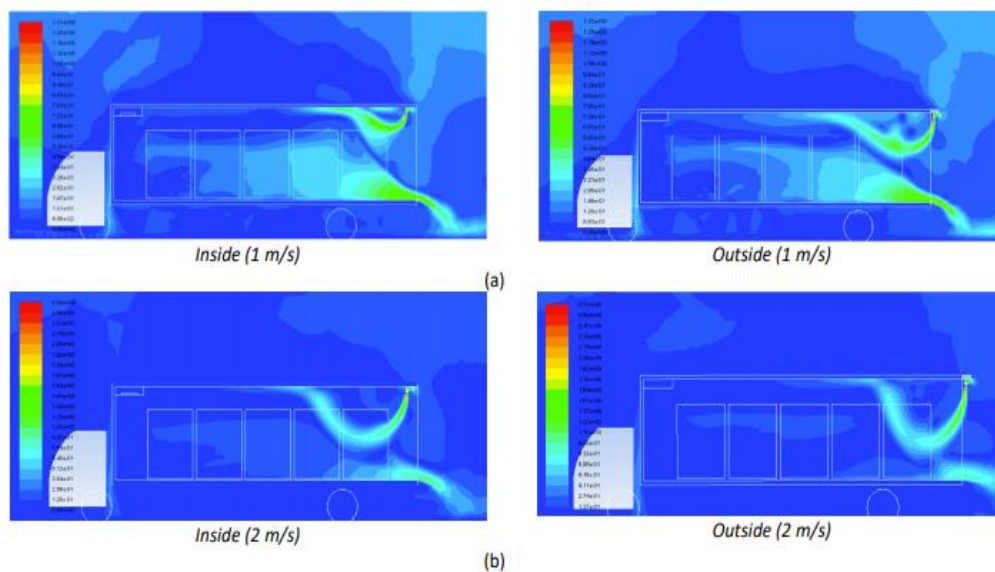
รูปที่ 2.3 (a) ม่านอากาศแบบไม่มีแถบนำทางอากาศ, (b) ม่านอากาศแบบมีแถบนำทางอากาศแบบที่มีแถบนำทางอากาศจะทำให้ม่านอากาศแข็งแรงกว่า [17]



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบการใช้มันอากาศในความเร็วลมที่แตกต่างกัน [27]

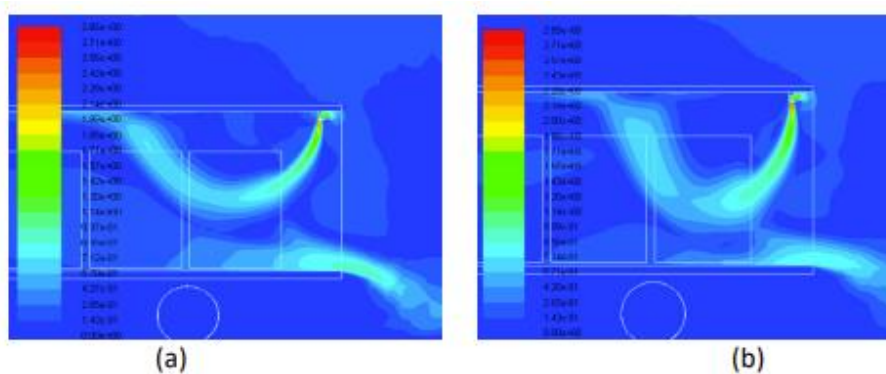


รูปที่ 2.5 (a) การกระจายของอนุภาคนอกในตัวรถบรรทุกห้องเย็นเมื่อไม่มีมันอากาศ (b) การกระจายอนุภาคนอกในตัวรถบรรทุกห้องเย็นด้วยความเร็วมันอากาศ 5.4 m/s [12]



รูปที่ 2.6 เปรียบเทียบความเร็วลมเมื่อติดตั้งม่านไว้ด้านในและด้านนอก (a) 1 m/s และ (b) 2 m/s [15]

จาก รูปที่ 2.6 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการป้องกันอากาศอุ่นจากภายนอกของม่านอากาศที่ติดตั้งไว้ด้านนอกนั้นดีกว่าม่านอากาศที่ติดตั้งไว้ด้านใน เนื่องจากอากาศอุ่นจากภายนอกจะปะทะกับม่านอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายนอกก่อนที่จะเข้ามาในตัวรถห้องเย็น

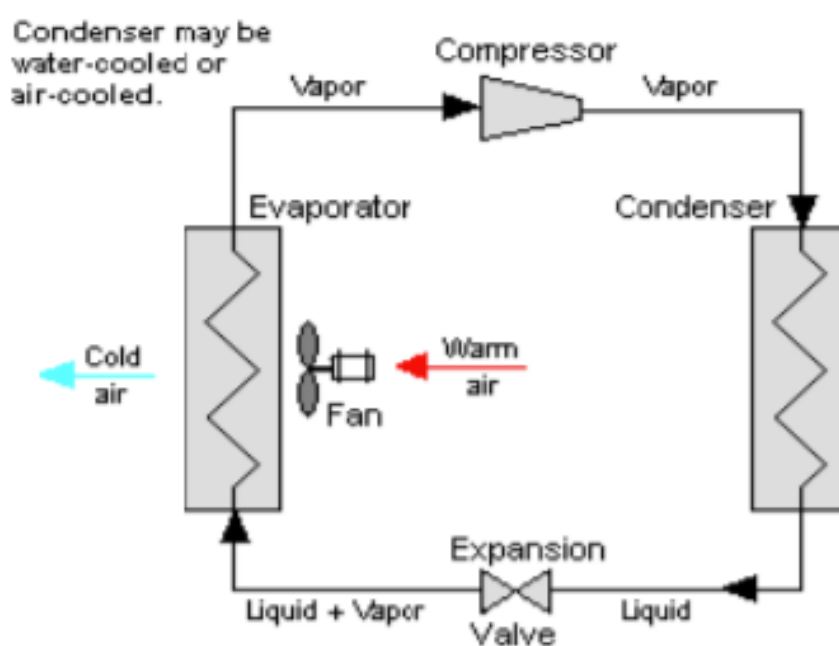


รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบการทำมุมของกริวม่านอากาศ (a) 0° และ (b) 10° [16]

จาก รูปที่ 2.7 สรุปได้ว่าการใช้องศากริวที่ 10° ดีกว่า 0° เนื่องจากอากาศอุ่นมีแรงดันที่ดันเข้ามาจากภายนอก หากทำการเอียงกริว ออกด้านนอก 10° จะช่วยลดการดันเข้าของอากาศจากภายนอกได้ดียิ่งขึ้น

จาก รูปที่ 2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6 จะเป็นการแสดงผลลัพธ์โดยการใช้ CFD เพื่อให้เห็น อุณหภูมิและทิศทางการไหลของอากาศได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น มีการใช้ CFD ในการนำเสนอ ผลงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่นมีการจำลองการระบายความร้อนด้วยม่านอากาศเชิงเคราะห์ [28] เพื่อให้ เห็นภาพการถ่ายเทความร้อนที่ชัดเจนมากขึ้น หรือจะเป็นการทดลองเซลล์เชื้อเพลิงโซลิดออกไซด์ ที่มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูงจึงต้องใช้การจำลองด้วยการคำนวณของไหลแบบไดนามิกเข้า ช่วย เช่น ภาพรวมของแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในเซลล์เชื้อเพลิงโซลิดออกไซด์ [29] ทั้งนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงการไหลภายในท่อ เช่น การไหลของก๊าซในท่อส่งก๊าซที่ยากต่อ การเข้าถึง [30] สามารถทำให้เห็นประสิทธิภาพของแอร์ฟอยล์ [31] สามารถจำลองของไหลเพื่อ ตรวจสอบประสิทธิภาพของ double-stage Savonius rotor [32] นอกจากนี้ยังใช้ CFD เพื่อกำหนด ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งไฮโดรฟอยล์สำหรับเรือ [33] หรือเพื่อให้เห็นภาพการถ่ายเท ความร้อนภายในท่อ [34] ดังนั้น นักวิจัยจึงใช้ CFD อย่างกว้างขวางสำหรับการวิจัยการจำลอง เพื่อให้การทดสอบที่ง่ายและแม่นยำยิ่งขึ้น

2.3 ระบบทำความเย็น



รูปที่ 2.8 ระบบทำความเย็น

จาก รูปที่ 2.8 ระบบทำความเย็นนั้นจะทำการการดูดเอาความร้อนจากในบริเวณที่ต้องการ เปลี่ยนเป็นความเย็นไปทดแทนในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น โดยมีอุปกรณ์พื้นฐานอยู่ 5 ชนิด ดังนี้

2.3.1 Evaporator หรือ คอยล์เย็น

Evaporator (คอยล์เย็น) เป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคู่ไปกับสารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์ โดยทำให้สารทำความเย็นเดือดจนมีสถานะกลายเป็นไอและสามารถดูดซับความร้อนจากพื้นผิวของคอยล์เย็นได้

2.3.2 Compressor หรือ เครื่องอัดไอ

เมื่อสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นไอไหลออกมาจากคอยล์เย็น จะมีความดันต่ำและมีสถานะเป็นไอของสารทำความเย็นจากการอุณหภูมิต่ำสูงมากเพราะสถานะเป็นไอของสารทำความเย็นดูดซับความร้อนจากอากาศโดยรอบที่ไหลผ่าน และจะไหลต่อไปยังเครื่องอัดไอได้ดี หน้าที่ของเครื่องอัดไอคือการดูดเอาสารทำความเย็นในรูปแบบที่เป็นไอ มาอัดให้มีความดันที่สูงขึ้นก่อนที่จะส่งไปควบแน่นต่อที่คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน

2.3.3 Condenser หรือ คอยล์ร้อน

สารทำความเย็นเมื่อเดินทางออกจากเครื่องอัดไอแล้วจะมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง Condenser (คอยล์ร้อน) จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นเพื่อช่วยควบแน่นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอให้กลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง

2.3.4 Expansion Valve หรือ วาล์วลดความดัน

Expansion Valve (วาล์วลดความดัน) คือ ส่วนสุดท้ายของการทำความเย็นมีหน้าที่เพื่อช่วยทำให้ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงของสารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอยล์ร้อนหรือ Condenser จะไหลผ่านวาล์วลดความดัน ซึ่งจะปรับลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลงส่งผลให้สารทำความเย็นพร้อมที่จะระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำ ณ อุปกรณ์ถัดไปซึ่งก็คือคอยล์เย็น

2.3.5 Refrigerant หรือ สารทำความเย็น

Refrigerant (สารทำความเย็น) เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนสถานะไปมาจากของเหลวไปเป็นไอและจากไอกลายเป็นของเหลวได้ง่าย เมื่อสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอจะดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงเข้ามา ณ คอยล์เย็น และคายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวอีกครั้ง ณ คอยล์ร้อน คุณสมบัติของสารทำความเย็นจะต้องมีเสถียรภาพที่ดีและใช้ได้นานโดยประสิทธิภาพของสารทำความเย็นนั้นไม่ลดลง มีราคาถูก พาคความร้อนได้มาก ไม่ติดไฟ ไม่

ระเบิด ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหล่อลื่น ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ มีปริมาตรของแก๊สต่อหน่วยน้ำหนักน้อยและใช้แรงอัดให้เป็นของเหลวต่ำ [1]

ตารางที่ 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับม่านอากาศ

| No. | Document title | Research | Result | Authors | Year |
|-----|--|--|--|---|------|
| 1. | Numerical investigation of the protective mechanisms of air curtain in a refrigerated truck during door openings | เปรียบเทียบระหว่างการติดและไม่ติดม่านอากาศบนรถบรรทุกห้องเย็น | เมื่อติดตั้งม่านอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 48% | Rai, A., Sun, J., Tassou, S.A. | 2019 |
| 2. | Parametric study on the performance of an air curtain based on CFD simulations - New proposal for automatic operation | ทดสอบความเร็วลมเทียบระยะเวลาของม่านอากาศหน้าห้องเย็น | ความเร็วของม่านอากาศที่เหมาะสมกับประตูสูง 2 m ในช่วง 30 วินาทีแรกคือ 5 m/s | Gonçalves, J.C., Costa, J.J., Lopes, A.M.G. | 2019 |
| 3. | Three-dimensional investigation on the positioning of air curtain on its effectiveness in refrigerated vehicles used for food distribution | เปรียบเทียบตำแหน่งการติดตั้งม่านอากาศระหว่างด้านในและด้านนอกรถบรรทุกห้องเย็น | ในการติดตั้งม่านอากาศด้านนอกจะให้ผลที่ดีกว่าด้านในเพียงเล็กน้อย | Rai, A., Sun, J., Tassou, S.A. | 2019 |

| | | | | | |
|----|--|--|---|---|------|
| 4. | Numerical investigation into the influence of air curtain discharge angles in refrigerated trucks | ศึกษามุมของกริด ม่านอากาศ ระหว่าง 0° และ 10° | การทำมุมของกริดให้หันออก หน้าห้อง 10° ที่ ความเร็วลม 4 m/s จะช่วย ประหยัด พลังงาน ได้ ดีกว่า 17.6% | Rai, A., Sun, J., Tassou, S.A. | 2019 |
| 5. | Development of a stability model for a vertical single band recirculated air curtain sealing a refrigerated cavity | ศึกษาม่านอากาศ แบบหมุนเวียน ของตู้แช่ประเภท Open Showcase | ที่ความสูง 1200mm ของ หน้าเปิดตู้ ความเร็วลมที่ 2.6 m/s จะทำ ให้ม่านอากาศ ไม่แตก | Hammond, E., Quarini, J., Foster, A. | 2011 |
| 6. | Three-dimensional effects of an air curtain used to restrict cold room infiltration | ศึกษาตำแหน่งที่ เหมาะสมในการ ติดตั้งม่านอากาศ ของห้องเย็น | ประตูสูง 1.36 m ที่ม่านอากาศ ความเร็ว 3 m/s มุม 0° ใน ระยะเวลา ประตูเปิด 30s แนวช่องม่าน อากาศไม่ได้ โต้จ่อเข้าไป ในห้องเย็น | Foster, A.M., Swain, M.J., Barrett, R., Ketteringham, L.P., James, S.J. | 2007 |
| 7. | Comprehensive study on the effects of fluid dynamics of air curtain and geometry, on | ศึกษาการแทรก ซึมของอากาศในตู้ แช่ Open Showcase | การแทรกซึม ของอากาศอุ่น มาจาก ความเร็วลม, มุม | Amin, M., Dabiri, D., Navaz, H.K. | 2011 |

| | | | | | |
|-----|--|---|---|-------------------------------------|------|
| | infiltration rate of open refrigerated cavities | | ของลม, ความสูง เป็นต้น | | |
| 8. | Effects of secondary variables on infiltration rate of open refrigerated vertical display cases with single-band air curtain | ศึกษาการแทรกซึมของอากาศในตู้แช่ หน้าเปิด โดยใช้อุณหภูมิและความชื้นของม่านเป็นตัวแปร | การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาจากม่านไม่ส่งผลต่อการแทรกซึม | Amin, M., Dabiri, D., Navaz, H.K. | 2012 |
| 9. | CFD comparisons of open-type refrigerated display cabinets with/without air guiding strips | เปรียบเทียบการไหลของม่านอากาศแบบที่มีและไม่มีแถบนำทางอากาศในตู้แช่ หน้าเปิด | อุณหภูมิตู้เฉลี่ยลดลงจาก 4.7°C เป็น -0.2°C พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นลดลง 34% | Sun, J., Tsamos, K.M., Tassou, S.A. | 2017 |
| 10. | Experimental determination of cold loss caused by opening industrial cold-room doors. International Journal of Refrigeration | การทดสอบการสูญเสียความเย็นที่เกิดจากการเปิดประตูห้องเย็นในโรงงานอุตสาหกรรม | ให้ใช้ม่านอากาศในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่น | Azzouz A, Gosse J, Duminil M. | 1992 |
| 11. | Air Leakage through Horizontal Air Curtains - an Experimental Study | ศึกษาการรั่วไหลของอากาศผ่านม่านอากาศแนวนอนแบบเป่า 2 ด้าน | ม่านอากาศ 2 ด้านทำให้ความหนาแน่นอากาศลดลง 10% | Valkeapaa A, Siren K, Raappana I. | 2017 |

จาก ตารางที่ 2.1 ได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับม่านอากาศมากมาย ม่านอากาศเหล่านี้มีหน้าที่เป็นตัวกั้นอุณหภูมิ, ความชื้น, ฝุ่นละออง, เชื้อโรค และอื่นๆ โดยม่านอากาศติดผนังที่นำมาใช้กับห้องเย็นเพื่อป้องกันการไหลเข้าของอากาศอุ่นนั้น ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการทดสอบเกี่ยวกับกริวชนิดรังผึ้งที่มีคุณสมบัติในการรีดอากาศให้มีความราบเรียบเลย ทางผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะนำกริวแบบรังผึ้งมาทดสอบเปรียบเทียบกับกริวแบบธรรมดาเพื่อดูว่ากริวแบบไหนที่สามารถป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นได้ดีกว่ากัน

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

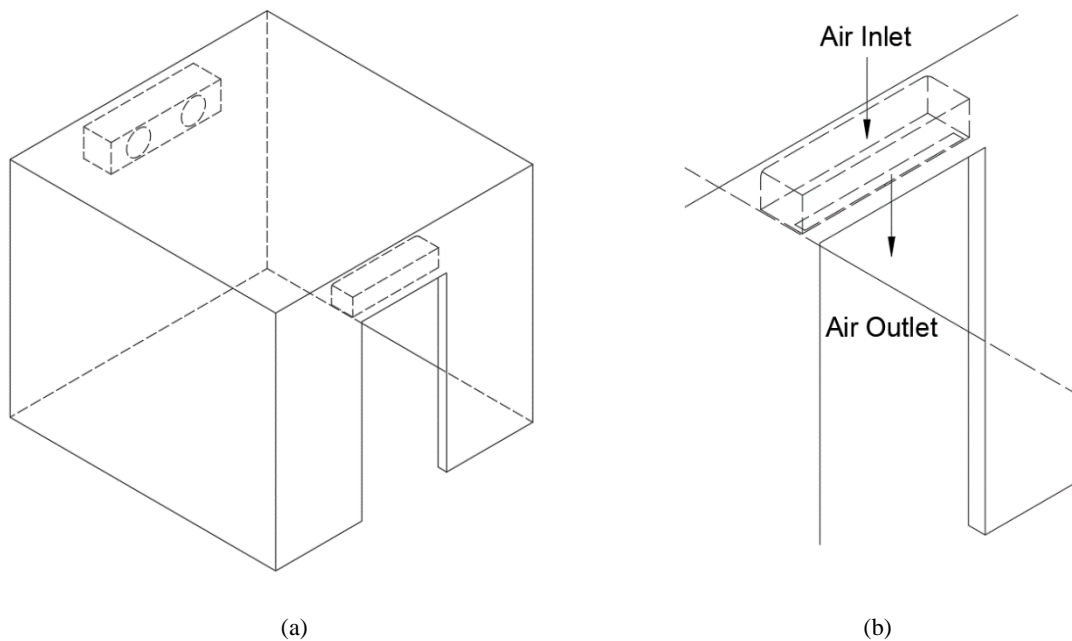
งานวิจัยเล่มนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบกริบบังคับทิศทางลมของม่านอากาศ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับระหว่างกริบบนแบบทั่วไปกับกริบบนแบบรังผึ้ง เพื่อหาว่ากริบบนชนิดใดมีประสิทธิภาพในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นมากกว่ากัน โดยม่านอากาศที่ทดลองจะใช้สำหรับห้องเย็นของ Tesco Lotus ประเภทตลาด โดยอุณหภูมิห้องเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 1 ถึง 3°C และอุณหภูมิภายนอกห้องเย็นประมาณ 25 ถึง 28°C โดยจะทำการทดลองเพื่อหาการกระจายตัวของม่านอากาศ, หาการแลกเปลี่ยนของอากาศเพื่อดูการแทรกซึมของอากาศอุ่น, หาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ของห้องเย็น เพื่อคำนวณเป็นผลประหยัดพลังงาน, ใช้ CFD ในการดูทิศทางการไหลของลมจากม่านอากาศเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) หรือเรียกย่อว่า “ซีเอฟดี” คือการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลต่างๆ การถ่ายเทความร้อน การแพร่กระจายของอนุภาค รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยหาผลเฉลยและจำลองพฤติกรรมที่เกิดขึ้น หรือกล่าวโดยสั้นก็คือวิธีเชิงตัวเลขสำหรับการไหล พื้นฐานของซีเอฟดีคือการแก้สมการนาเวียร์-สโตกส์ซึ่งเป็นสมการควบคุมการไหล กระบวนการทางซีเอฟดีถูกพัฒนาขึ้นในราวปี 1930 สำหรับจำลองการไหลรอบทรงกระบอกสองมิติ จากนั้นเมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าขึ้น จึงได้พัฒนาสู่การจำลองแบบสามมิติโดยบริษัทและองค์กรด้านการบินต่างๆ อาทิ โบอิง ล็อกฮีท ดักลาส แม็คโดนเนล นาซา เป็นต้น ทุกวันนี้ซีเอฟดีถูกนำไปใช้ในการพัฒนาเรือดำน้ำ ผีเสื้อ อากาศยาน รถยนต์ เซลล์คอปเตอร์ การจำลองรถไฟความเร็วสูง เรือยอร์ช สำหรับแข่งขัน และอื่นๆ อีกมากมาย

ความสำเร็จของวิธีซีเอฟดี ส่งผลให้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อแก้ปัญหาภาคอุตสาหกรรมและงานวิจัยต่างๆ อาทิ การไหลของอากาศผ่านรถยนต์และอากาศยานเพื่อหาแรงยกและแรงต้าน การไหลของกระแสน้ำผ่านลำเรือ การเผาไหม้ภายในกระบอกสูบและกังหันก๊าซ การไหลของของไหลผ่านปั๊มและเครื่องอัดไอ การหล่อเย็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กระบวนการทางด้านเคมี การไหลและการถ่ายเทความร้อนผ่านตึกตัวอาคาร การกระจายของมลภาวะในอากาศ และน้ำ การทำนายสภาพอากาศ การไหลของเลือดในระบบหมุนเวียนของร่างกาย เป็นต้น ปัจจุบันซีเอฟดีถูกพัฒนาไปถึงขั้นใช้ทำนายการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์และทรานสิชัน เพื่อให้ได้ความสมจริงของการจำลองการไหลที่นำไปสู่การออกแบบที่มีประสิทธิภาพขึ้น

3.1 ทำการทดสอบการแทรกซึมของอากาศผ่านการวัดผลจริง

3.1.1 ขอบเขตทางเรขาคณิต



รูปที่ 3.1 (a) ลักษณะของห้องเย็น (b) ลักษณะของห้องเย็น

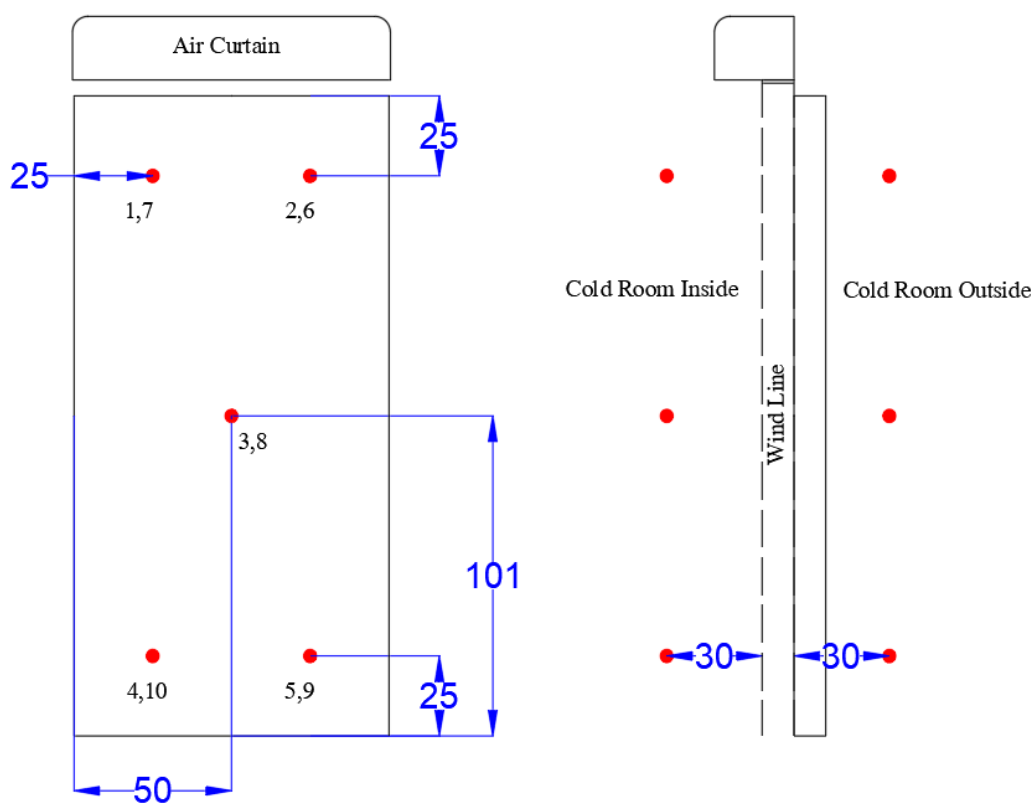
ห้องเย็นที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะเหมือนกล่องสี่เหลี่ยมที่มีขนาดภายใน $3\text{m} \times 3.1\text{m} \times 2.6\text{m}$ ($L \times W \times H$) ความหนาของฉนวนทั้งด้านข้างด้านหน้าด้านหลังพื้นและเพดานคือ 0.1m ขนาดของประตูห้องเย็นคือ $2.01\text{m} \times 0.99\text{m}$ ม่านอากาศที่ใช้ทดลองมีขนาด $1.05\text{m} \times 0.245\text{m} \times 0.209\text{m}$ ($L \times W \times H$) น้ำหนัก 14.8 kg ระดับของมอเตอร์ IP44 ติดตั้งในแนวนอนอยู่ตรงกลางเหนือประตูห้องเย็น 0.05m ช่องจ่ายลมมีขนาด $0.97\text{m} \times 0.06\text{m}$ ความเร็วลมเมื่อออกจากกรวยเฉลี่ยประมาณ 6 m/s FCU จะถูกติดตั้งตรงกลางด้านบนของผนังหลังห้องเย็น โดยมีขนาด $1.28\text{m} \times 0.32\text{m} \times 0.32\text{m}$ ($L \times W \times H$) พร้อมพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.28m จำนวน 2 ตัว และห้องเย็นตั้งอยู่ใน Back Stock ที่มีขนาด $35\text{m} \times 6\text{m} \times 6\text{m}$ ($L \times W \times H$)

3.1.2 ภาระการทำความร้อนจากการถ่ายเทของอากาศ

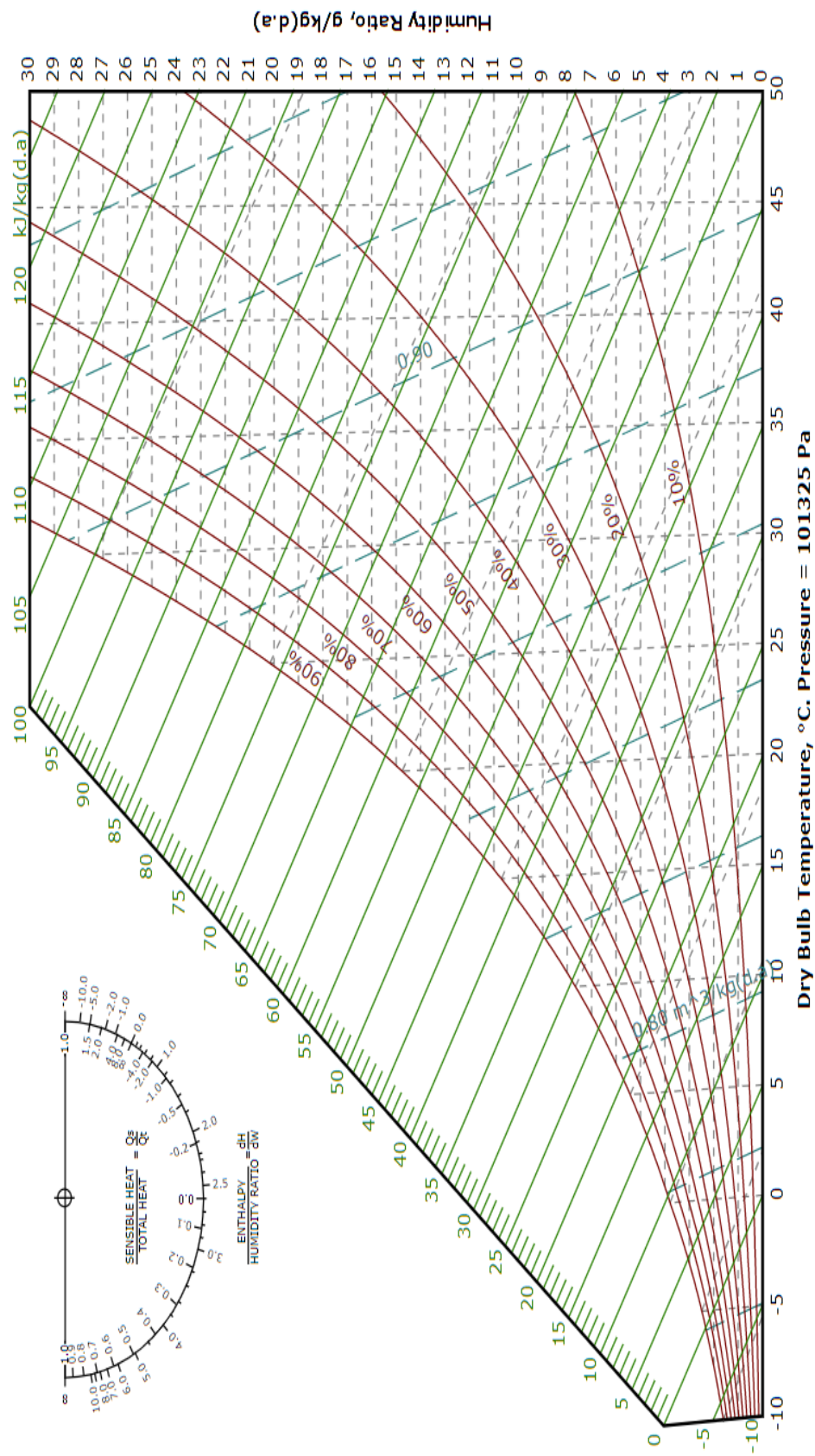
คำนวณ โหลดจากการเปิดประตู (Air Changes Load) คือการคำนวณเพื่อหาการสูญเสียความเย็นจากการที่มีการเปิดประตูห้องเย็นหรือการเปิดประตูเพื่อโหลดสินค้าผลิตภัณฑ์ โดยจะทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นทั้งหมด 8 จุดตามรูปที่ 3.2

$$Q_{\text{Air}} = 1.2V(h_o - h_i)$$

โดย h สามารถหาได้จาก รูปที่ 3.3



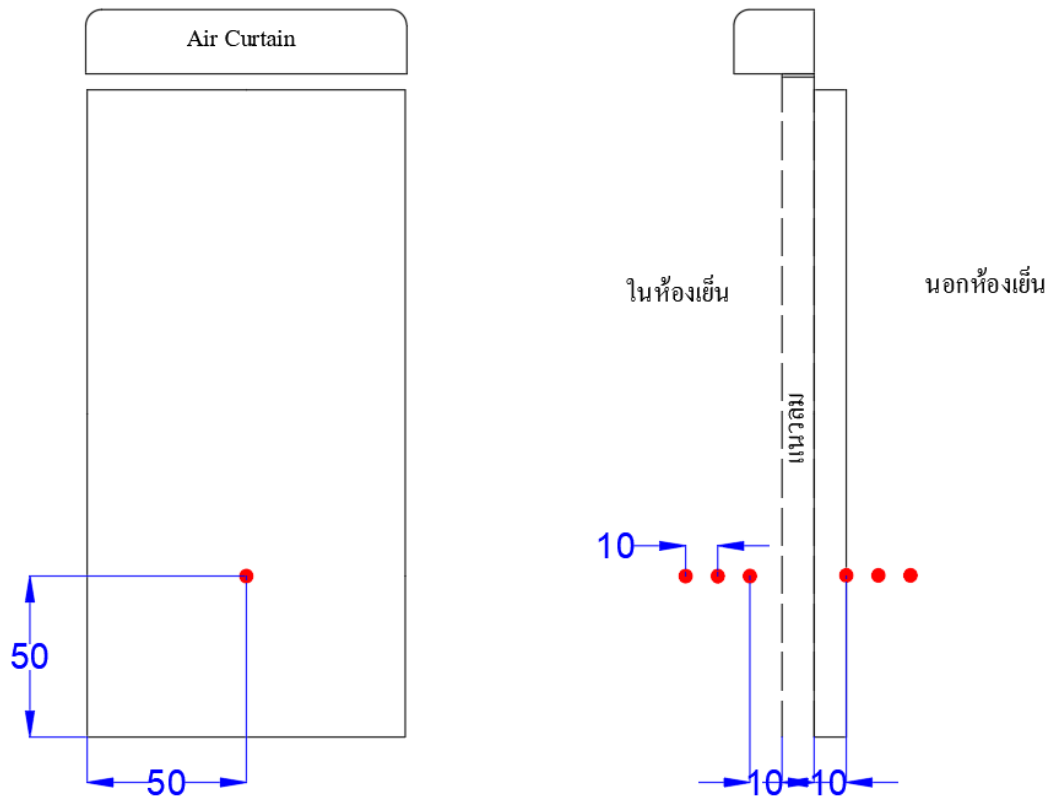
รูปที่ 3.2 จุดวัดอุณหภูมิ, ความชื้นและความเร็วลม



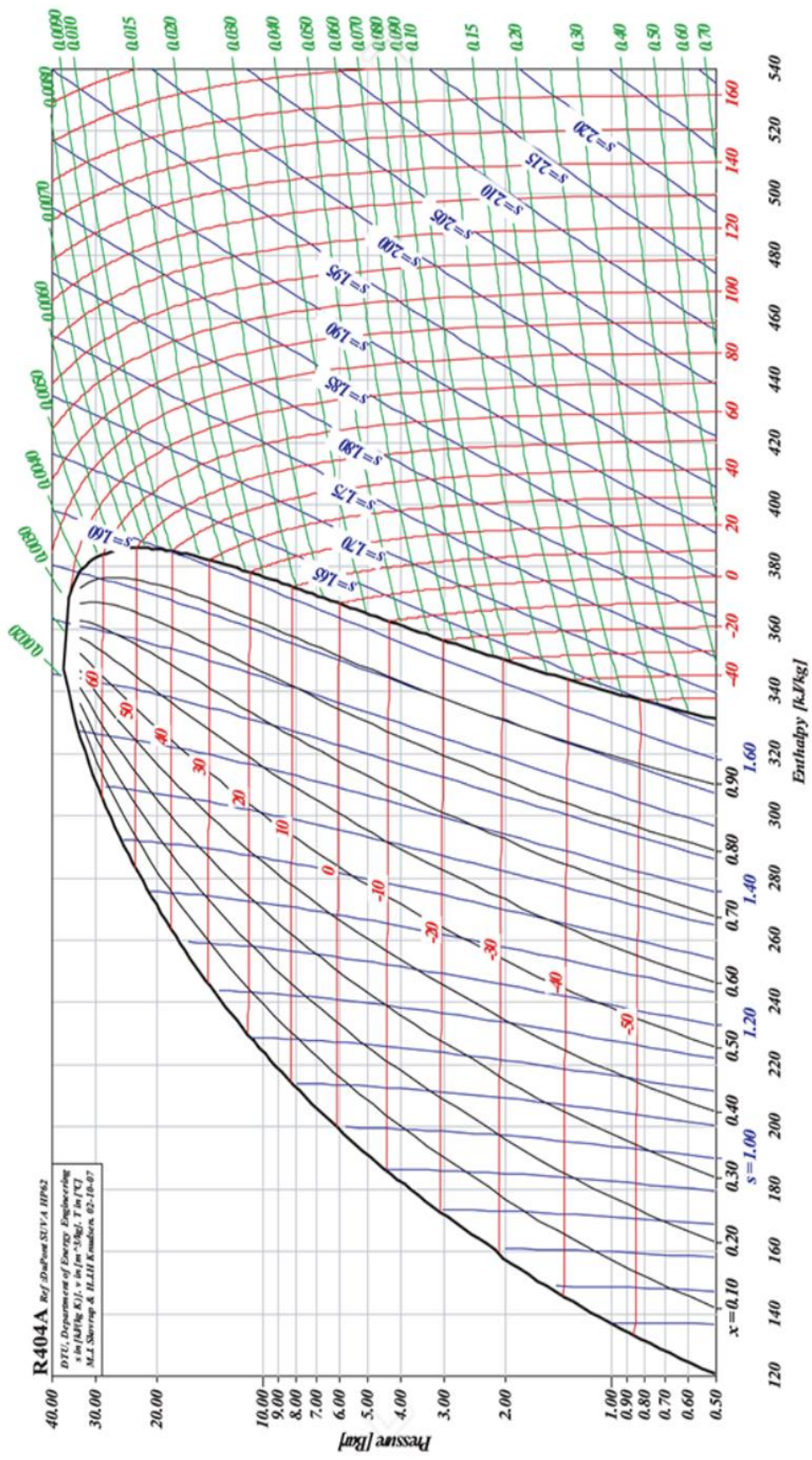
รูปที่ 3.5 แผนภูมิไซโครเมตริก

3.1.3 การกระจายตัวของอากาศ

กำหนดตำแหน่งในการวัดความเร็วลมเพื่อดูการกระจายออกด้านข้างของลมระหว่างม่านอากาศธรรมดาเทียบกับม่านอากาศแบบรั้งฝั้ง โดยจะวัดทั้งหมด 6 จุดตามตำแหน่งจาก รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 จุดวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.5 แผนภูมิ P-h น้ำยา R404A

3.1.4 ม่านอากาศ

3.1.4.1 ข้อมูลจำเพาะของม่านอากาศ

การติดตั้ง

| | |
|---------------------------|------------|
| ประเภทของการติดตั้ง | Horizontal |
| ความสูงสูงสุดในการติดตั้ง | 4000 mm |

ข้อมูลที่กำหนด

| | |
|--------------------------------|--------------|
| ระดับของมอเตอร์ | IP44 |
| อุณหภูมิในการทำงาน (สถานะแห้ง) | -20 to 30 °C |

ขนาดและน้ำหนัก

| | |
|---------|---------|
| ความยาว | 1050 mm |
| ความลึก | 245 mm |
| ความสูง | 209 mm |
| น้ำหนัก | 14.8 kg |

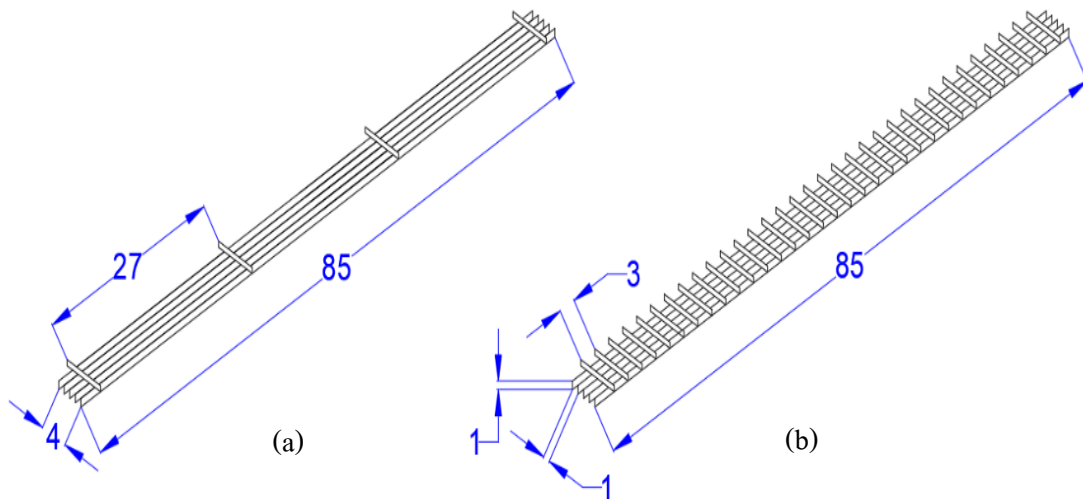
การไหลของอากาศ

| | |
|----------------|------------------------|
| การไหลของอากาศ | 1450 m ³ /h |
|----------------|------------------------|

มอเตอร์/ไฟฟ้า

| | |
|----------------|-------|
| มอเตอร์/แรงดัน | 230V |
| เฟส,มอเตอร์ | 1~ |
| มอเตอร์/กระแส | 0.79A |

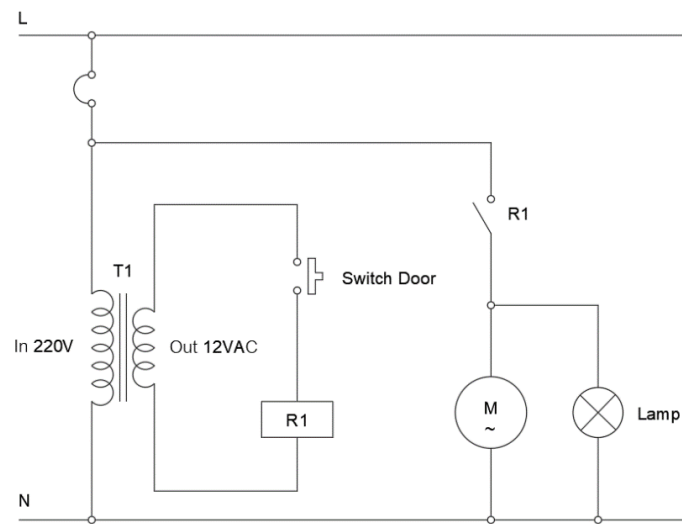
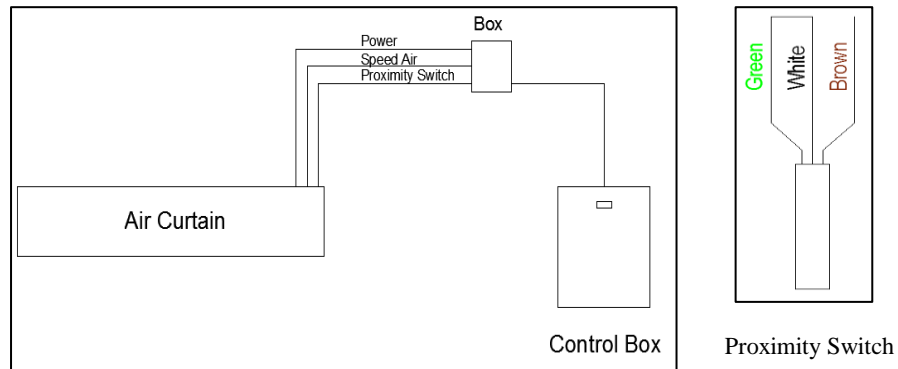
3.1.4.2 กริวลมของม่านอากาศ



รูปที่ 3.6 (a) กริวทั่วไป , (b) กริวรังผึ้ง

จาก รูปที่ 3.6 ตะแกรงรังผึ้งแบบทั่วไปที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นเป็นวัสดุเหล็กทาสีหนา 0.1 ซม. ประกอบไปด้วยแถบกริวทั้งหมด 5 ชั้น แต่ละชั้นยาว 85 ซม. จะมีระยะห่างระหว่าง 1 ซม. และแถบยึดกริวทั้งหมด 4 ชั้น ซึ่งจะยึดกริวทั้ง 5 ชั้นในแนวตั้งจากแต่ละชั้นติดตั้งห่างกัน 27 ซม. ส่วนตะแกรงแบบรังผึ้งจะถูกออกแบบโดยการเพิ่มจำนวนของแถบยึดกริวเข้าไป โดยมีจำนวนทั้งหมด 33 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 3 ซม. จากการคาดการณ์ในการเพิ่มแถบยึดกริวเข้าไปจะช่วย

3.1.4.3 วงจรไฟฟ้า

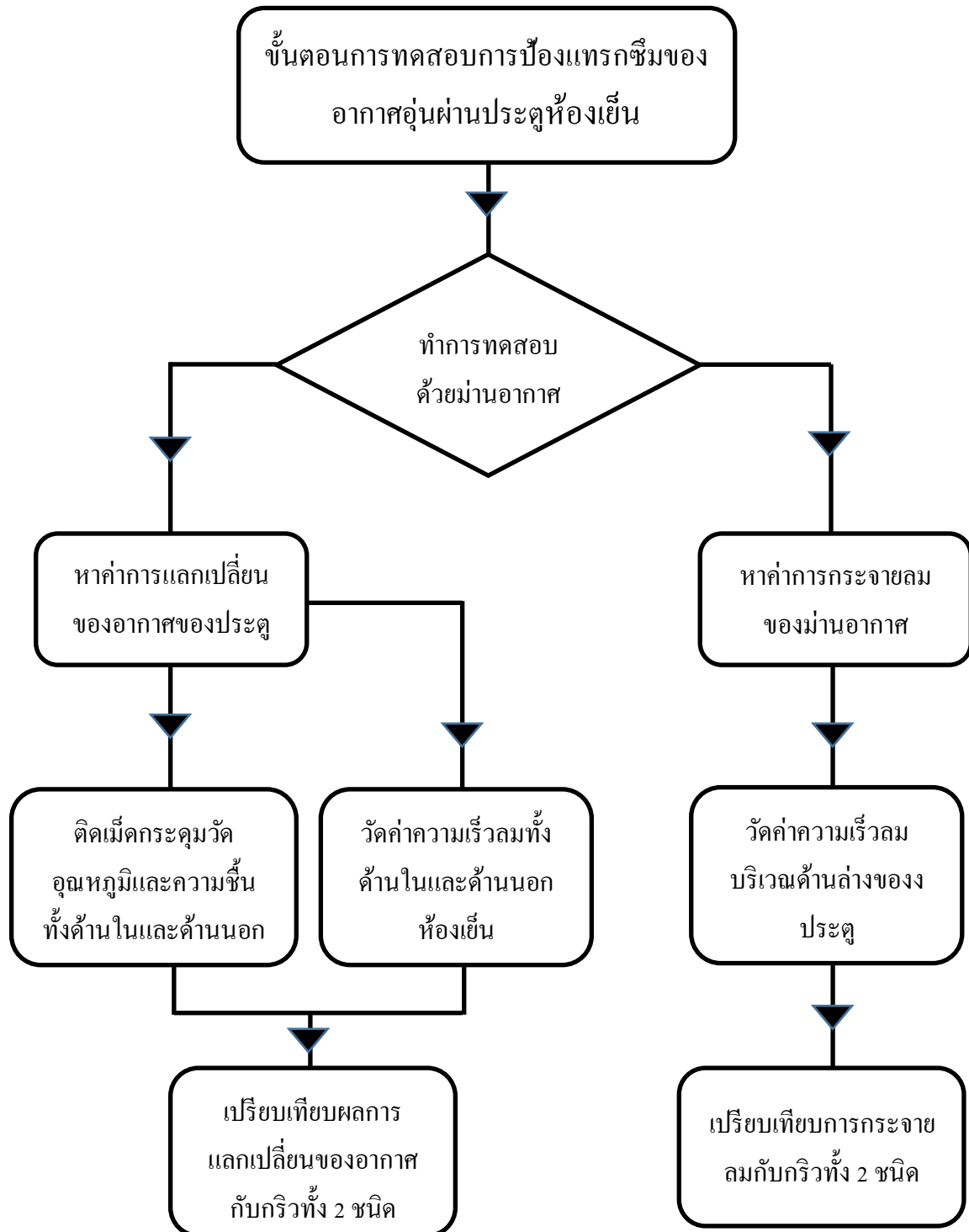


รูปที่ 3.7 วงจรการเดินสายไฟของฟร็อกซิมีตี้สวิตช์

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

| ลำดับ | อุปกรณ์ | จำนวน |
|-------|----------------------------------|-------|
| 1 | ม่านอากาศขนาด 1 เมตร | 1 |
| 2 | กริวลมแบบทั่วไป | 1 |
| 3 | กริวลมแบบรังผึ้ง | 1 |
| 4 | เม็ดกระดุมวัดอุณหภูมิและความชื้น | 10 |
| 5 | เครื่องวัดความเร็วลม | 1 |
| 6 | ตลับเมตร | 1 |
| 7 | ไขควง | 1 |
| 8 | เอ็นผูกเม็ดกระดุม | 1 |

3.1.5 แผนผังขั้นตอนการทดสอบ

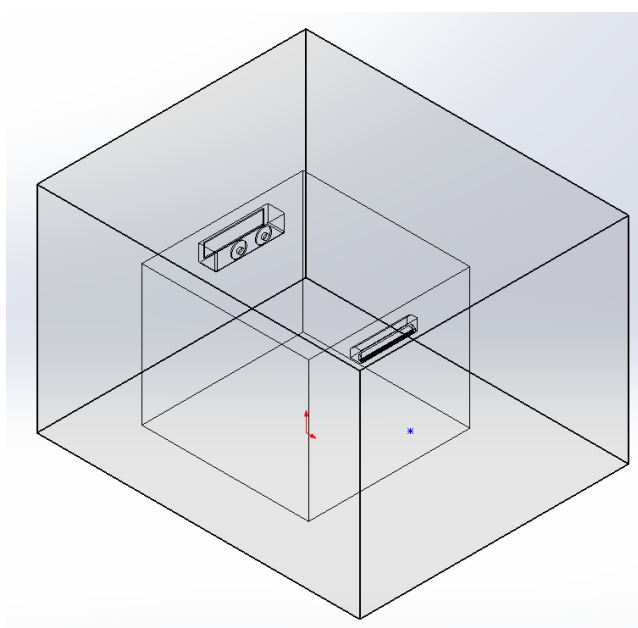


3.2 ทำการสร้างแบบจำลองการไหลของอุณหภูมิและความเร็วลมภายในห้องเย็นด้วย CFD

ทำการทดสอบทั้งหมด 3 แบบคือ 1.ทำการทดสอบการแทรกซึมของอากาศอุ่นโดยการเปิดประตูห้องเย็นทิ้งไว้แต่จะปิดทำงานของม่านอากาศเพื่อดูพฤติกรรมการไหลของอากาศแบบไม่มีม่านอากาศ 2.ทำการทดสอบการแทรกซึมของอากาศอุ่นโดยการเปิดประตูห้องเย็นทิ้งไว้และใช้ม่านอากาศแบบกริวทั่วไป 3.ทำการทดสอบการแทรกซึมของอากาศอุ่น โดยการเปิดประตูห้องเย็นทิ้งไว้และใช้ม่านอากาศแบบกริวรั้งผึ้ง เมื่อทำการทดสอบครบแล้วจึงนำการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแตกต่างกันเพื่อดูว่าเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้กริวแบบรั้งผึ้งแล้วจะสามารถช่วยป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นได้ดีขึ้นหรือไม่

3.2.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข

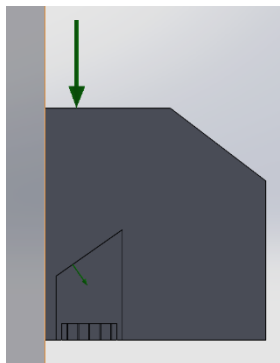
ทำการสร้างแบบจำลองทิศทางการไหลและอุณหภูมิของลมโดยใช้ CFD จำลองการไหลแบบจำลองนี้สร้างโดยใช้การคำนวณเอฟเฟกต์อากาศแวดล้อมด้วยอุณหภูมิ 28°C คำนวณพื้นที่เป็นแบบภายนอก แรงโน้มถ่วงเท่ากับ 9.81 m/s^2 ถูกกำหนดไว้ในแกน Y เชิงลบ กำหนดให้ของไหลเป็นอากาศ ผนังห้องเป็นฉนวน โพลียูรีเทน กำหนดขนาดของพื้นที่ในการจำลองเหตุการณ์โดยห่างจากพื้นห้อง 0m ห่างจากผนังหลังห้อง 2.5m ห่างจากประตูห้อง 3.5m ห่างจากผนังห้องซ้ายและขวา 2.5m และห่างจากผนังด้านบนของห้อง 4m



รูปที่ 3.8 แบบจำลองพื้นที่ห้องเย็น

3.2.2 ขอบเขต , เงื่อนไขเบื้องต้นและการทดสอบ

ติดตั้ง FCU อยู่หลังห้องเย็น โดยมีความเร็วลมด้านเป่าอยู่ที่ 3.5 m/s มีอุณหภูมิลมออก -8°C ติดตั้งม่านอากาศอยู่เหนือประตูทางเข้าห้องเย็นด้านในสูงจากประตู 5 cm มีความเร็วลมด้านเป่าอยู่ที่ 6.5 m/s มีอุณหภูมิลมออก 1°C ม่านอากาศจะปิดในตอนแรกเพื่อจำลองการถ่ายเทความร้อนแบบไม่มีม่านอากาศ



รูปที่ 3.9 ทิศทางการไหลของอากาศผ่านม่านอากาศ

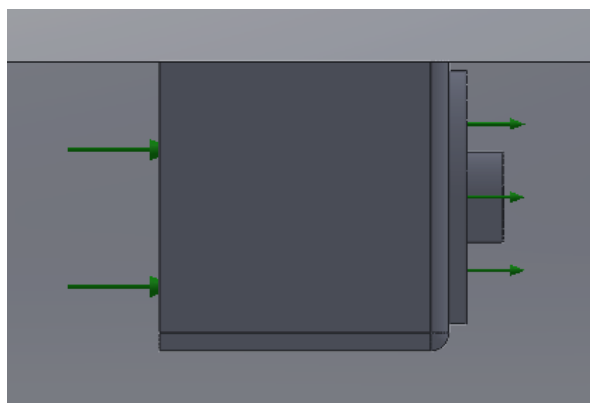
ทำการกำหนดอัตราการไหลของม่านอากาศ โดยรูปแบบของพัดลมจะเป็นแบบใบโค้ง กำหนดค่าความต่างของแรงดันเท่ากับ 0 และค่าพื้นที่ของการไหลจากการคำนวณดังนี้

$$Q = AV$$

$$Q = 0.0718 * 6.5$$

$$Q = 0.46475 \text{ m}^3/\text{s}$$

กำหนดให้ FCU มีการไหลเข้าของอากาศอยู่ด้านหลังและไหลออกจากพัดลมทางด้านหน้า



รูปที่ 3.10 ทิศทางการไหลของอากาศผ่าน FCU

การกำหนดอัตราการไหลของม่านอากาศ โดยรูปแบบของพัดลมจะเป็นแบบใบโค้ง กำหนดค่าความต่างของแรงดันเท่ากับ 0 ตั้งค่าอุณหภูมิที่ออกจาก FCU -8°C และค่าพื้นที่ของการไหลจากการคำนวณดังนี้

$$Q = AV$$

$$Q = 0.1074 * 3.5$$

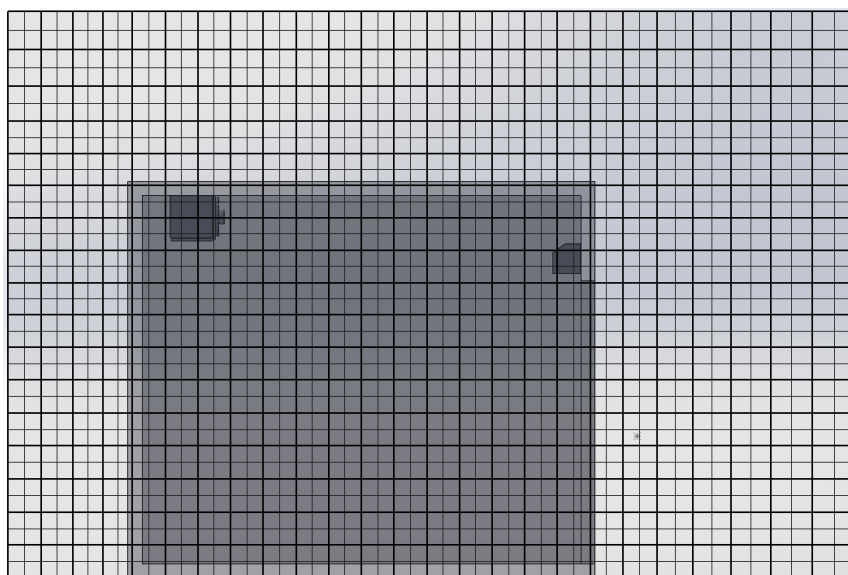
$$Q = 0.3759 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.3 ความเป็นอิสระของตาข่าย

ตาข่ายถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณพื้นที่ของโดเมน เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทำแบบจำลอง ในบริเวณที่เราสนใจตาข่ายที่ใช้จะมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น พุดง่ายๆคือยิ่งเรากำหนดตาข่ายมากเท่าไร การทำ แบบจำลอง ก็จะแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น [35,36] แต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมด้วย หากกำหนดตาข่ายให้มีความละเอียดมาก งานที่ได้ก็จะมีขนาดไฟล์มากตามมาด้วยเช่นกัน

3.2.3.1 การตั้งค่าตาข่ายทั่วไป

เป็นการสร้างตาข่ายที่ใช้ในการคำนวณพื้นที่ทั่วไปทั้งหมด ซึ่งในงานนี้จะกำหนดช่องของตาข่ายให้อยู่ที่ระดับ 3

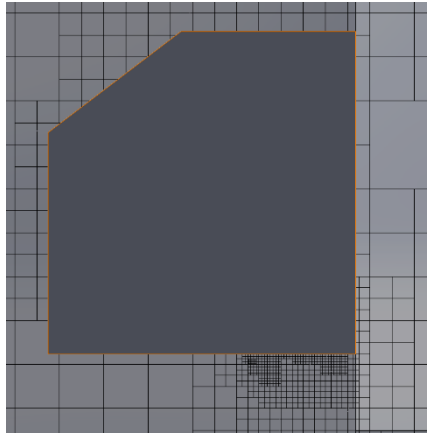


รูปที่ 3.11 ตาข่ายทั่วไปสำหรับห้องเย็น

3.2.3.2 ตาข่ายแบบเฉพาะ

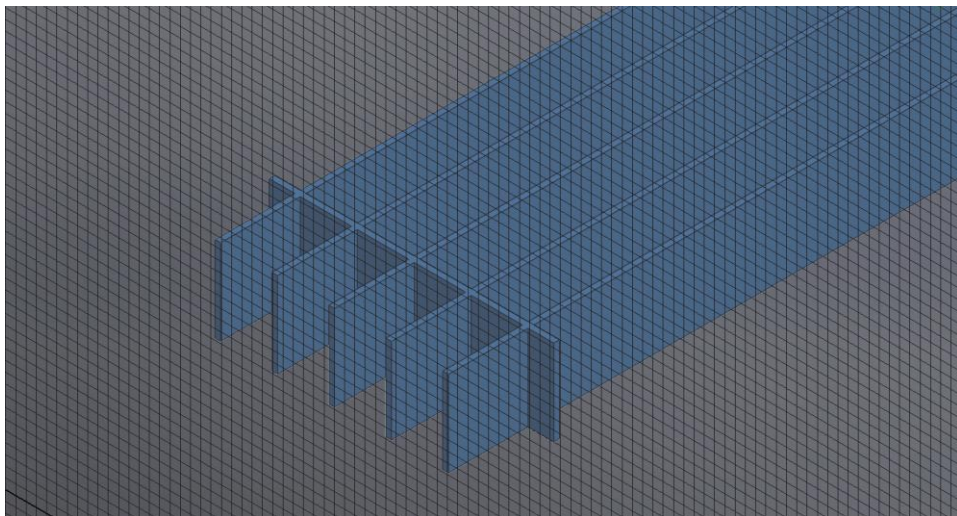
เป็นการกำหนดตาข่ายให้ละเอียดยิ่งขึ้นในบริเวณที่มีการเคลื่อนไหวเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคำนวณมากยิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายแบบเฉพาะจะถูกนำไปใช้ในบริเวณที่มีลมไหลเข้าและออกของ

FCU และม่านอากาศโดยเฉพาะบริเวณกริวดมนี้จะต้องมีความละเอียดของตาข่ายสูง ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในระดับ 7



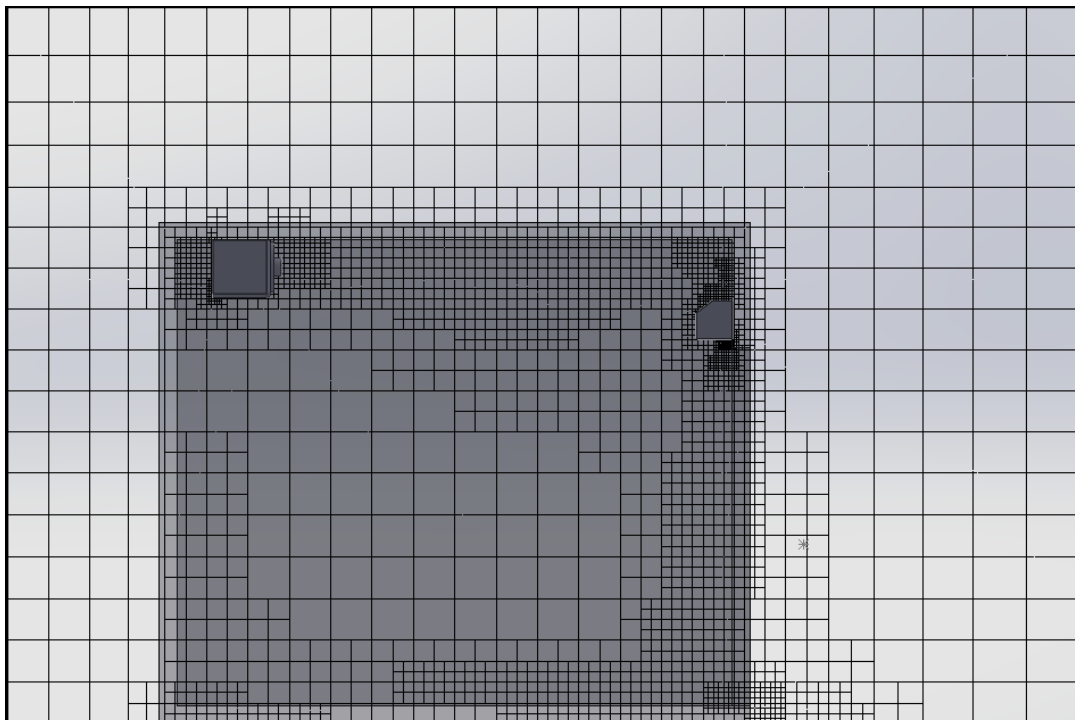
รูปที่ 3.12 ตาข่ายสำหรับพื้นที่กริว

จาก รูปที่ 3.12 จะสังเกตเห็นการทำตาข่ายที่ถี่มากบริเวณกริวของม่านอากาศ เพราะช่องระหว่างกริวที่มีลมผ่านนั้นมีขนาดเล็กจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำตาข่ายให้ถี่ขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 3.13 ตาข่ายเฉพาะสำหรับห้องเย็น

จาก รูปที่ 3.13 จะเป็นการสร้างตาข่ายบริเวณกริวดมม่านอากาศ โดยช่องระหว่างกริวจะกำหนดให้มีตาข่ายอยู่ในช่องอย่างน้อย 3 ช่องเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการจำลอง



รูปที่ 3.14 ตาข่ายสำหรับม่านอากาศในสภาวะคงที่

จากรูปที่ 3.14 จะเห็นว่ามีการทำตาข่ายให้ถี่ขึ้นในบางบริเวณ เนื่องจากบริเวณนั้นมีการไหลของลมอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณพัดลมของ FCU และม่านอากาศจะมีการวางตาข่ายที่หนาแน่นเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการจำลองเหตุการณ์

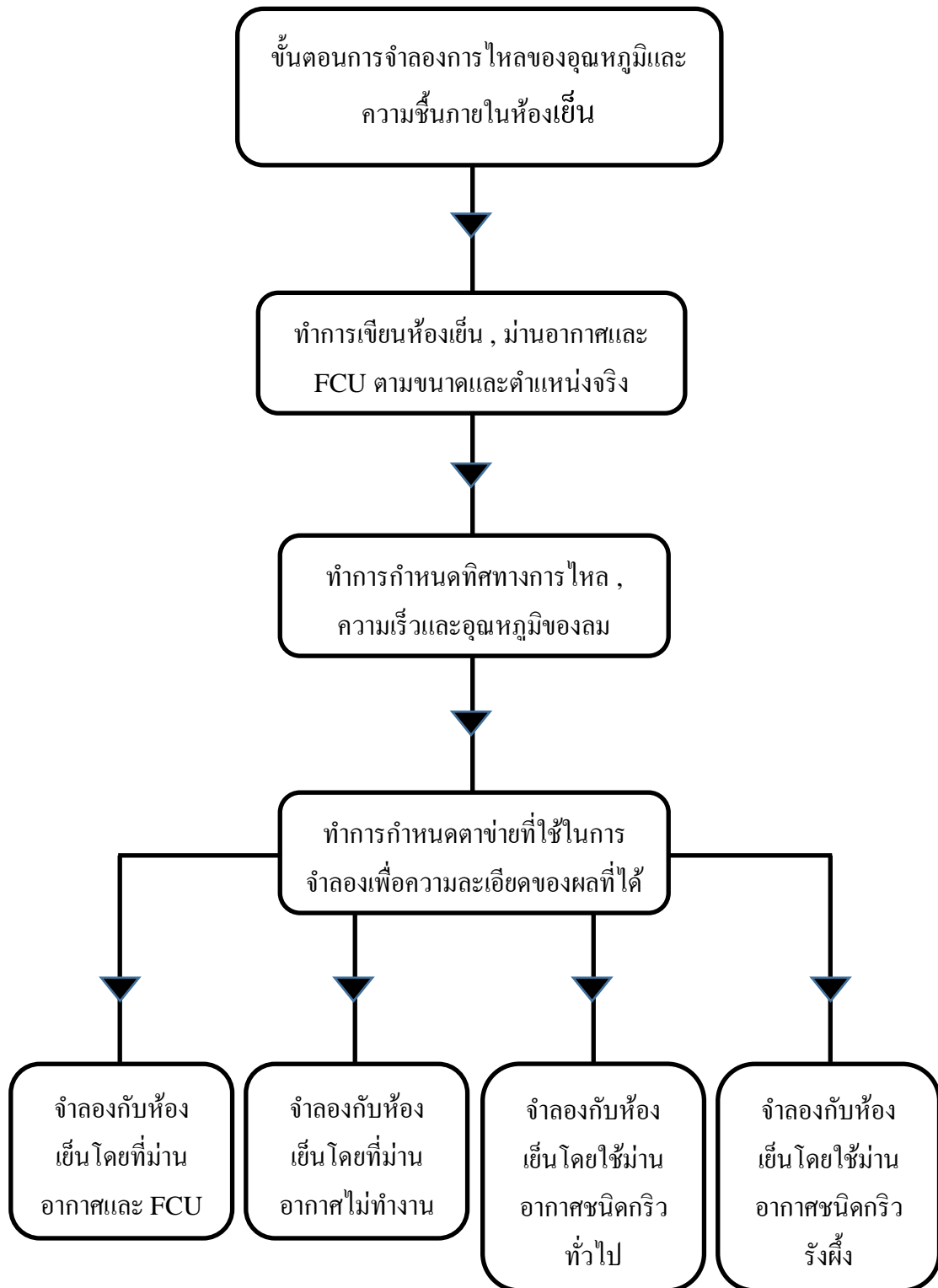
ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลอง

| ลำดับ | อุปกรณ์ | จำนวน |
|-------|------------------------|-------|
| 1 | เครื่องวัดอุณหภูมิ | 1 |
| 2 | เครื่องวัดความเร็วลม | 1 |
| 3 | ตลับเมตร | 1 |
| 4 | โปรแกรม Solidwork 2020 | 1 |

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทำแบบจำลอง

| ลำดับ | ตัวแปร | ตัวเลข |
|-------|------------------------------|-----------------------|
| 1 | อุณหภูมิภายนอกห้องเย็น | 28°C |
| 2 | อุณหภูมิภายในห้องเย็น | 1°C |
| 3 | ความดันบรรยากาศ | 1 Bar |
| 4 | แรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y เซิงลบ | 9.81 m/s ² |
| 5 | ความเร็วลมขาเข้าผ่านอากาศ | 2 m/s |
| 6 | ความเร็วลมขาออกผ่านอากาศ | 6.5 m/s |
| 7 | อุณหภูมิลมออกผ่านอากาศ | 1°C |
| 8 | ความเร็วลมขาเข้า FCU | 0.5 m/s |
| 9 | ความเร็วลมขาออก FCU | 3.5 m/s |
| 10 | อุณหภูมิลมออก FCU | -8°C |
| 11 | ระดับของตาข่ายทั่วไป | 3 |
| 12 | ระดับของตาข่ายเฉพาะ | 7 |
| 13 | ระดับการจำลองตาข่าย | 2 |

3.2.4 แผนผังขั้นตอนการทำแบบจำลอง



บทที่ 4

ผลลัพธ์

4.1 การทดสอบเพื่อหาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างประตูห้องเย็น

4.1.1 พฤติกรรมการแทรกซึมผ่านม่านอากาศ

พฤติกรรมการแทรกซึมผ่านม่านอากาศนั้นจะทำการทดลองแบบนี้กับม่านอากาศชนิดกริวทั่วไปและกริวรังผึ้งทั้ง ตามตำแหน่งที่กำหนด จาก รูปที่ 3.2 ทำการวัดผลโดยใช้เวลา 10 นาที จากการทดสอบผลที่ได้คืออุณหภูมิที่วัดได้จากกริวทั้ง 2 ชนิดนั้น มีความใกล้เคียงกัน อุณหภูมิที่ตำแหน่งด้านบนนั้นจะสูงกว่าด้านล่าง เนื่องจากมีความเย็นเล็ดลอดออกทางด้านล่างของประตู ส่วนความเร็วลมนั้นบริเวณด้านบนของประตูไม่มีลมไหลผ่านประตูเลย ส่วนด้านล่างจะมีเร็วลมออกมา โดยที่ม่านอากาศชนิดกริวทั่วไปจะมีความเร็วลมมากกว่าเล็กน้อยเล็กน้อย

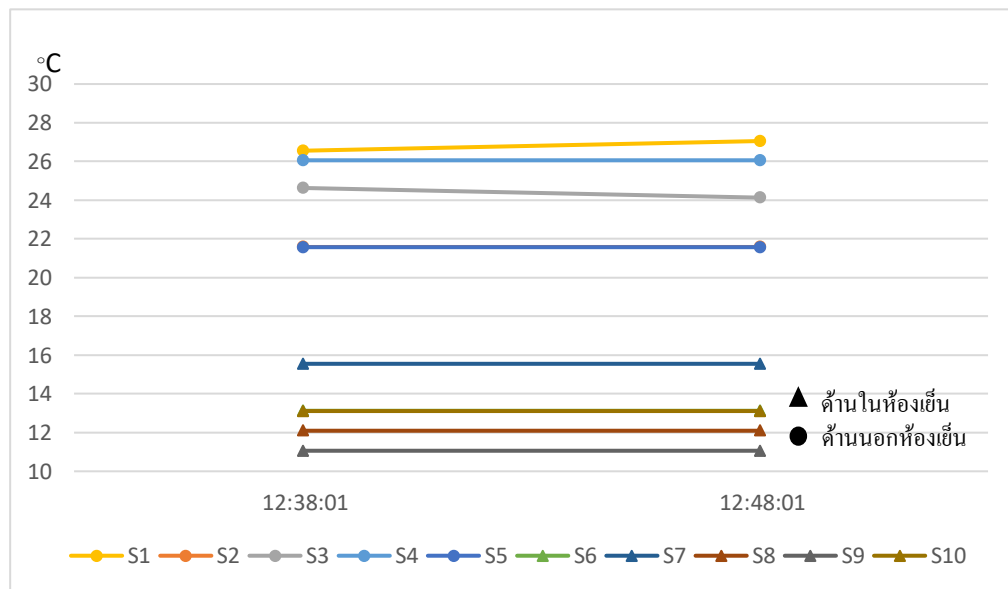


รูปที่ 4.1 จุดวัดอุณหภูมิ , ความชื้นและความเร็วลม

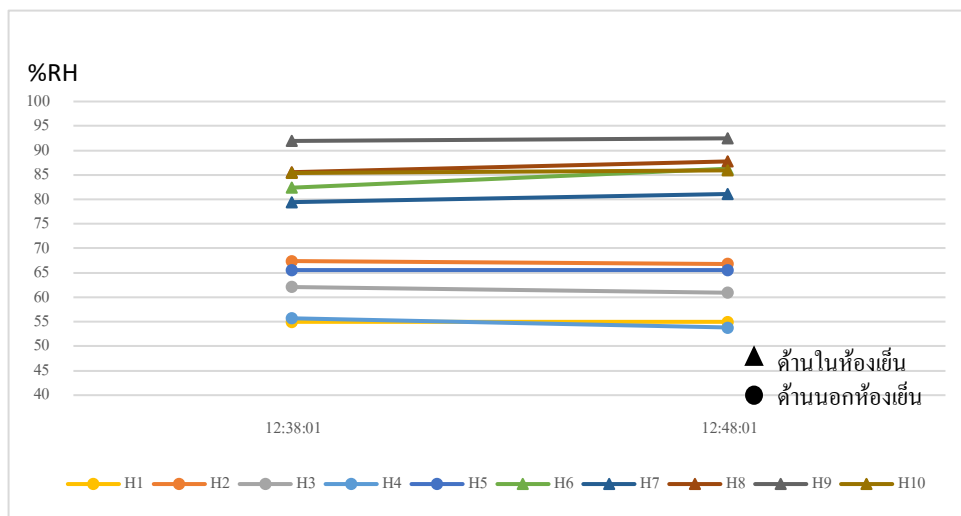
จาก รูปที่ 4.1 ทำการแขวนเม็ดกระดุมที่ใช้วัดอุณหภูมิความชื้นและทำการวัดวัดความเร็วลม บริเวณประตูห้องเย็นทั้งด้านในและด้านนอก

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรสำหรับการแลกเปลี่ยนของอากาศโดยใช้กริวทั่วไป

| ลำดับ | กริวทั่วไป | | | | | |
|-----------|------------------|-------------------|----------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| | ด้านในห้องเย็น | | | ด้านนอกห้องเย็น | | |
| | อุณหภูมิ (°C) | ความชื้น (%RH) | ความเร็ว ลม (m/s) | อุณหภูมิ (°C) | ความชื้น (%RH) | ความเร็ว ลม (m/s) |
| 1 | 13.1 | 82.3 | 0.0 | 26.5 | 54.9 | 0 |
| 2 | 15.5 | 79.4 | 0.0 | 21.5 | 67.3 | 0 |
| 3 | 12.1 | 85.5 | 0.0 | 24.1 | 62.0 | 0 |
| 4 | 11.0 | 91.1 | 0.3 | 26.0 | 55.7 | 0 |
| 5 | 13.6 | 85.3 | 0.7 | 21.5 | 65.5 | 0.5 |
| ค่าเฉลี่ย | 13.1 | 84.7 | 0.2 | 23.9 | 61.1 | 0.1 |



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิของห้องเย็นโดยใช้กริวทั่วไป

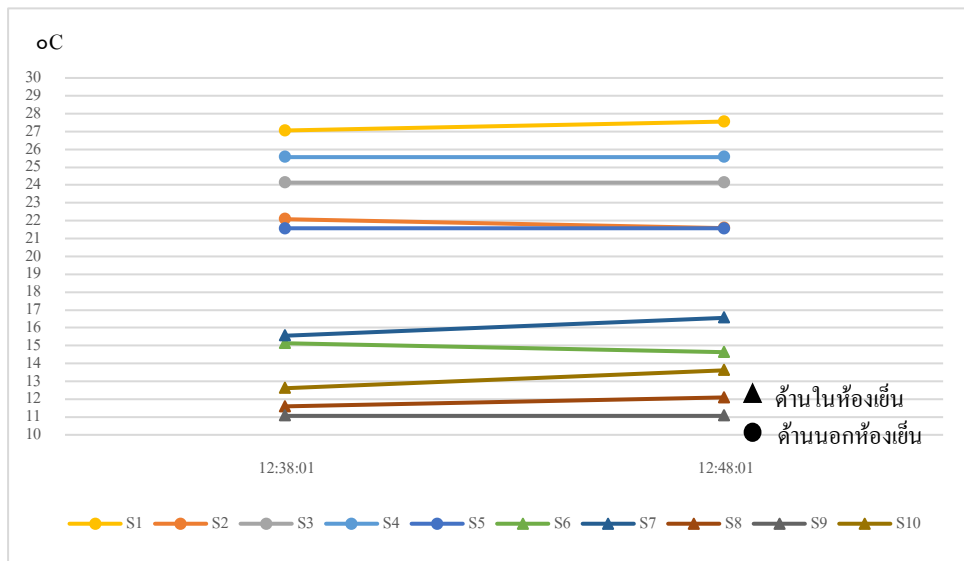


รูปที่ 4.3 ความชื้นของห้องเย็น โดยใช้กริวทั่วไป

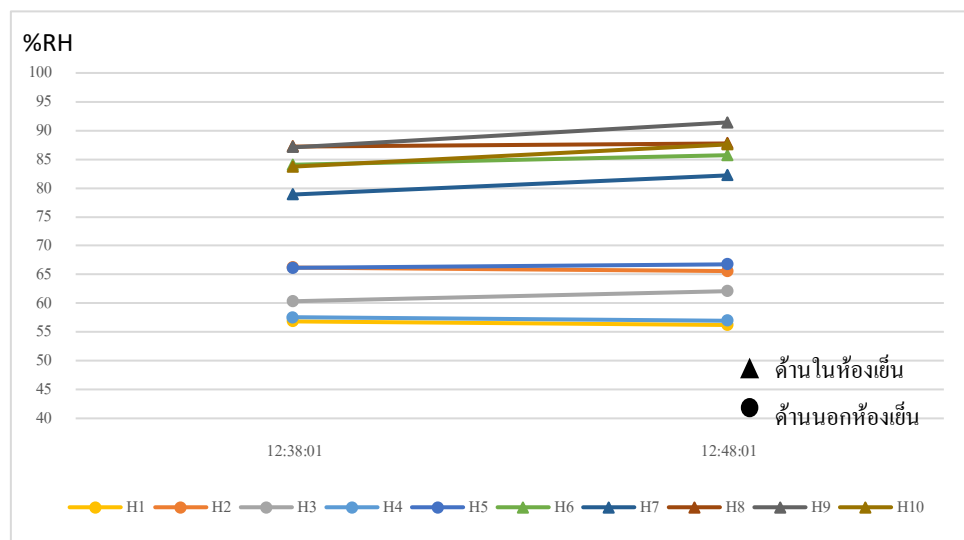
จาก รูปที่ 4.2,4.3 จะแสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิและความชื้นที่ถูกวัดได้ขณะเปิดประตูห้องเย็นโดยที่ใช้ม่านอากาศชนิดกริวทั่วไปเป็นตัวป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นจากภายนอกพบว่าอุณหภูมิที่วัดบริเวณด้านล่างของประตูจะต่ำกว่าด้านบน เนื่องจากความเย็นไหลออกทางด้านล่าง โดยภายในห้องเย็นอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 13.1°C ภายในห้องเย็นอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 23.9°C ส่วนความชื้นนั้นเมื่อเปิดประตูจะเห็นได้ว่าภายในห้องเย็นมีความชื้นสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากความชื้นภายนอกห้องแทรกเข้ามาภายในห้อง โดยความชื้นเฉลี่ยภายในห้องอยู่ที่ 84.7%RH พฤติกรรมการแทรกซึมผ่านม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง

ตารางที่ 4.2 ตัวแปรสำหรับการแลกเปลี่ยนของอากาศโดยใช้กริวรังผึ้ง

| No. | กริวรังผึ้ง | | | | | |
|---------|------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| | Inside Cold Room | | | Outside Cold Room | | |
| | Temperature (°C) | Humidity (%RH) | Velocity (m/s) | Temperature (°C) | Humidity (%RH) | Velocity (m/s) |
| 1 | 15.1 | 84.0 | 0.0 | 27.0 | 56.8 | 0 |
| 2 | 15.5 | 78.8 | 0.0 | 22.0 | 66.2 | 0 |
| 3 | 11.6 | 87.2 | 0.0 | 24.1 | 60.3 | 0 |
| 4 | 11.0 | 87.0 | 0.2 | 25.5 | 57.5 | 0.3 |
| 5 | 12.6 | 83.7 | 0.3 | 21.5 | 66.1 | 0.3 |
| Average | 13.2 | 84.1 | 0.1 | 24.0 | 61.4 | 0.1 |



รูปที่ 4.4 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยใช้กริ่วรังผึ้ง



รูปที่ 4.5 ความชื้นของห้องเย็น โดยใช้กริ่วรังผึ้ง

จาก รูปที่ 4.4, 4.5 จะเห็นว่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้เฉลี่ยแล้วค่อนข้างใกล้เคียงกับชนิดกริ่วทั่วไป เพราะเป็นการทดลองโดยใช้मानอากาศเหมือนกันแตกต่างกันเพียงแค่กริ่วลมเท่านั้น แต่ก็ยังมีความแตกต่างอยู่บ้างซึ่งอาจจะยังเห็นภาพไม่ชัด ต้องขยายผลกันต่อไปในการทำแบบจำลอง

การแลกเปลี่ยนของอากาศ (Air change)

เมื่อได้ทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ, ความชื้น และความเร็วลมแล้วก็จะสามารถคำนวณการแลกเปลี่ยนของอากาศได้ ทั้งนี้จะคำนวณการแลกเปลี่ยนของอากาศของม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป และกริวรังผึ้งเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นจากภายนอก

$$Q_{\text{Air}} = 1.2V(h_o - h_i)$$

ทำการทดสอบกับม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป

$$V = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_i = 33 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = 54 \text{ kJ/kg}$$

ห้องเย็นถูกเปิดประตูทิ้งไว้เฉลี่ย 3 ชั่วโมง/วัน

$$Q_{\text{กริวทั่วไป}} = 1.2(0.2)(54-33)$$

$$Q_{\text{กริวทั่วไป}} = 5.04 \text{ W}$$

$$Q_{\text{กริวทั่วไป}} = 0.015 \text{ kWh}$$

ทำการทดสอบกับม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง

$$V = 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_i = 34 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = 54 \text{ kJ/kg}$$

ห้องเย็นถูกเปิดประตูทิ้งไว้เฉลี่ย 3 ชั่วโมง/วัน

$$Q_{\text{กริวรังผึ้ง}} = 1.2(0.1)(54-34)$$

$$Q_{\text{กริวรังผึ้ง}} = 2.4 \text{ W}$$

$$Q_{\text{กริวรังผึ้ง}} = 0.007 \text{ kWh}$$

สรุปผลจากการคำนวณการแลกเปลี่ยนของอากาศของม่านอากาศที่ใช้กริวแตกต่างกันพบว่า หากใช้กริวชนิดธรรมดาในการป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุณหภูมุนั้นมีภาระการทำความเย็นของห้องเย็นอยู่ที่ 0.015 kWh ส่วนม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้งนั้นมีการทำความเย็นของห้องเย็นอยู่ที่ 0.007 kWh ดังนั้นม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้งสามารถป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุณหภูมุนั้นได้ดีกว่ากริวทั่วไปอยู่ที่ 0.008 kWh

4.1.2 การกระจายตัวของอากาศภายในห้องเย็น

ทำการวัดความเร็วลมบริเวณกลางประตูประตูห้องเย็นสูงจากพื้น 50 cm ทั้งหมด 6 จุดตามรูปที่ 3.4 ทั้งนี้เพื่อดูว่าลมที่ถูปลดปล่อยออกมาจากม่านอากาศนั้นมีการกระจายตัวออกทางด้านข้างหรือไม่ โดยจะทำการวัดทั้งด้านในและด้านนอกห้องเย็นเปรียบเทียบกับระหว่างกริวทั่วไปกับกริวรังผึ้ง

ผลที่ได้คือกริวทั่วไปนั้นมีการกระจายลมออกทางด้านข้างมากกว่ากริวรังผึ้งอย่างชัดเจนเทียบได้จากตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การกระจายตัวของลม

| ลำดับ | กริวทั่วไป | | กริวรังผึ้ง | |
|-------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | ความเร็วลมด้านใน | ความเร็วลมด้านนอก | ความเร็วลมด้านใน | ความเร็วลมด้านนอก |
| 1 | 1.8 | 1.9 | 1.6 | 0.9 |
| 2 | 1.2 | 1.8 | 0.8 | 0.4 |
| 3 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| 4 | 0.1 | 0.1 | 0 | 0 |

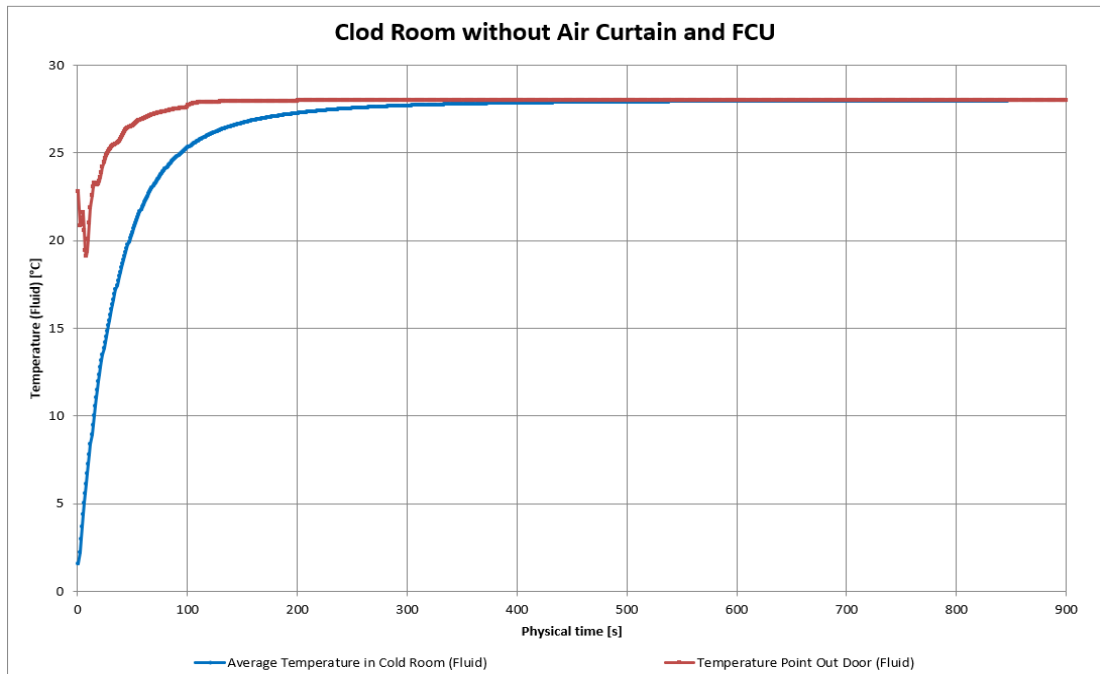


รูปที่ 4.6 เครื่องสำหรับวัดความเร็วลม

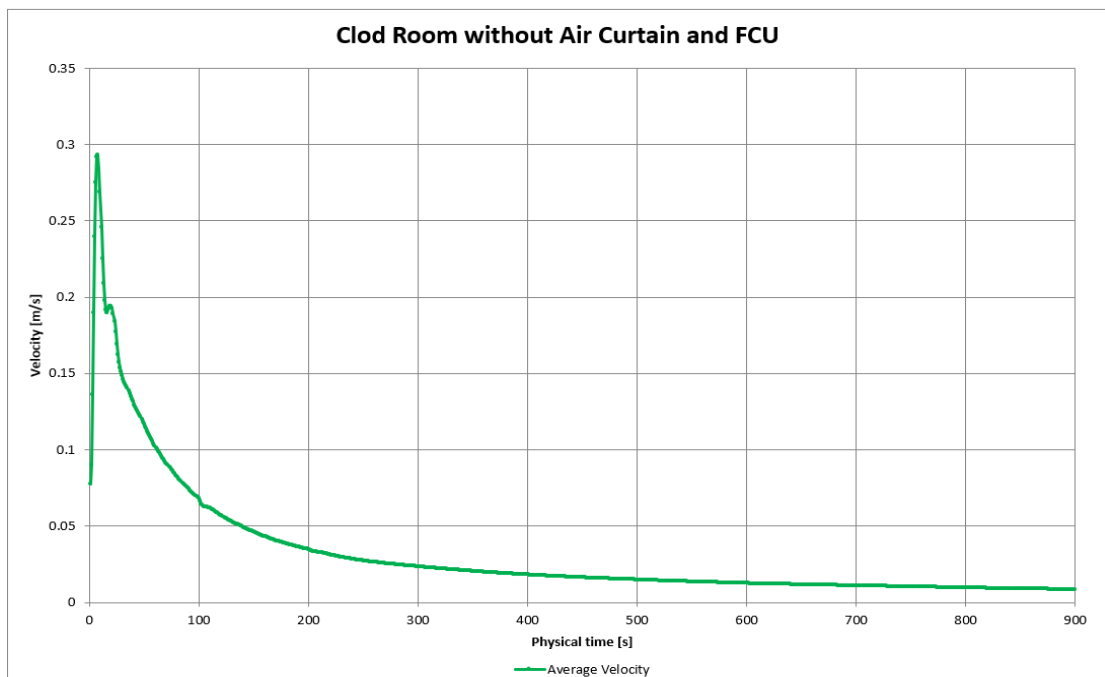
ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็วลมนั้น ไม่ได้มีความละเอียดสูงมากพอเนื่องจากผลที่วัดได้มีค่าทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น ผลที่วัดได้จึงอาจมีค่าที่ไม่ละเอียดพอ ทางผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการทดลองเพิ่มเติมด้านการทำแบบจำลองการไหลของอนุภาคและความเร็วลมด้วยโปรแกรม Solidwork 2022 เพื่อที่จะสามารถเห็นพฤติกรรมลมภายในห้องเย็น ได้ชัดเจนและละเอียดยิ่งขึ้น

4.2 แบบจำลอง CFD ภายในห้องเย็น

4.2.1 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยไม่มีม่านอากาศและ FCU



รูปที่ 4.7 อุณหภูมิของห้องเย็นโดยม่านอากาศและ FCU ไม่ทำงาน

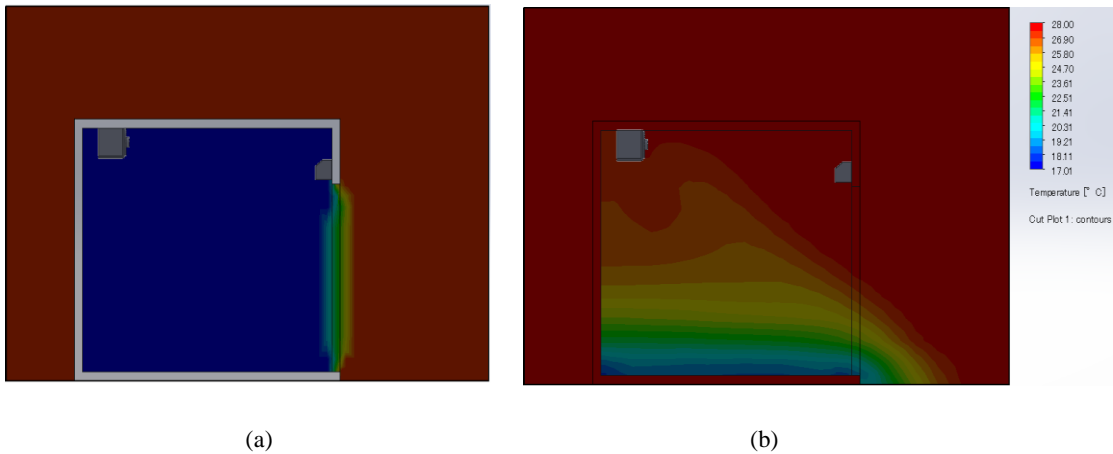


รูปที่ 4.8 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยที่ม่านอากาศไม่ทำงาน and FCU

จาก รูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าหากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C เปิดประตูทิ้งไว้ ไม่มีม่านอากาศและไม่มีการทำงานของ FCU ภายในเวลา 8 นาที อุณหภูมิภายในห้องเย็นจะเท่ากับอุณหภูมิ Ambient

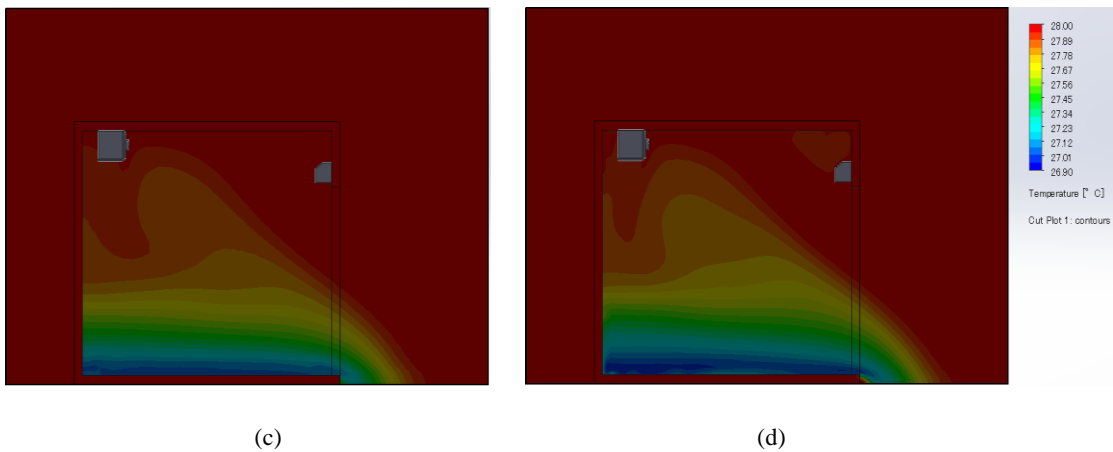
ตารางที่ 4.4 แบบจำลองผลลัพธ์ของห้องเย็นโดยไม่มีทำงานของ FCU และม่านอากาศ

| เวลา | จุดวัดอุณหภูมิใน ห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ในห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของ ความเร็วลม |
|------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 22.77 | 1.59 | 0.07 |
| 10 | 20.08 | 7.25 | 0.26 |
| 20 | 23.36 | 12.37 | 0.19 |
| 30 | 25.25 | 15.76 | 0.14 |
| 40 | 25.86 | 18.45 | 0.13 |
| 50 | 26.54 | 20.49 | 0.11 |
| 60 | 26.95 | 22.06 | 0.1 |
| 70 | 27.21 | 23.2 | 0.09 |
| 80 | 27.36 | 24.07 | 0.08 |
| 90 | 27.5 | 24.75 | 0.07 |
| 100 | 27.59 | 25.27 | 0.06 |
| 200 | 27.96 | 27.25 | 0.03 |
| 300 | 27.99 | 27.68 | 0.02 |
| 400 | 27.99 | 27.83 | 0.01 |
| 500 | 27.99 | 27.89 | 0.01 |
| 600 | 27.99 | 27.92 | 0.01 |
| 700 | 27.99 | 27.94 | 0.01 |
| 800 | 27.99 | 27.96 | 0.009 |
| 900 | 27.99 | 27.96 | 0.008 |



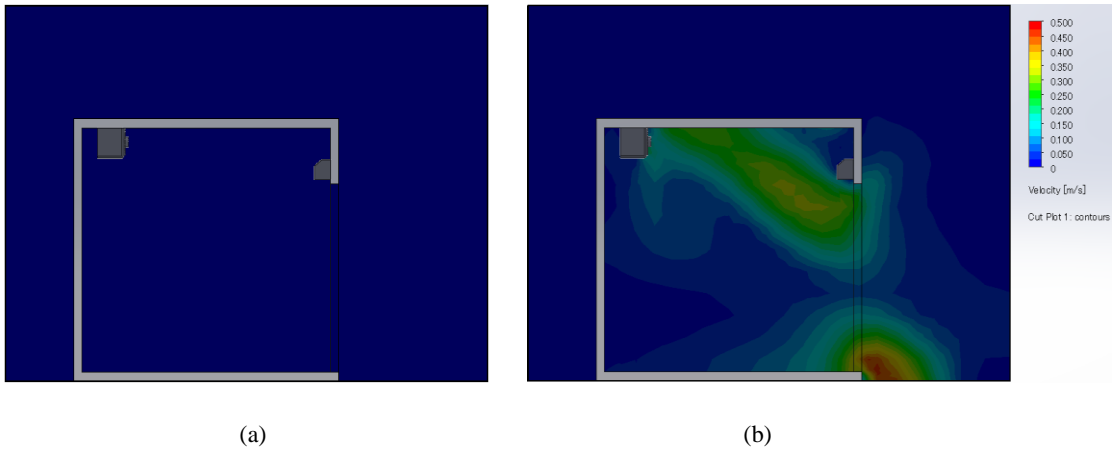
รูปที่ 4.9 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน
(a) 0 วินาที (b) 100 วินาที

จาก รูปที่ 4.9 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0s โดยให้ภายในห้องเย็นมีอุณหภูมิอยู่ที่ 1°C อุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ 28°C จะเห็นได้ว่าในสถานะเริ่มต้นยังไม่มีเกิดการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องเย็นอย่างรวดเร็ว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 25.27°C



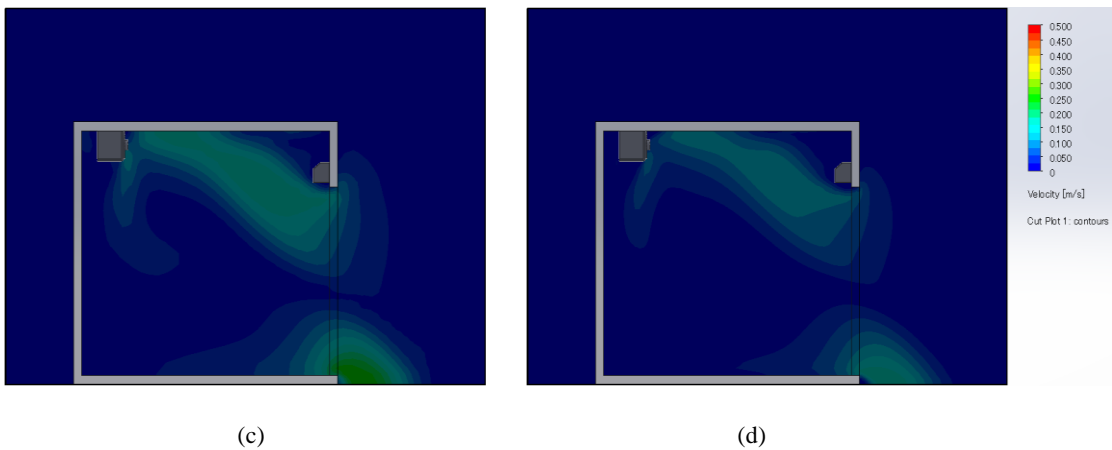
รูปที่ 4.10 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน
(c) 200 วินาที (d) 300 วินาที

จาก รูปที่ 4.10 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 200s จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในห้องเย็นนั้นพุ่งสูงขึ้นไปเกือบเท่ากับอุณหภูมิภายนอกที่ 28°C แล้ว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 27.25°C (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 300s จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในห้องเย็นนั้นเริ่มจะไม่ค่อยมีความเปลี่ยนแปลงแล้ว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 27.68°C



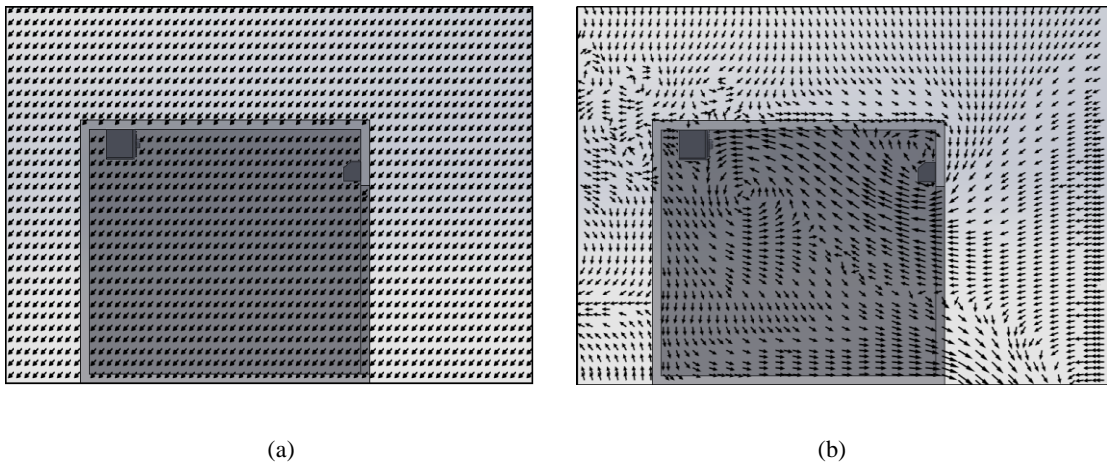
รูปที่ 4.11 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (a) 0 วินาที (b) 100 วินาที

จาก รูปที่ 4.11 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0s จะเห็นได้ว่าในสถานะเริ่มต้นยังไม่มีลมเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปิดประตูห้องเย็น จะทำให้เกิดการไหลของลม โดยจะมีการไหลของลมในบริเวณด้านบนและด้านล่างของห้องเย็น โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0683 m/s



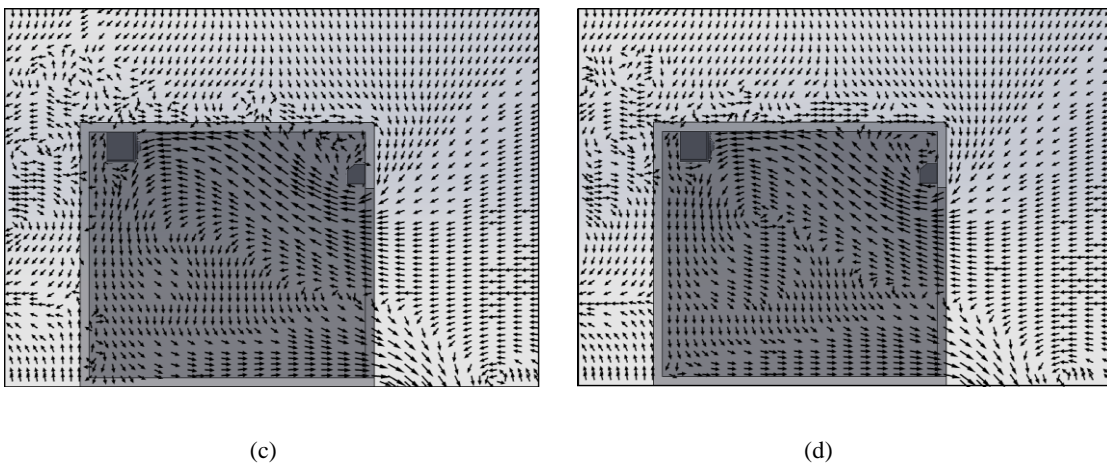
รูปที่ 4.12 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (c) 200 วินาที (d) 300 วินาที

จาก รูปที่ 4.12 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 200s จะเห็นได้ว่ายังมีลมไหลอยู่ในบริเวณด้านบนและด้านล่างของห้องเย็นเหมือนเดิม แต่ความเร็วลมเริ่มน้อยลง โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0347 m/s (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 300s จะเห็นได้ว่าความเร็วของลมที่ไหลบริเวณประตูห้องเย็นนั้นเหลือน้อยลงมากแล้วเนื่องจากใกล้เข้าสู่สภาวะคงที่ โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0235 m/s



รูปที่ 4.13 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (a) 0 วินาที (b) 100 วินาที

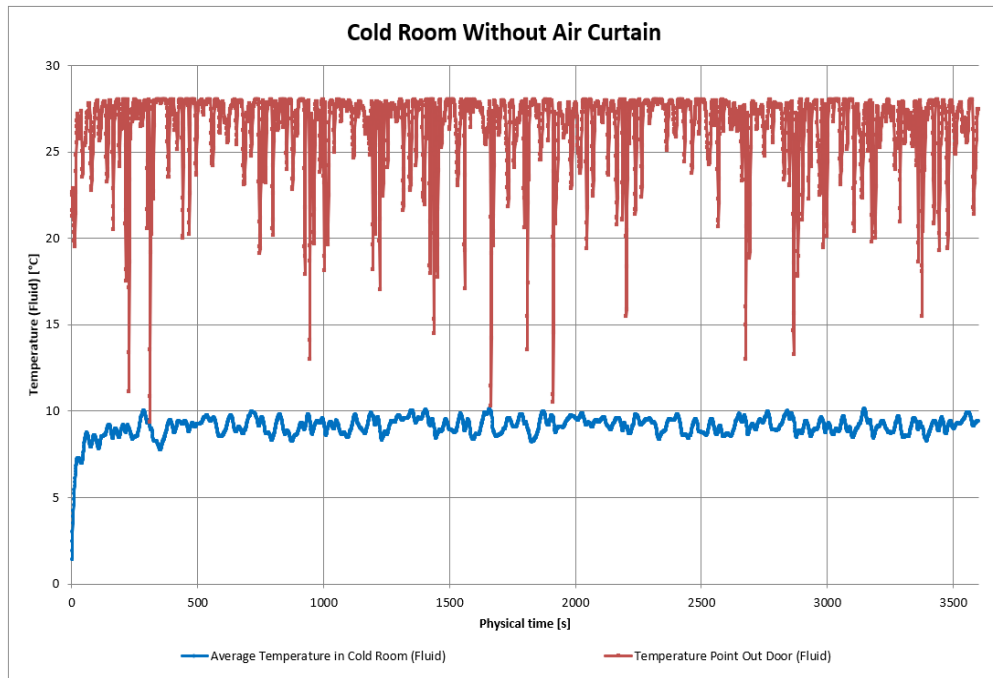
จาก รูปที่ 4.13 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0s จะเห็นได้ว่าในสถานะเริ่มต้นจะยังไม่เห็นทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปิดประตูห้องเย็น จะมีลมไหลเข้าห้องเย็นจากทางด้านบนของประตู จะมีลมไหลออกบริเวณด้านล่างของห้องเย็นเย็น และจะมีลมหมุนวนบริเวณด้านล่างของ FCU



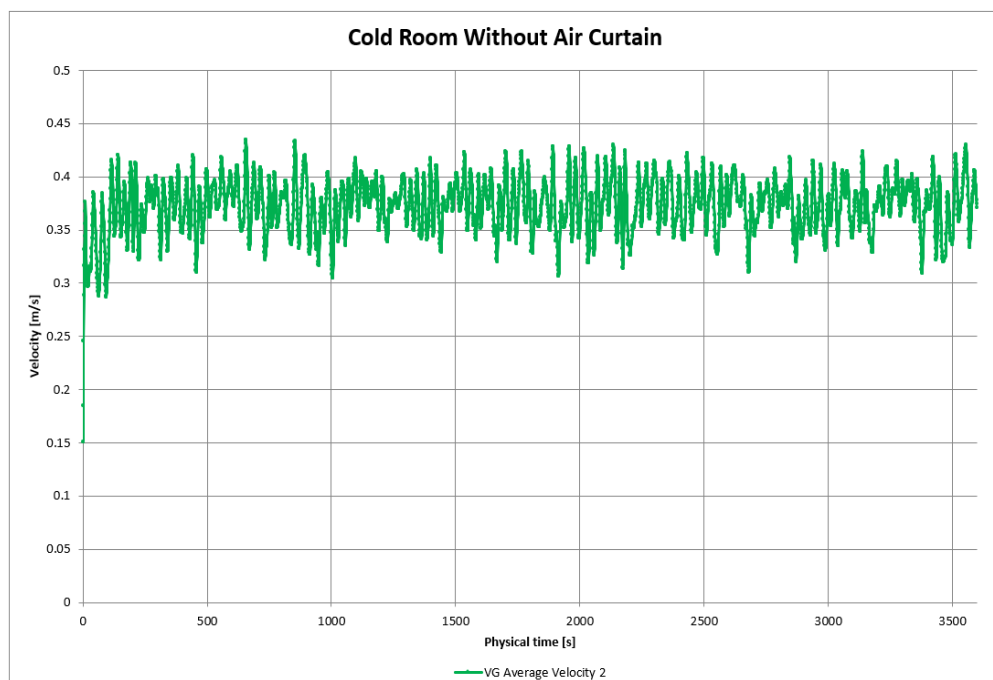
รูปที่ 4.14 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ไม่ทำงาน (c) 200 วินาที (d) 300 วินาที

จาก รูปที่ 4.14 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 200s จะเห็นได้ว่ายังมีลมไหลเข้าห้องเย็นจากทางด้านบนของประตู จะมีลมไหลออกบริเวณด้านล่างของห้องเย็นเช่นเดิม ส่วนลมหมุนวนบริเวณด้านล่างของ FCU เลื่อนต่ำลงมาด้านล่าง (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 300s จะเห็นได้ว่ายังมีลมไหลเข้าห้องเย็นจากทางด้านบนของประตู จะมีลมไหลออกบริเวณด้านล่างของห้องเย็นเช่นเดิม ส่วนลมหมุนวนบริเวณด้านล่างของ FCU ค่อยๆหายไปเนื่องจากสถานะเริ่มคงที่แล้ว

4.2.2 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยไม่มีม่านอากาศ



รูปที่ 4.15 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยที่ม่านอากาศไม่ทำงาน

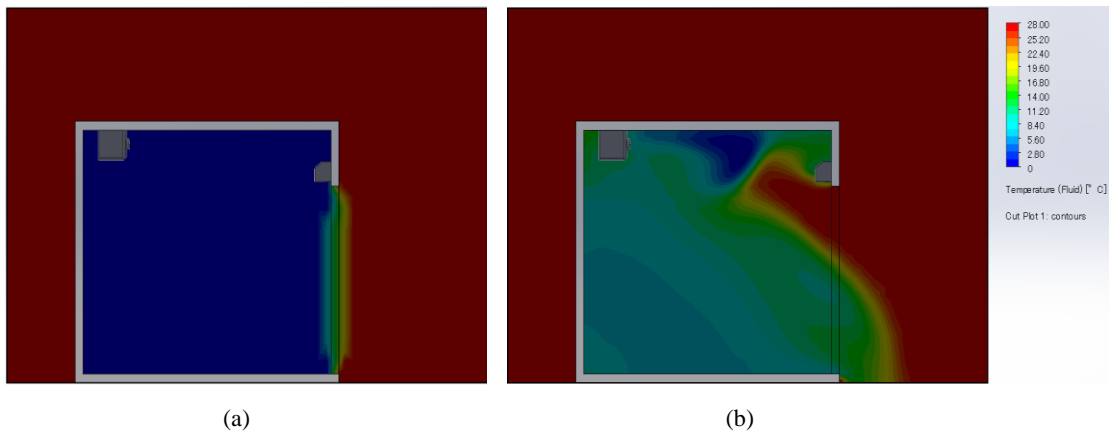


รูปที่ 4.16 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยที่ม่านอากาศไม่ทำงาน

จาก รูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าหากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C และเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ไม่มีม่านอากาศ แต่ FCU ยังคงทำงาน จากการทดลองทั้งหมด 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 9.1°C และอุณหภูมิหน้าห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 26.4°C

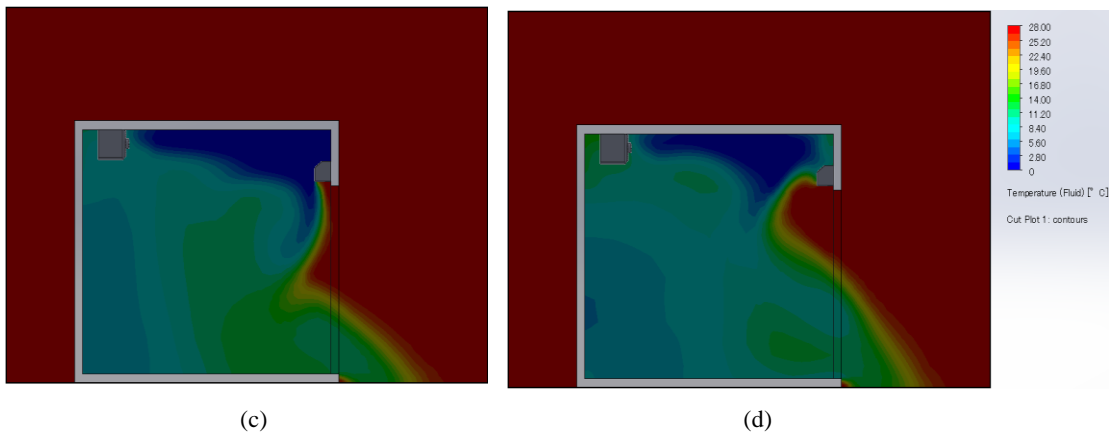
ตารางที่ 4.5 แบบจำลอง ผลลัพธ์ของห้องเย็น โดยไม่มีการทำงานของม่านอากาศ

| เวลา | จุดวัดอุณหภูมิใน ห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ในห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของ ความเร็วลม |
|------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 22.67 | 1.43 | 0.15 |
| 10 | 20.33 | 5.2 | 0.37 |
| 20 | 26.09 | 7.04 | 0.29 |
| 30 | 26.67 | 7.24 | 0.31 |
| 40 | 26.01 | 6.97 | 0.37 |
| 50 | 25.43 | 8 | 0.35 |
| 60 | 26.67 | 8.73 | 0.29 |
| 70 | 27.8 | 8.28 | 0.31 |
| 80 | 22.97 | 8.02 | 0.37 |
| 90 | 26.42 | 8.61 | 0.3 |
| 100 | 27.63 | 8.23 | 0.3 |
| 200 | 26.36 | 9.04 | 0.35 |
| 300 | 20.53 | 9.33 | 0.38 |
| 400 | 27.12 | 9.19 | 0.34 |
| 500 | 26.85 | 9.25 | 0.4 |
| 600 | 27.88 | 8.6 | 0.38 |
| 700 | 26.74 | 9.49 | 0.36 |
| 800 | 21.05 | 8.49 | 0.38 |
| 900 | 27.41 | 8.82 | 0.4 |
| 1000 | 27.76 | 9.45 | 0.32 |
| 1500 | 26.96 | 8.93 | 0.39 |
| 2000 | 27.79 | 9.6 | 0.34 |
| 2500 | 27.99 | 8.77 | 0.41 |
| 3000 | 20.76 | 9.07 | 0.38 |
| 3500 | 27.43 | 9.02 | 0.33 |
| 3600 | 27.45 | 9.44 | 0.37 |



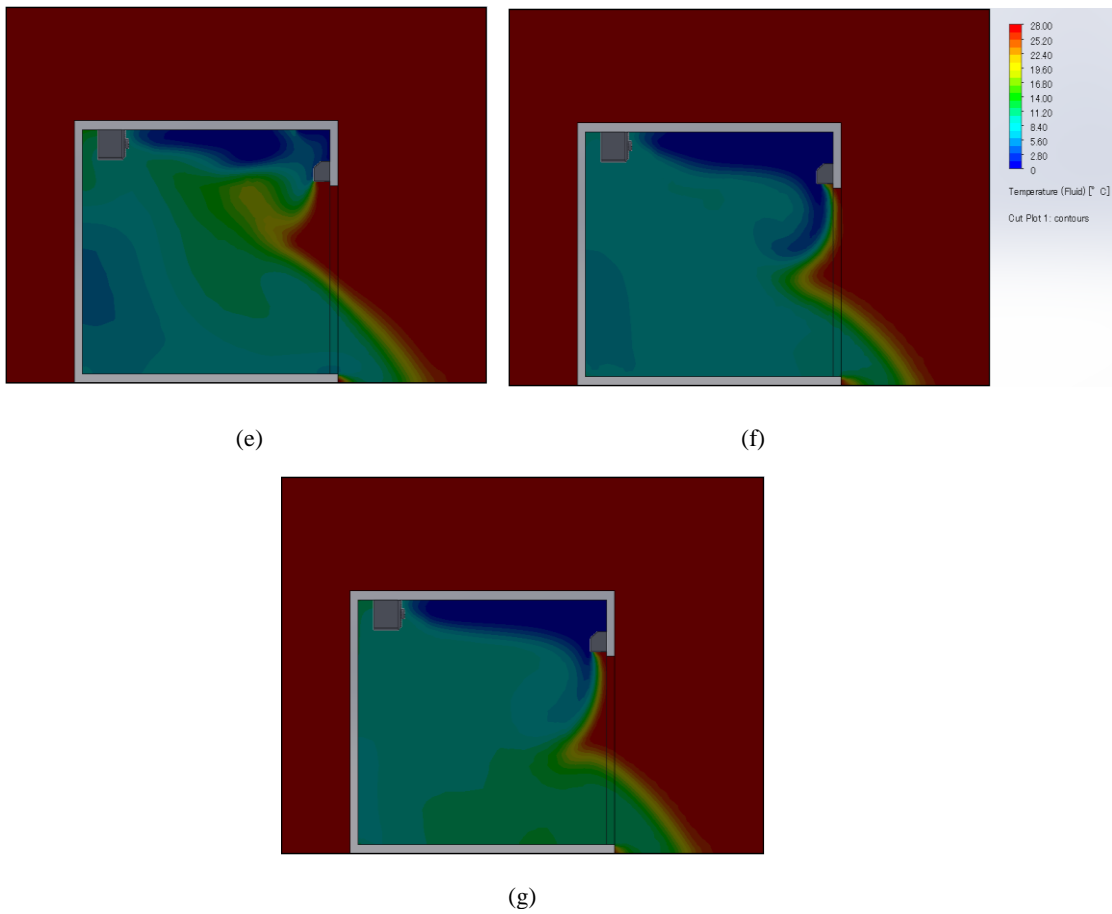
รูปที่ 4.17 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.17 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0 วินาที โดยให้ภายในห้องเย็นมีอุณหภูมิอยู่ที่ 1°C อุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ 28°C จะเห็นได้ว่าในสถานะเริ่มต้นยังไม่มี การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าเริ่มมีอากาศอุ่นจากภายนอกไหลเข้ามาในห้องเย็นจากทางด้านบนของประตูโดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 9.33°C



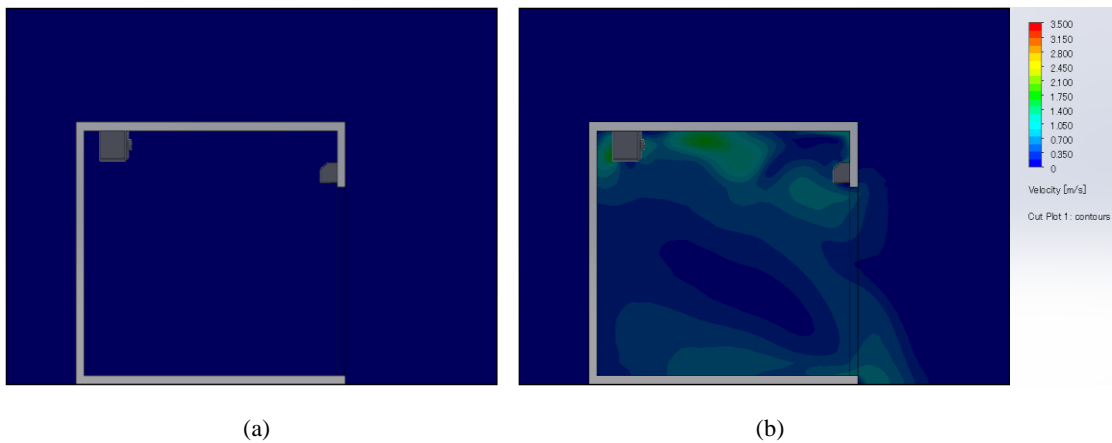
รูปที่ 4.18 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 15 นาที

จาก รูปที่ 4.18 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นมาเล็กน้อย โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 8.6°C (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่า เนื่องจากยังมีการทำงานของ FCU ทำให้ยังคงรักษาอุณหภูมิในห้องเย็นอยู่ได้ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 8.82°C



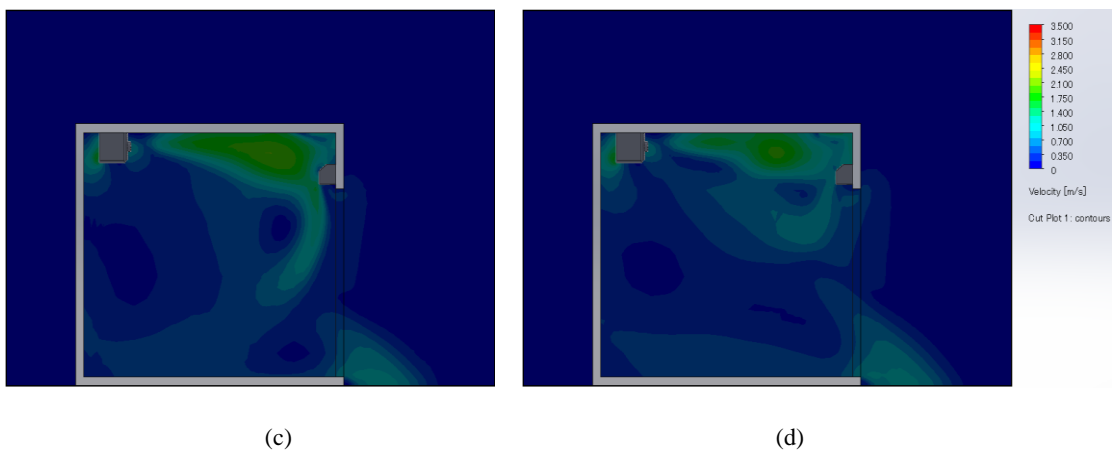
รูปที่ 4.19 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที

จาก รูปที่ 4.19 เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m , 45m , 60m จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในห้องเย็นจะคงที่แบบนี้ไปเรื่อยๆเนื่องจาก FCU ยังคงให้ความเย็นกับห้องเย็นอยู่ ทำให้ห้องเย็นสามารถยังคงอุณหภูมิไว้ได้ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 9.17°C



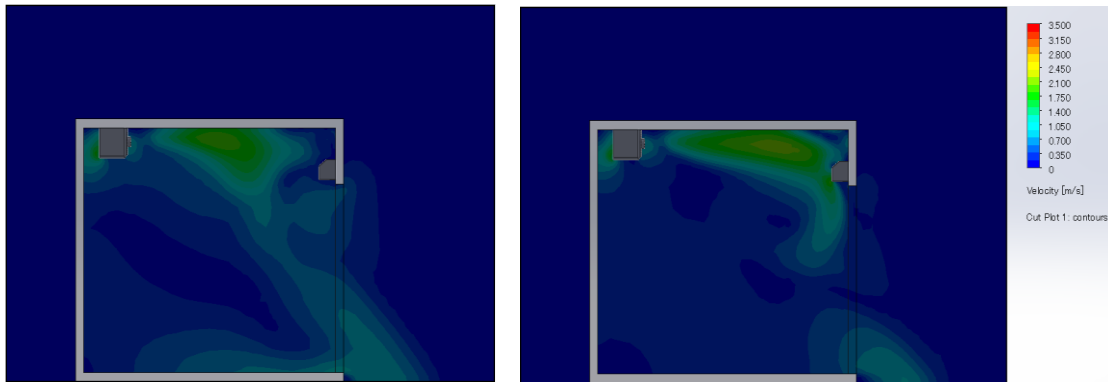
รูปที่ 4.20 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.20 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0s จะเห็นได้ว่าในสถานะเริ่มต้นยังไม่มีเคลื่อนที่ของลมภายในห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปิดประตูห้องเย็นจะมีการไหลของลมที่บริเวณด้านบนและด้านล่างของประตู โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.384 m/s



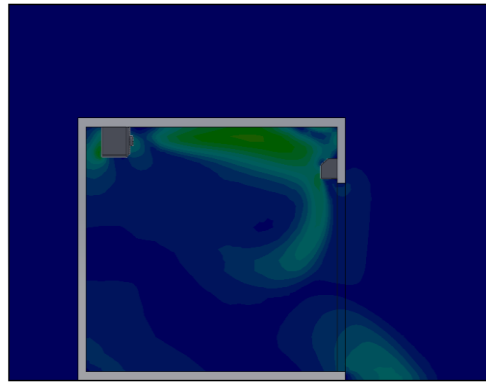
รูปที่ 4.21 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.21 (a) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่าเนื่องจากยังมีการทำงานของ FCU อยู่ จึงเห็นลมไหลบริเวณเพดานห้องเย็น โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.389 m/s (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่ามีลมไหลบริเวณประตูและเพดานห้องเย็นเนื่องจาก FCU เช่นเดิม โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.403 m/s



(e)

(f)

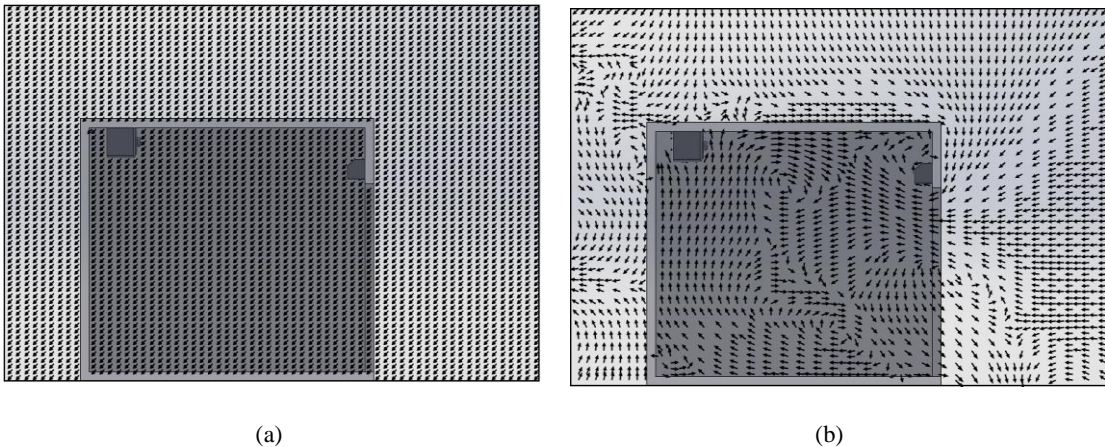


(g)

รูปที่ 4.22 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นด้วยม่านอากาศกริวทั่วไป

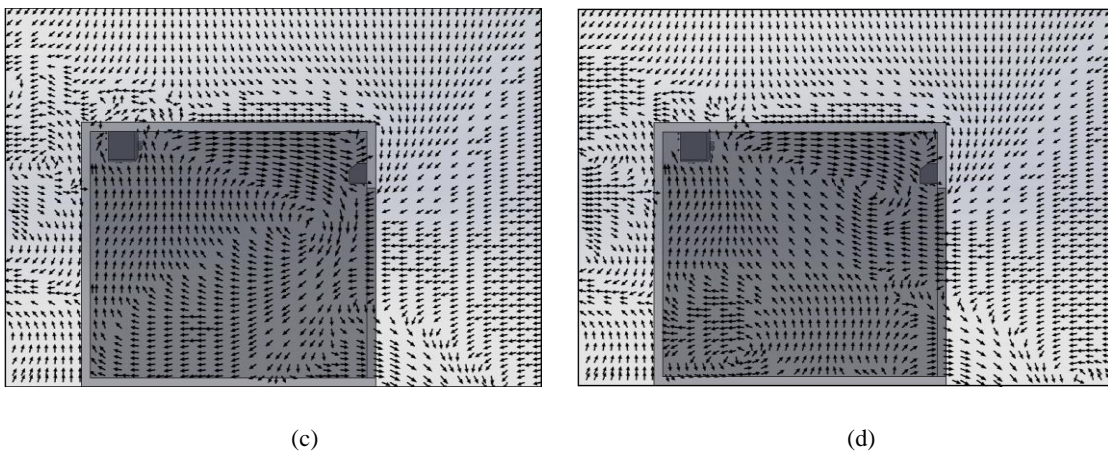
(e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที

จากรูปที่ 4.22 เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m , 45m , 60m จะเห็นได้ว่าความเร็วลมเฉลี่ยในห้องเย็นจะคงที่แบบนี้ไปเรื่อยๆเนื่องจาก FCU ยังคงเป่าลมให้กับห้องเย็นอย่างต่อเนื่อง โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 0.374 m/s



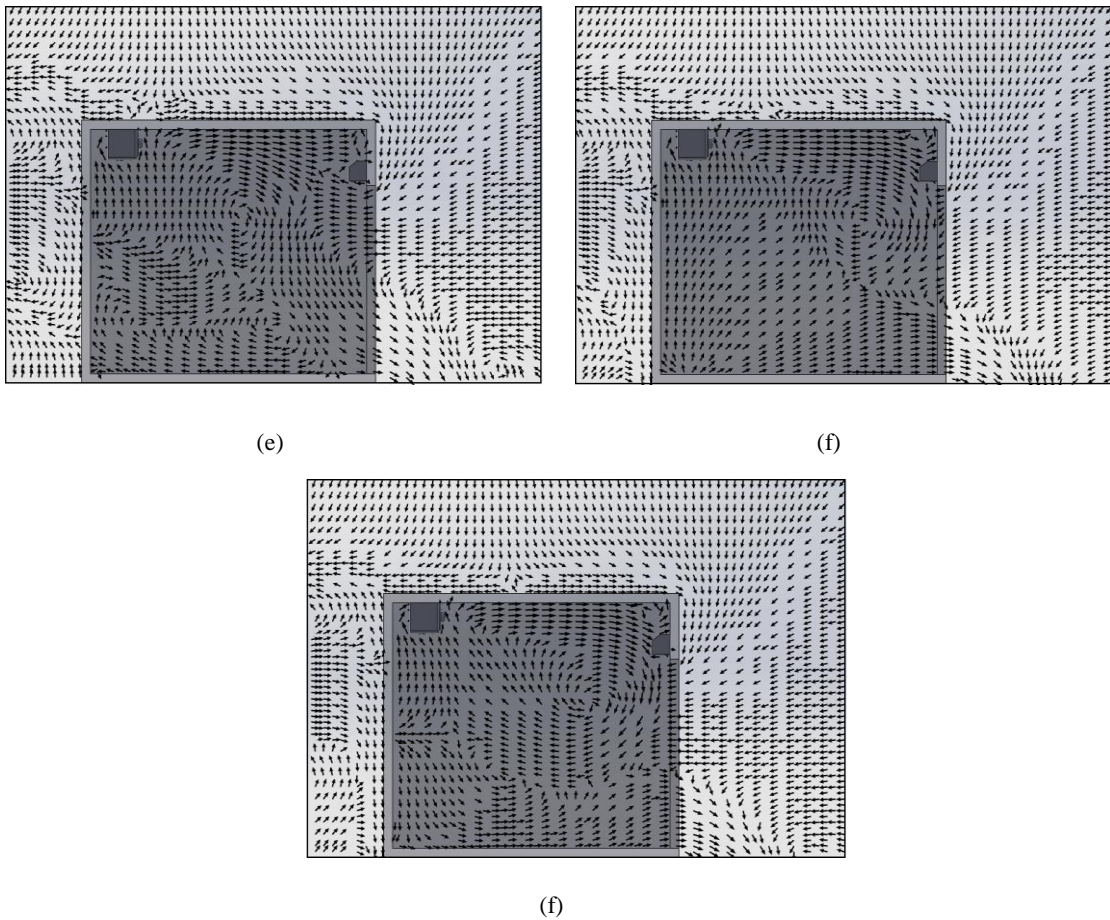
รูปที่ 4.23 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (a) 0 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.23 (a) เริ่มต้นการทดลองที่ 0s จะเห็นได้ว่าในสภาวะเริ่มต้นจะยังไม่เห็นทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็น (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปิดประตูห้องเย็นจะมีการไหลของลมที่บริเวณด้านบนและด้านล่างของประตู มีการหมุนวนของลมบริเวณเหนือม่านอากาศ บริเวณกลางห้องเย็นด้านบนและด้านล่าง



รูปที่ 4.24 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (c) 10 นาที (d) 15 นาที

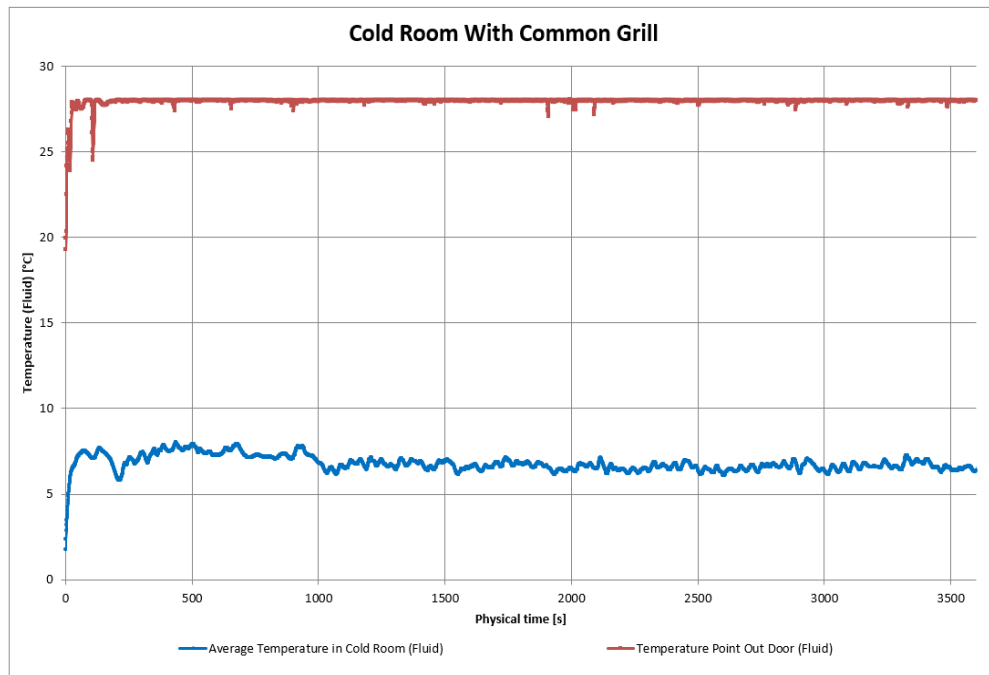
จาก รูปที่ 4.24 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่าความปั่นป่วนของลมเริ่มลดลง มีการหมุนวนของลมประตูด้านในห้องเย็น (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่าความปั่นป่วนของลมเริ่มกลับมาอีกครั้ง โดยมีการหมุนวนของลมประตูด้านในห้องเย็นและมุมซ้ายล่างของห้องเย็น



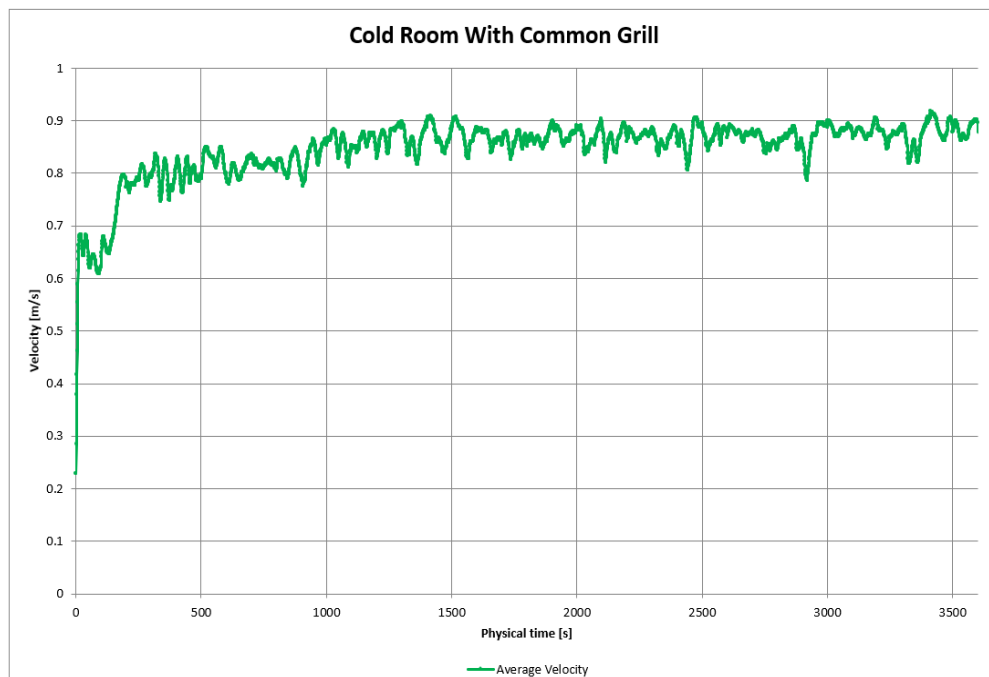
รูปที่ 4.25 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้โดยที่ FCU ยังคงทำงาน (e) 30 นาที (f) 45 นาที (f) 60 นาที

จาก รูปที่ 4.25 เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m , 45m , 60m จะเห็นได้ว่าลมที่ไหลอยู่ภายในห้องเย็นมีทิศทางที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากยังมีการทำงานของ FCU และมีการไหลเข้าของอากาศอุ่นจากภายนอก เป็นสาเหตุให้ลมในห้องเย็นมีความปั่นป่วนอยู่ตลอดเวลา

4.2.3 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป



รูปที่ 4.26 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป

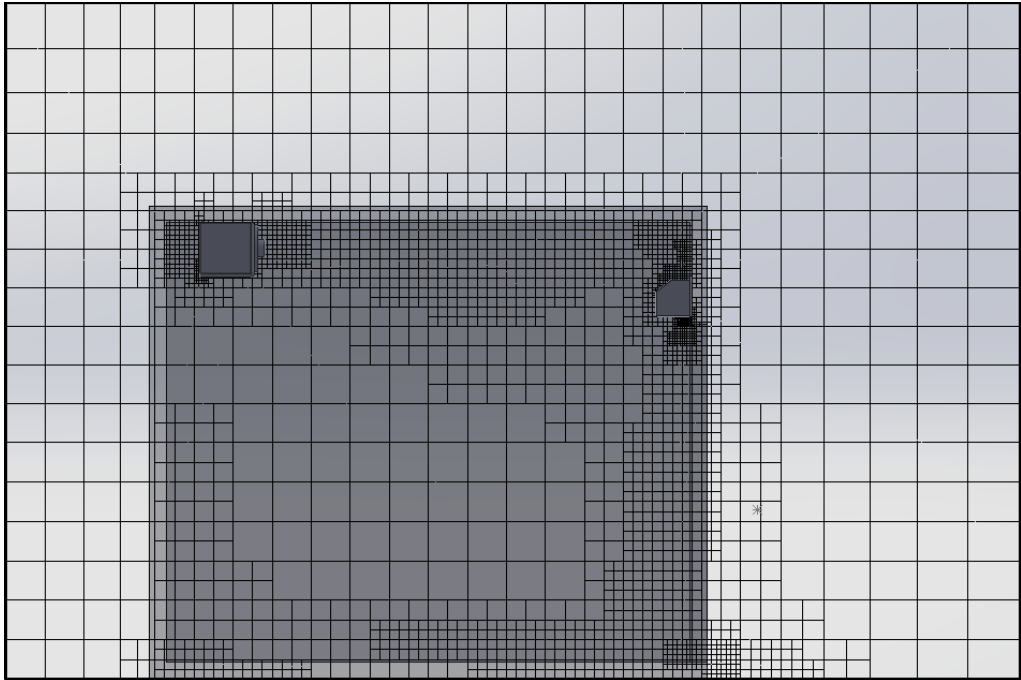


รูปที่ 4.27 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป

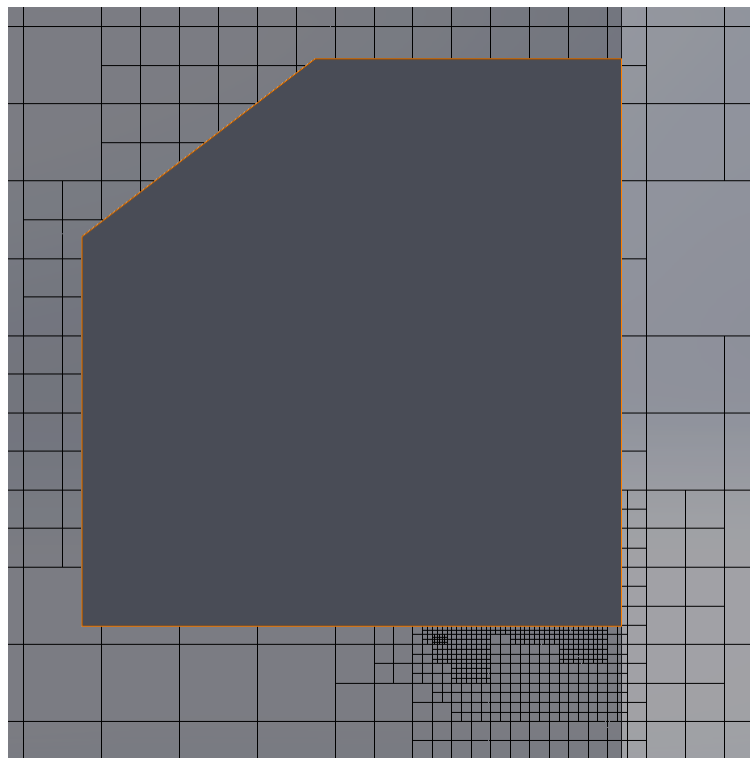
จาก รูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าหากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C และเปิดประตูทิ้งไว้โดยใช้ม่านอากาศแบบกริวทั่วไป จากการทดลองทั้งหมด 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.781°C และอุณหภูมิหน้าห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 27.938°C

ตารางที่ 4.6 แบบจำลอง ผลลัพธ์ของห้องเย็นด้วยม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป

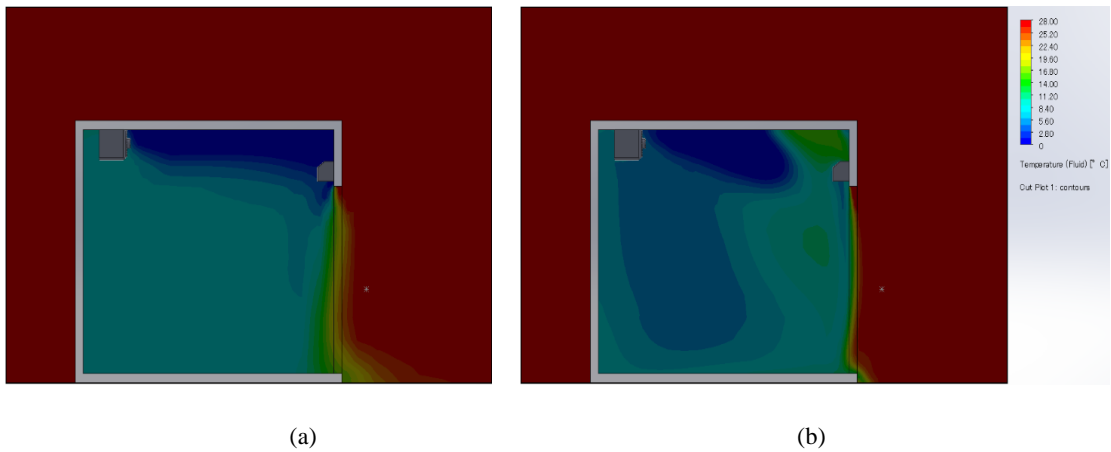
| เวลา | จุดวัดอุณหภูมินอก ห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ในห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของ ความเร็วลม |
|------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 19.95 | 1.77 | 0.22 |
| 10 | 25.52 | 4.45 | 0.63 |
| 20 | 24.48 | 6.05 | 0.68 |
| 30 | 27.82 | 6.56 | 0.64 |
| 40 | 27.47 | 6.82 | 0.68 |
| 50 | 27.94 | 7.2 | 0.64 |
| 60 | 27.5 | 7.37 | 0.62 |
| 70 | 27.57 | 7.52 | 0.64 |
| 80 | 27.98 | 7.48 | 0.62 |
| 90 | 27.99 | 7.35 | 0.6 |
| 100 | 27.99 | 7.15 | 0.62 |
| 200 | 27.84 | 6.13 | 0.78 |
| 300 | 27.96 | 7.41 | 0.79 |
| 400 | 27.99 | 7.58 | 0.81 |
| 500 | 27.97 | 7.89 | 0.79 |
| 600 | 27.99 | 7.26 | 0.8 |
| 700 | 27.98 | 7.42 | 0.83 |
| 800 | 27.99 | 7.18 | 0.81 |
| 900 | 27.95 | 7.07 | 0.79 |
| 1000 | 27.96 | 6.84 | 0.86 |
| 1500 | 27.99 | 6.93 | 0.89 |
| 2000 | 27.96 | 6.49 | 0.89 |
| 2500 | 27.99 | 6.48 | 0.89 |
| 3000 | 27.94 | 6.41 | 0.9 |
| 3500 | 27.99 | 6.5 | 0.89 |
| 3600 | 27.98 | 6.35 | 0.89 |



รูปที่ 4.28 ตาข่ายสำหรับมันอากาศในสภาวะคงที่ กริวทั่วไป

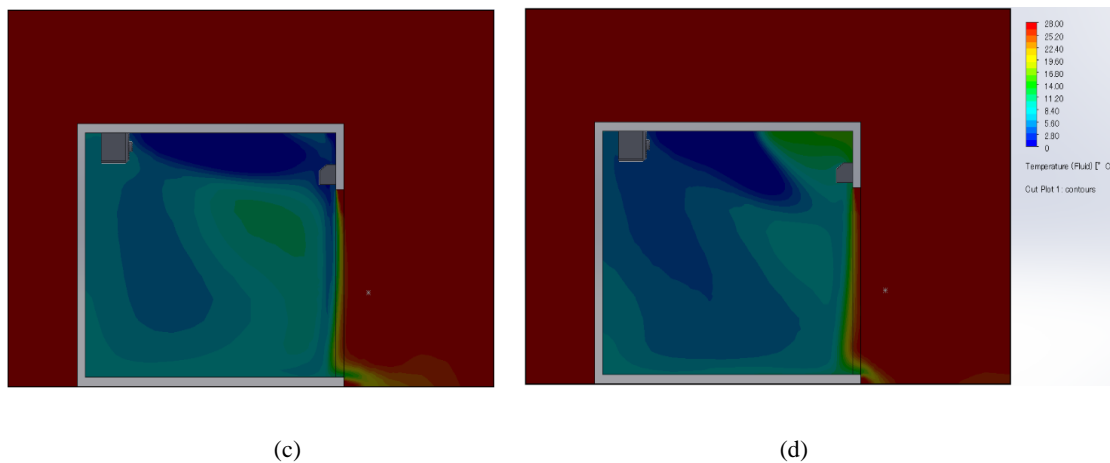


รูปที่ 4.29 พื้นที่ตาข่ายของกริวทั่วไปในสภาวะคงที่



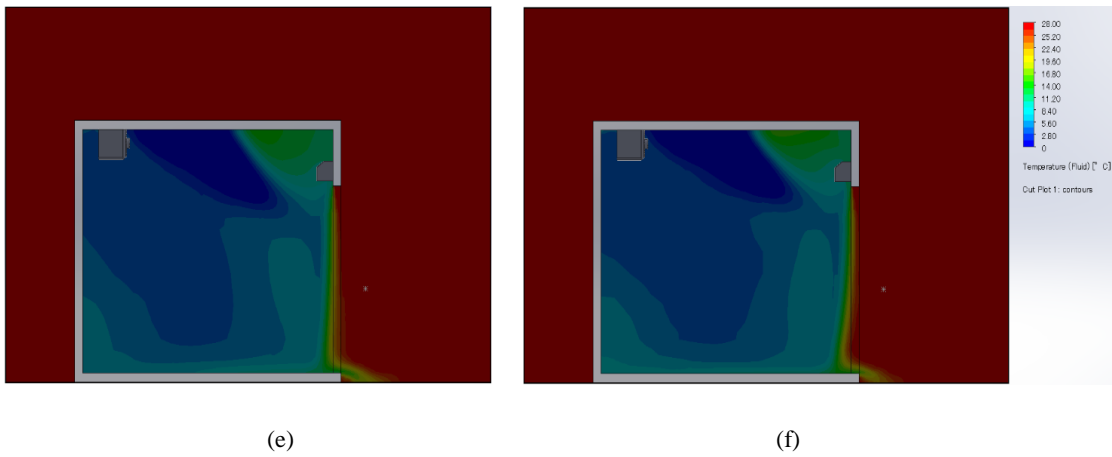
รูปที่ 4.30 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (a) 100 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.30 (a) จากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าม่านอากาศที่เพิ่งเริ่มทำงานจะเป็นม่านอากาศที่ยังไม่ค่อยมีความแข็งแรง สังเกตได้จากความโค้งงอของอุณหภูมิบริเวณประตู โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.15°C (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าม่านอากาศเริ่มมีความโค้งงอของเส้นอุณหภูมิน้อยลง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.41°C



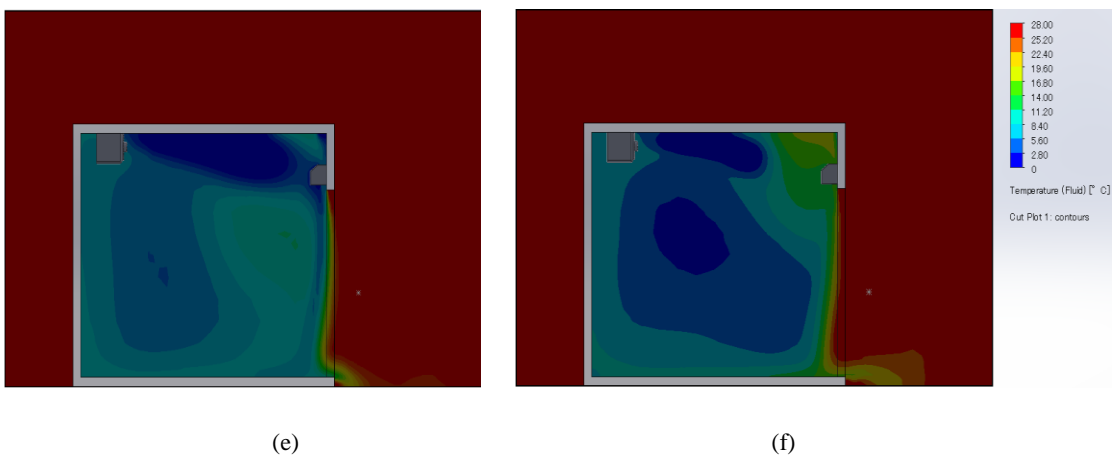
รูปที่ 4.31 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (c) 10 นาที (d) 15 นาที

จาก รูปที่ 4.31 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิห้องเย็นเริ่มกลับมาลดลงอีกครั้ง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.26°C (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิห้องเย็นลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.07°C



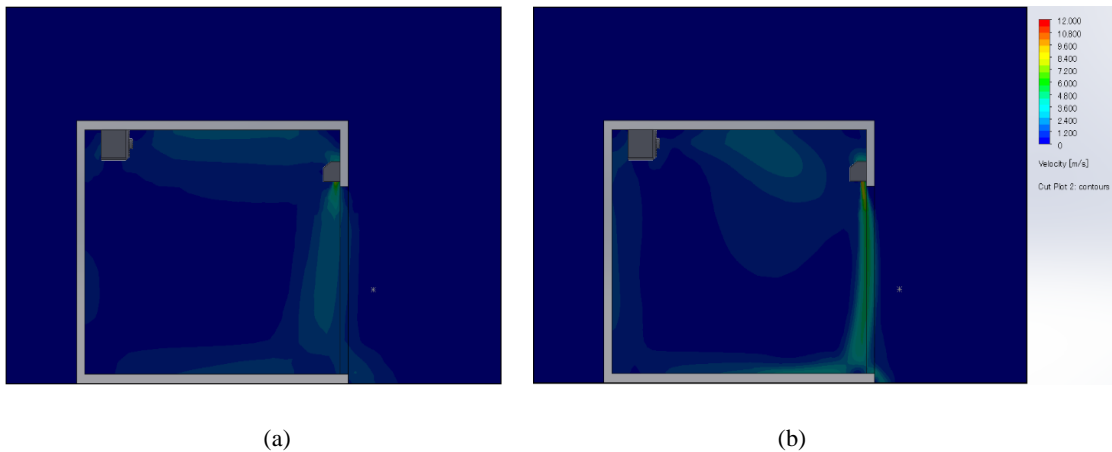
รูปที่ 4.32 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (e) 30 นาที (f) 45 นาที

จาก รูปที่ 4.32 (e) เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้าเริ่มกระจายมากขึ้น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.75°C (f) เมื่อทำการทดลองไปได้ 45m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้ากระจายออกเกือบทั่วห้องเย็น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.41°C



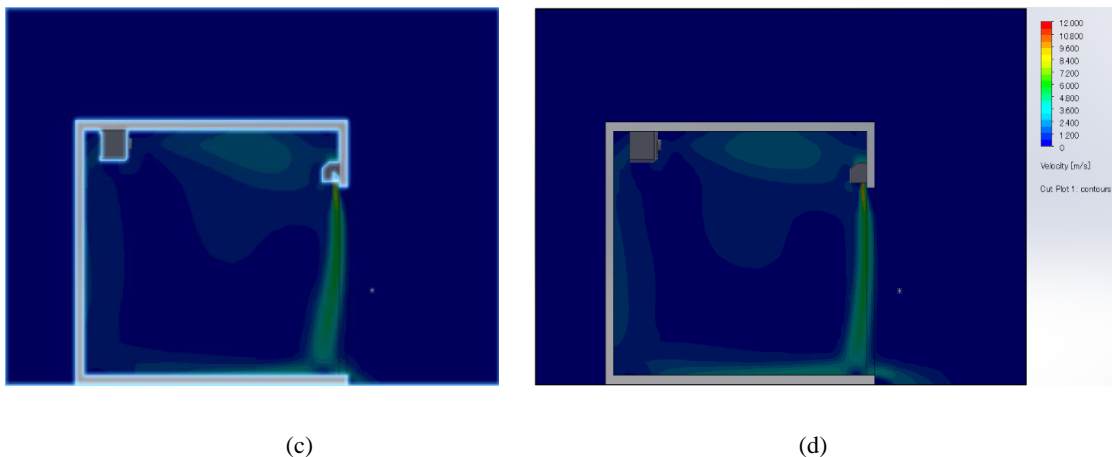
รูปที่ 4.33 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (g) 30 นาที (h) สถานะคงที่

จาก รูปที่ 4.33 (g) เมื่อทำการทดลองไปได้ 60m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้าเริ่มคงที่แล้ว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.35°C (h) เมื่อทำการทดลองจนถึงสถานะคงที่ จะเห็นได้ว่าความเย็นของห้องเย็นจะกระจายตัวไปอยู่กลางห้องเย็น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.04°C



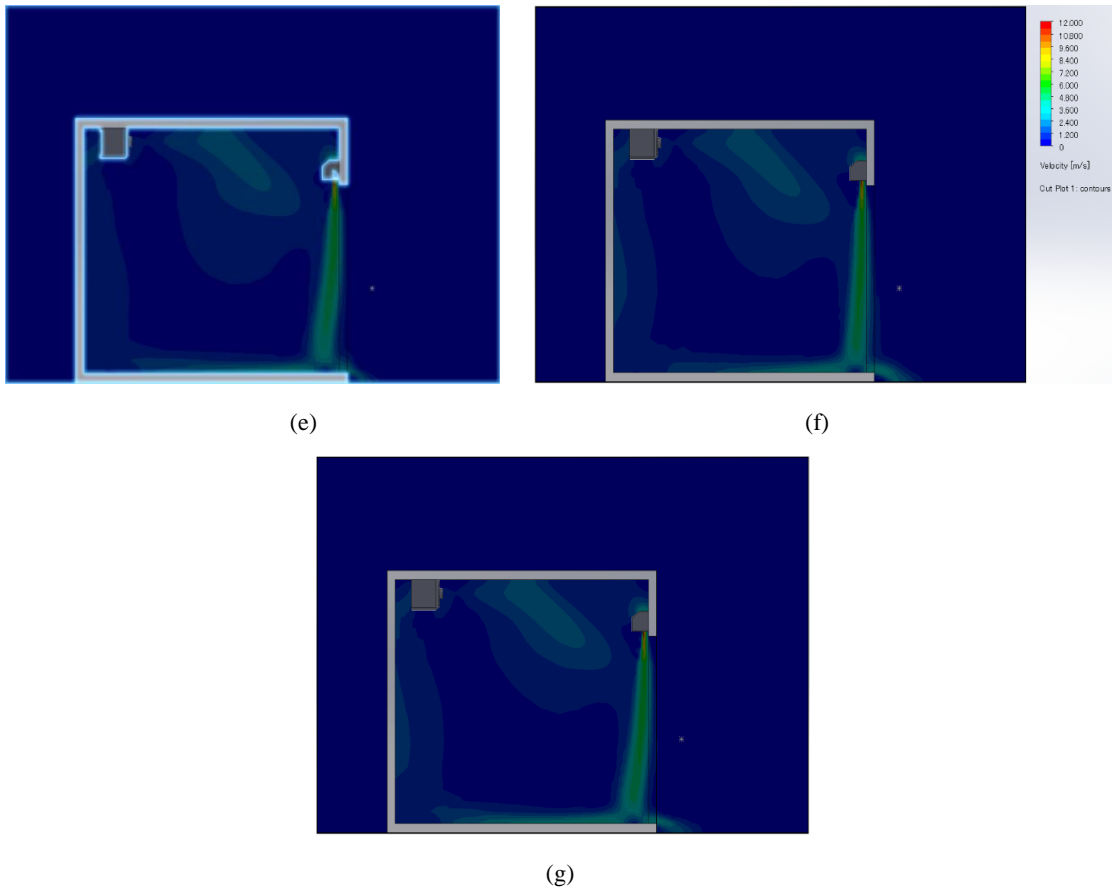
รูปที่ 4.34 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (a) 100 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.34 (a) เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าเมื่อม่านอากาศเพิ่งเริ่มทำงาน ความแข็งแรงของม่านอากาศยังไม่สูงมากนัก สังเกตได้จากความเร็วลมที่ยังไม่มากพอที่ถึงด้านล่างของประตู โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.622m/s (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าเมื่อม่านอากาศเริ่มมีความแข็งแรงมากขึ้น สังเกตได้จากความเร็วลมที่ไหลลงจนสุดขอบด้านล่างของประตู โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.797 m/s



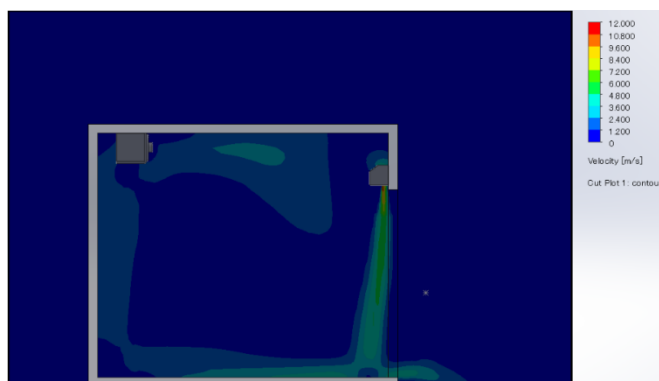
รูปที่ 4.35 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (c) 10 นาที (d) 15 นาที

จาก รูปที่ 4.35 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายกับช่วงการทดลองที่ 5m ม่านอากาศแข็งแรงขึ้น มีการหมุนวนของลมภายในห้องเย็นมากขึ้น โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.8 m/s (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่าม่านอากาศเริ่มเอียงเข้าด้านในของห้องเย็น ซึ่งอาจเกิดจากอากาศอุ่นที่ดันเข้ามาจากภายนอกห้องเย็น โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.795m/s



รูปที่ 4.36 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (e) 30 นาที (d) 45 นาที (c) 60 นาที

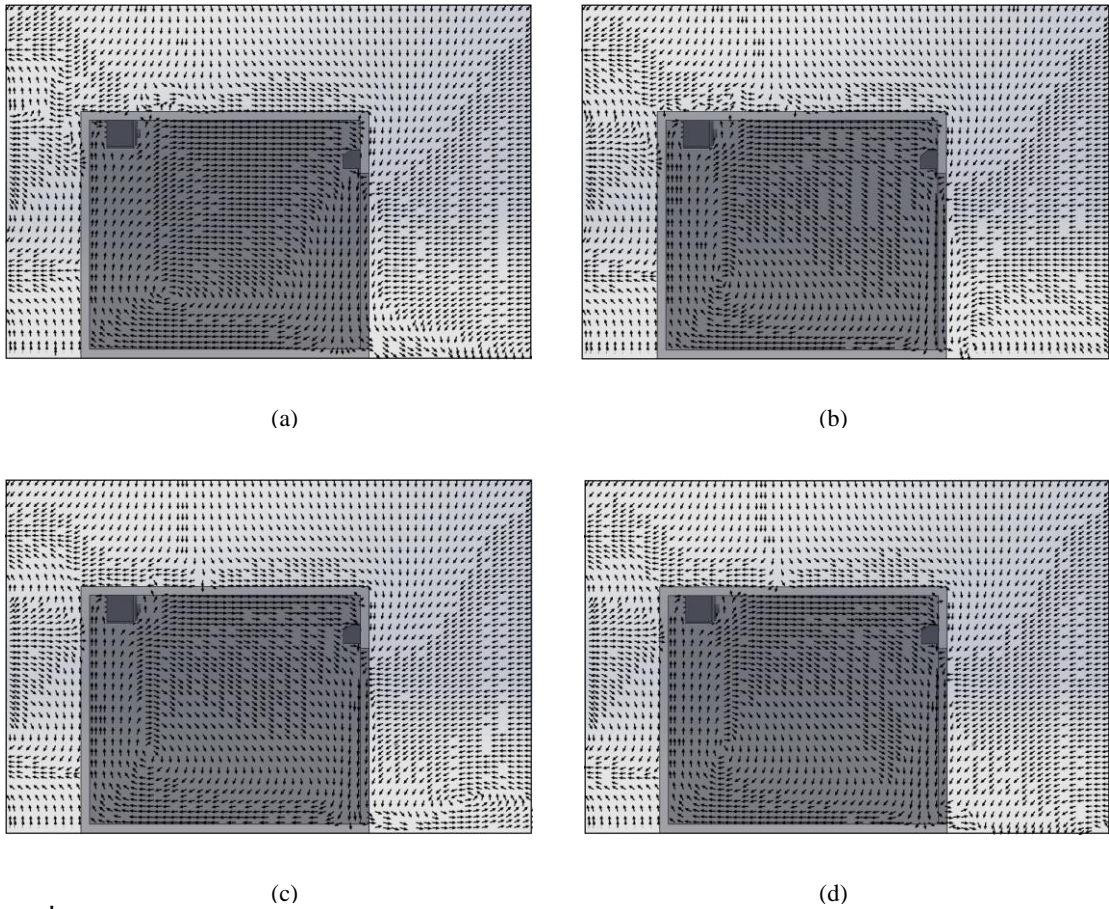
จาก รูปที่ 4.36 เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m , 45m , 60m จะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลของลมเริ่มคงที่ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างกันบ้างที่ความเอียงของลมจากม่านอากาศ โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 0.872 m/s



(h)

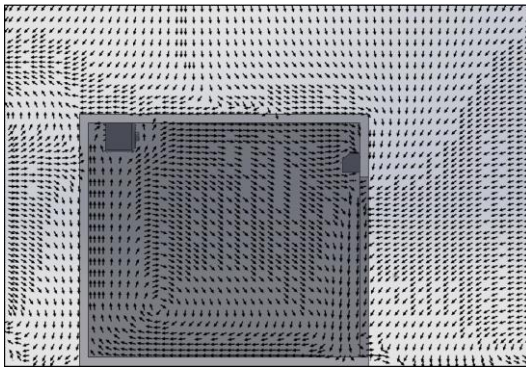
รูปที่ 4.37 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (h) สถานะคงที่

จาก รูปที่ 4.37 (h) เมื่อทำการทดลองจนถึงสถานะคงที่ จะเห็นได้ว่าม่านอากาศแบบกริวทั่วไปนั้นจะมีทิศทางของลมเอียงเข้าด้านในของห้องเย็น ซึ่งอาจเกิดจากมีการดันของอากาศอุ่นภายนอกหรือเกิดจากกริวลมแบบกริวทั่วไปโดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.894 m/s

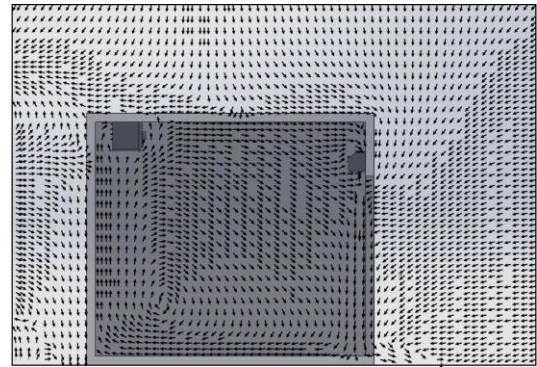


รูปที่ 4.38 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (a) 0 นาที (b) 5 นาที (c) 10 นาที (d) 15 นาที

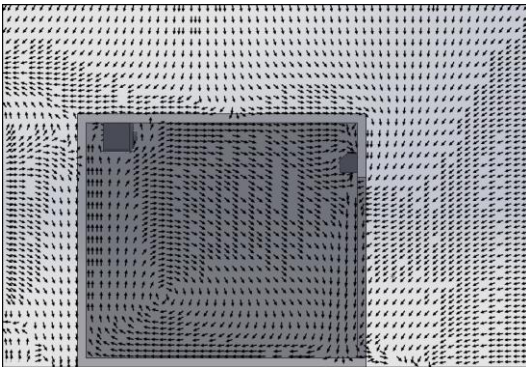
จาก รูปที่ 4.38 เมื่อทำการทดลองตั้งแต่เวลา 0s , 5m , 10m , 15m จะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลของลมบริเวณภายนอกห้องเย็นนั้นจะมีลมไหลบริเวณด้านหน้าและด้านบนของประตูห้องเย็นพยายามที่จะไหลผ่านประตูเข้ามา แต่ถูกกั้นด้วยม่านอากาศ ทำให้ลมที่มาปะทะกับม่านอากาศที่มีความเร็วลมมากกว่านั้นถูกพาลงไปที่ด้านล่างของประตูและไหลออกไปทางด้านขวาตามรูป ส่วนทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นนั้นจะเห็นว่าการไหลของลมมาจาก FCU ไหลไปทางด้านประตูของห้องเย็น แต่ไม่สามารถไหลออกนอกประตูไปได้เนื่องจากถูกความเร็วม่านอากาศนั้นพาอากาศที่มาชนไหลลงด้านล่างของประตูและไหลออกไปทางซ้ายของห้องเย็น



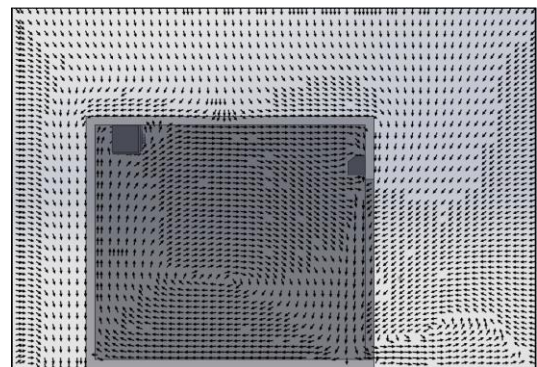
(e)



(f)



(g)

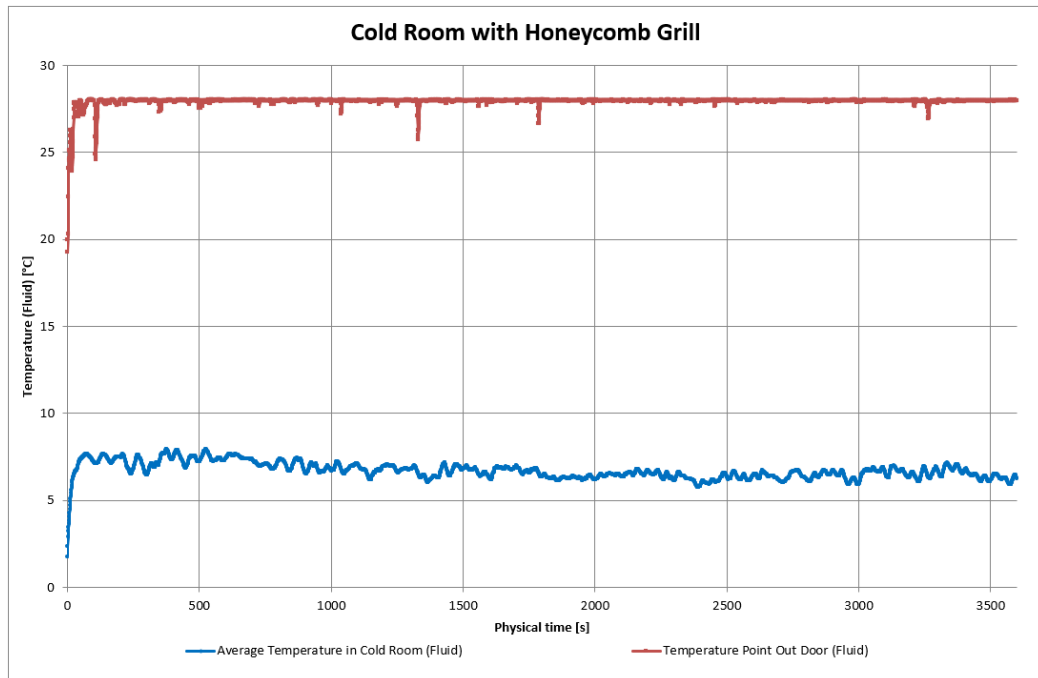


(h)

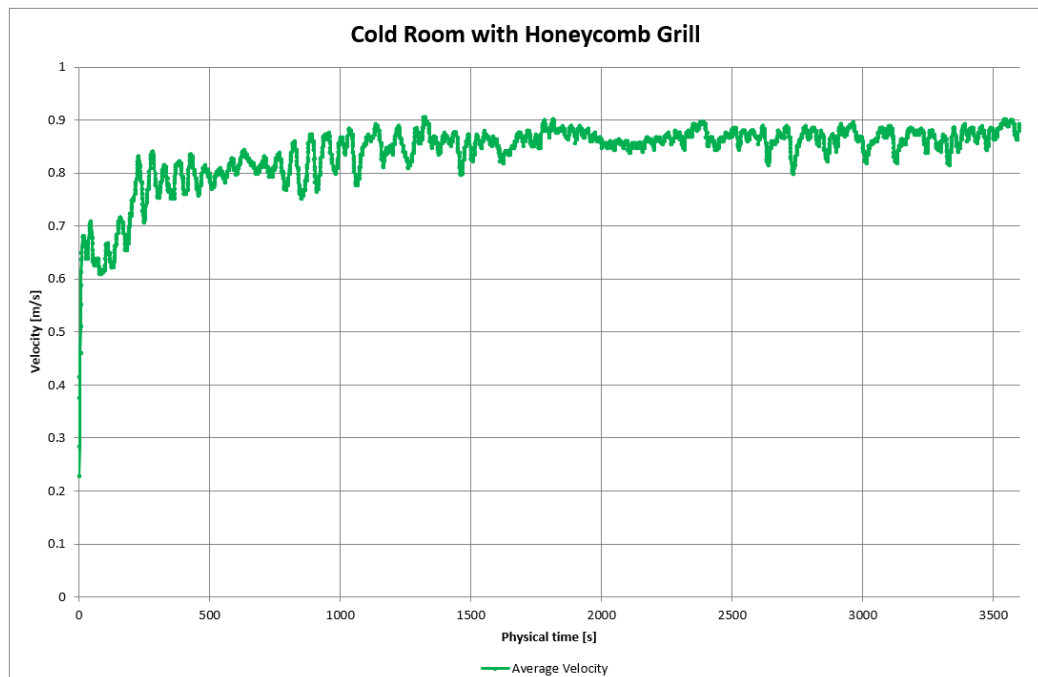
รูปที่ 4.39 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ทั่วไป (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที (h) สภาวะคงที่

จาก รูปที่ 4.39 เมื่อทำการทดลองตั้งแต่เวลา 30m , 45m , 60m และ สภาวะคงที่ จะเห็นได้ว่า
ลักษณะการไหลของลมบริเวณภายในและภายนอกห้องเย็นนั้นจะมีทิศทางการไหลที่คล้ายกับ
ทิศทางการไหลของการทดลองก่อนหน้านี้ ทิศทางการไหลของลมนั้นคงที่เนื่องจากม่านอากาศสามารถ
ป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นได้ดี และไม่มีปัจจัยอื่นมากระทำเช่น มีพนักงานเดินเข้าออกห้อง
เย็น

4.2.4 พฤติกรรมการแทรกซึมของอากาศโดยมีม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง



รูปที่ 4.40 อุณหภูมิของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวทั่วไป

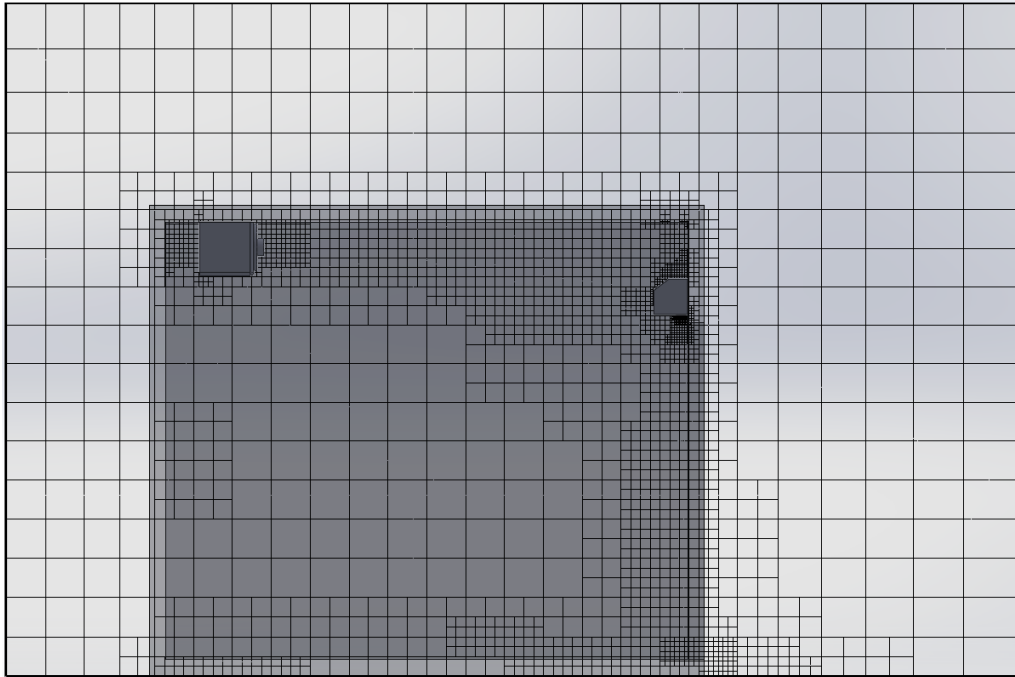


รูปที่ 4.41 ความเร็วลมของห้องเย็น โดยมีม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง

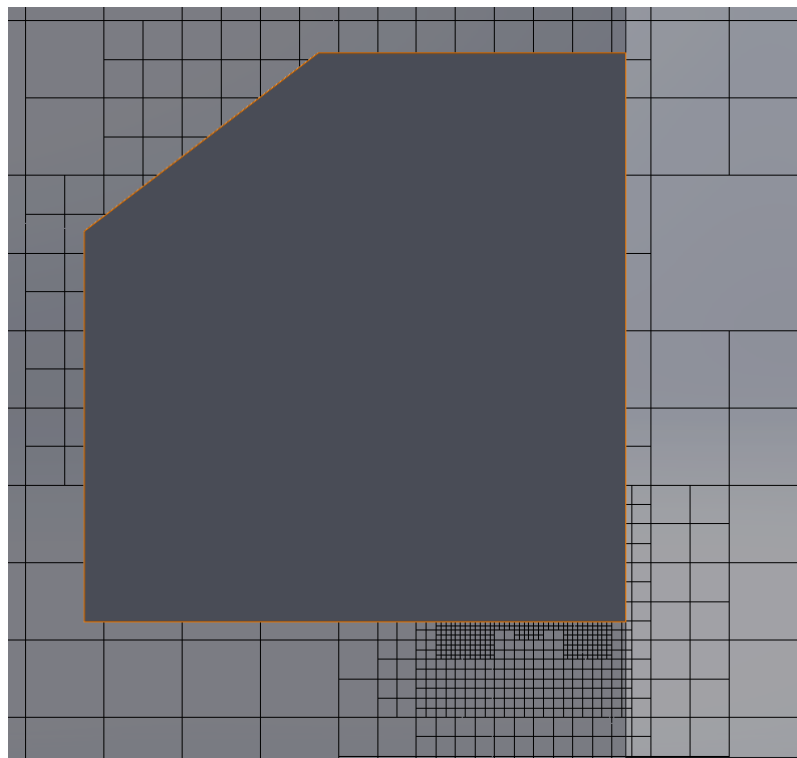
จาก รูปที่ 4.40 จะเห็นได้ว่าหากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C และเปิดประตูทิ้งไว้โดยใช้ม่านอากาศแบบกริวรังผึ้ง จากการทดลองทั้งหมด 1 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.704°C และอุณหภูมิหน้าห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 27.925°C

ตารางที่ 4.7 แบบจำลอง ผลลัพธ์ของห้องเย็นด้วยม่านอากาศชนิดกรังฟั้ง

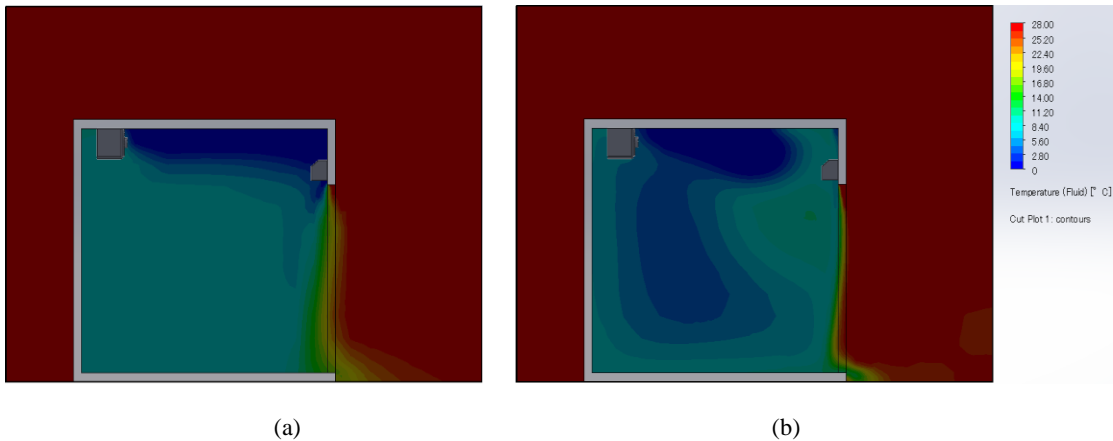
| เวลา | จุดวัดอุณหภูมินอก ห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ในห้องเย็น | ค่าเฉลี่ยของ ความเร็วลม |
|------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1 | 16.96 | 1.77 | 0.22 |
| 10 | 25.54 | 4.51 | 0.63 |
| 20 | 24.12 | 6.12 | 0.68 |
| 30 | 27.84 | 6.64 | 0.63 |
| 40 | 27.3 | 6.92 | 0.69 |
| 50 | 27.99 | 7.35 | 0.68 |
| 60 | 27.17 | 7.51 | 0.62 |
| 70 | 27.67 | 7.65 | 0.63 |
| 80 | 27.98 | 7.6 | 0.61 |
| 90 | 28 | 7.45 | 0.61 |
| 100 | 27.99 | 7.21 | 0.62 |
| 200 | 27.82 | 7.48 | 0.72 |
| 300 | 28 | 6.46 | 0.76 |
| 400 | 27.96 | 7.38 | 0.77 |
| 500 | 27.66 | 7.24 | 0.79 |
| 600 | 27.99 | 7.38 | 0.8 |
| 700 | 27.99 | 7.38 | 0.81 |
| 800 | 27.98 | 7.27 | 0.78 |
| 900 | 27.99 | 6.64 | 0.84 |
| 1000 | 27.99 | 6.73 | 0.86 |
| 1500 | 27.98 | 6.8 | 0.84 |
| 2000 | 27.95 | 6.21 | 0.85 |
| 2500 | 27.99 | 6.4 | 0.88 |
| 3000 | 27.93 | 5.89 | 0.86 |
| 3500 | 27.97 | 6.14 | 0.88 |
| 3600 | 27.99 | 6.26 | 0.89 |



รูปที่ 4.42 ภาพถ่ายสำหรับมานอากาศในสภาวะคงที่ กริวรังผึ้ง

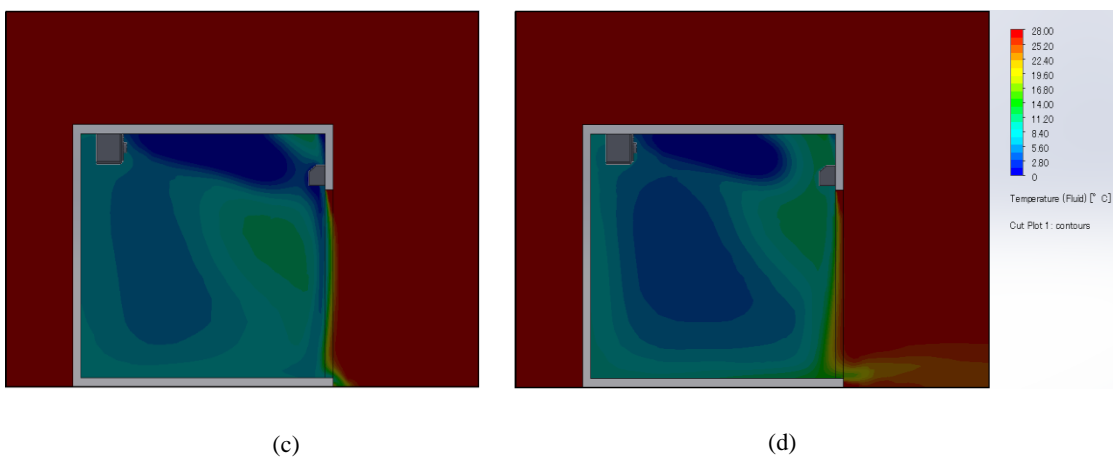


รูปที่ 4.43 ภาพถ่ายบริเวณพื้นที่กริวรังผึ้ง



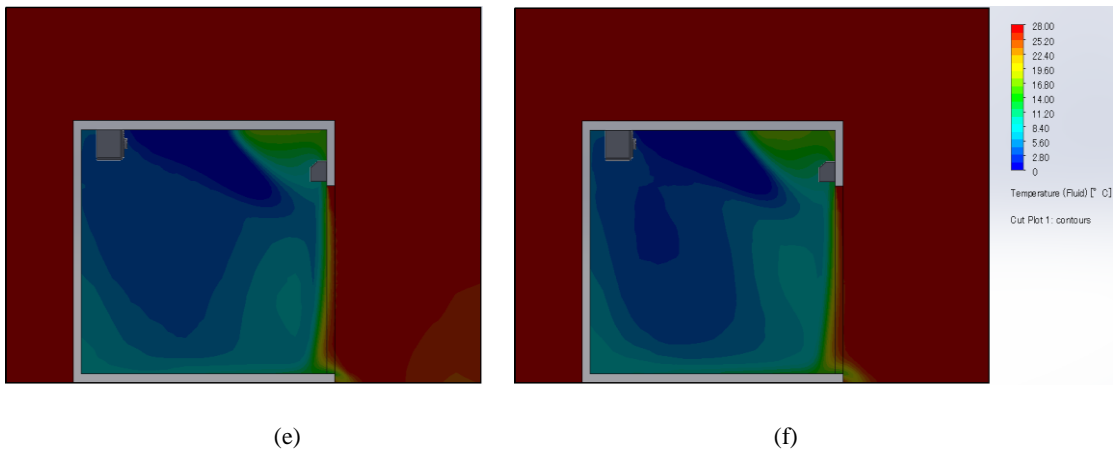
รูปที่ 4.44 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกรว้าง
ฝั่ง (a) 100 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.44 (a) จากห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1°C เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าม่านอากาศที่ฝั่งเริ่มทำงานจะเป็นม่านอากาศที่ยังไม่ค่อยมีความแข็งแรง สังกัดได้จากความโค้งงอของอุณหภูมิบริเวณประตู โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.21°C (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็นได้ว่าม่านอากาศเริ่มมีความโค้งงอของเส้นอุณหภูมิน้อยลง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.46°C



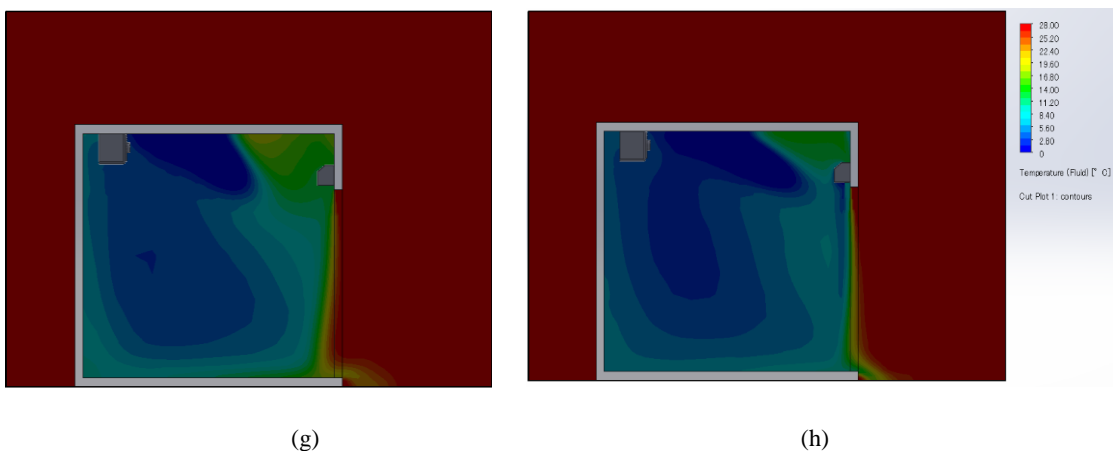
รูปที่ 4.45 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกรว้าง
ฝั่ง (c) 10 นาที (d) 15 นาที

จาก รูปที่ 4.45 (a) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่าม่านอากาศมีความโค้งงอของอุณหภูมิก่อนห้องเย็นค่อนข้างมาก โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 7.38°C (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่าโค้งงอของเส้นอุณหภูมิต่ำลง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.64°C



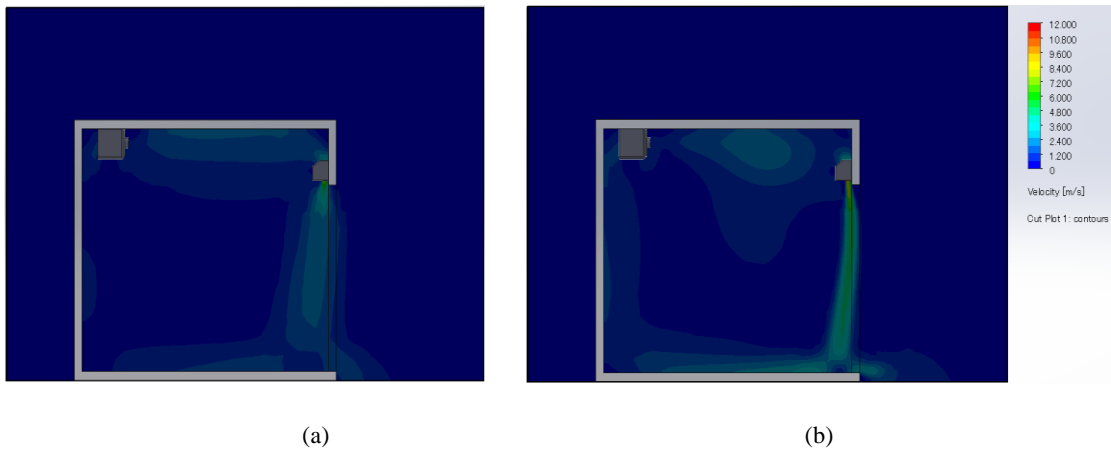
รูปที่ 4.46 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกรว้าง
ฝั่ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที

จาก รูปที่ 4.47 (e) เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้าเริ่มกระจายมากขึ้น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.38°C (f) เมื่อทำการทดลองไปได้ 45m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้ากระจายออกเกือบทั่วห้องเย็น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.15°C



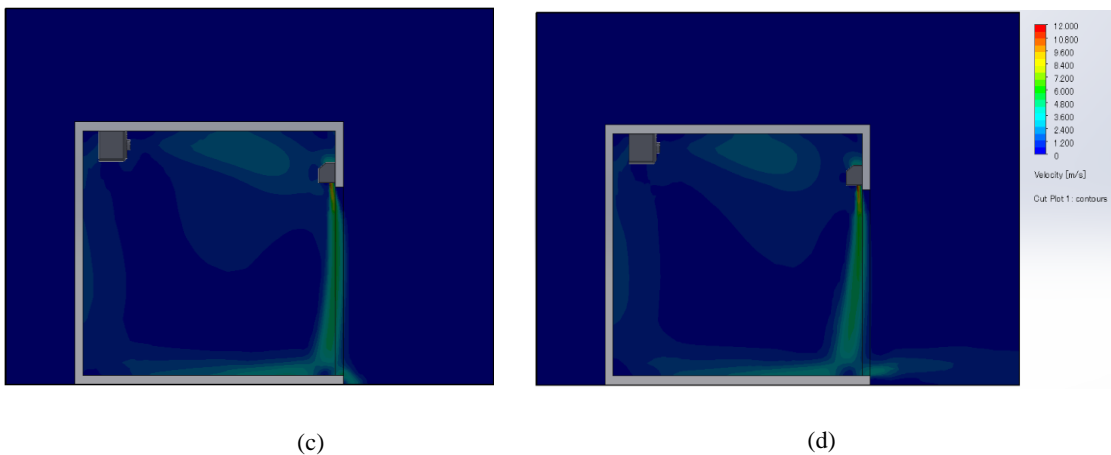
รูปที่ 4.47 การจำลองสถานะของอุณหภูมิภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกรว้าง
ฝั่ง (g) 60 นาที (h) สถานะคงที่

จาก รูปที่ 4.47 (g) เมื่อทำการทดลองไปได้ 60m จะเห็นได้ว่าพื้นที่สีฟ้าเริ่มคงที่แล้ว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 6.26°C (h) เมื่อทำการทดลองจนถึงสถานะคงที่ จะเห็นได้ว่าความเย็นของห้องเย็นจะกระจายตัวไปอยู่กลางห้องเย็น โดยอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 5.46°C



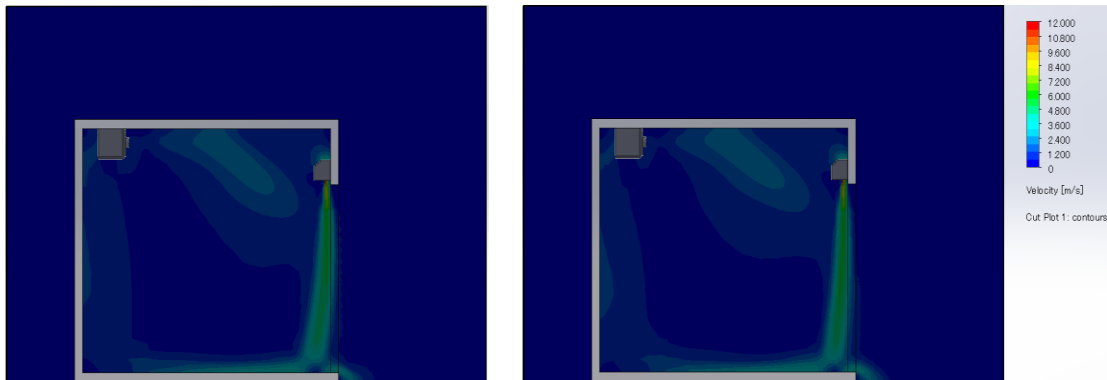
รูปที่ 4.48 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (a) 100 วินาที (b) 5 นาที

จาก รูปที่ 4.48 (a) เมื่อทำการทดลองไปได้ 100s จะเห็นได้ว่าเมื่อม่านอากาศเพิ่งเริ่มทำงาน ความ
แข็งแรงของม่านอากาศยังไม่สูงมากนัก สังกัดได้จากความเร็วลมที่ยังไม่มากพอที่ถึงด้านล่างของ
ประตู โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.625 m/s (b) เมื่อทำการทดลองไปได้ 5m จะเห็น
ได้ว่าเมื่อม่านอากาศเริ่มมีความแข็งแรงมากขึ้น สังกัดได้จากความเร็วลมที่ไหลลงจนสุดขอบ
ด้านล่างของประตู โดยมีความเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.764 m/s



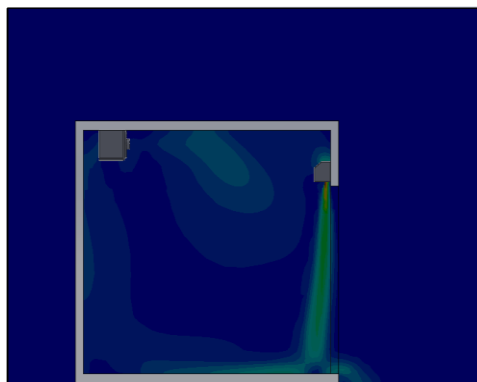
รูปที่ 4.49 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (a) 10 นาที (b) 15 นาที

จาก รูปที่ 4.49 (c) เมื่อทำการทดลองไปได้ 10m จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายกับช่วงการทดลองที่ 5m
ม่านอากาศแข็งแรงขึ้น มีการหมุนวนของลมภายในห้องเย็นมากขึ้น โดยมีความเร็วลมภายในห้อง
เย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.804 m/s (d) เมื่อทำการทดลองไปได้ 15m จะเห็นได้ว่าม่านอากาศเริ่มเอียงเข้าด้าน
ในของห้องเย็น ซึ่งอาจเกิดจากอากาศอุ่นที่ดันเข้ามาจากภายนอกห้องเย็น โดยมีความเร็วลม
ภายในห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.843 m/s



(e)

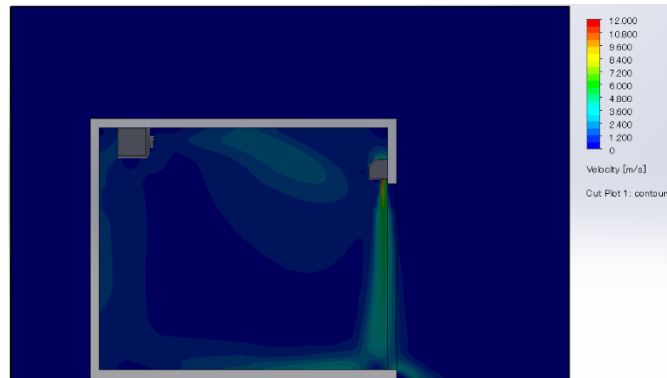
(f)



(g)

รูปที่ 4.50 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที

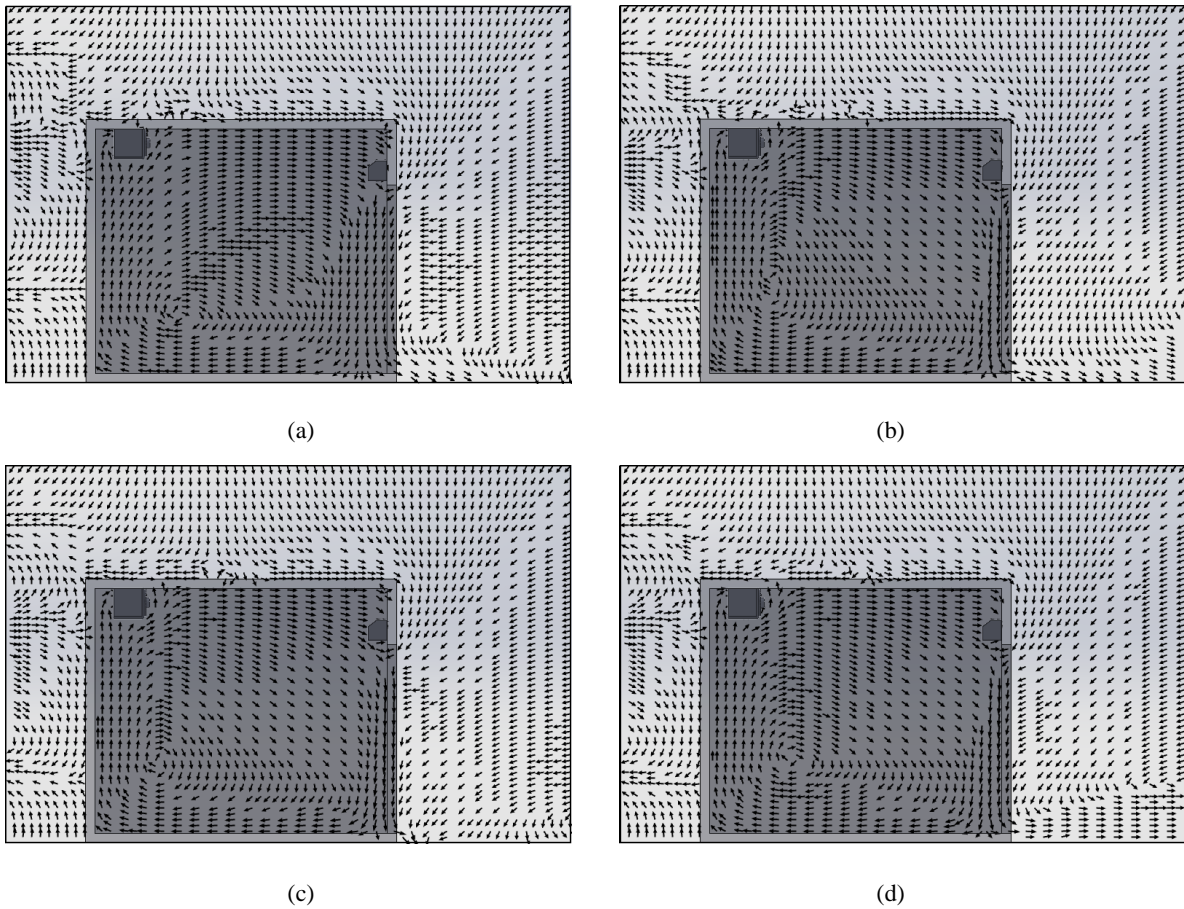
จาก รูปที่ 4.50 เมื่อทำการทดลองไปได้ 30m , 45m , 60m จะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลของลมเริ่มคงที่ ซึ่งจะเห็นความแตกต่างกันบ้างที่ความเอียงของลมจากม่านอากาศ โดยมีความมวงเร็วลมภายในห้องเย็นเฉลี่ยภายในห้องเย็นจะอยู่ที่ 0.867 m/s



(h)

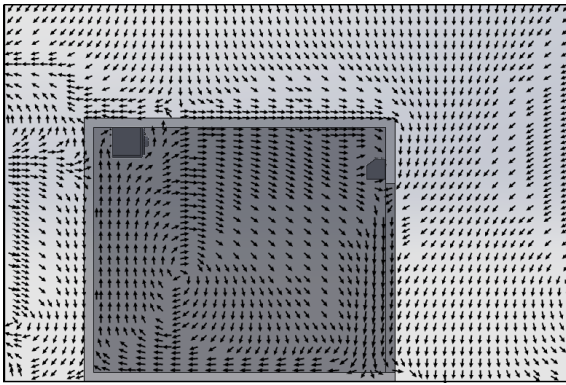
รูปที่ 4.51 การจำลองสถานะของความเร็วลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
รังผึ้ง (h) สถานะคงที่

จาก รูปที่ 4.51 เมื่อทำการทดลองจนถึงสถานะคงที่ จะเห็นได้ว่าม่านอากาศแบบ กริวรังผึ้ง
นั้นจะมีทิศทางของลมที่ตรง ไม่เอียงเข้าสู่ห้องเย็น เหมือนแบบ กริวทั่วไป โดยมีความเร็วลมภายใน
ห้องเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 0.89 m/s

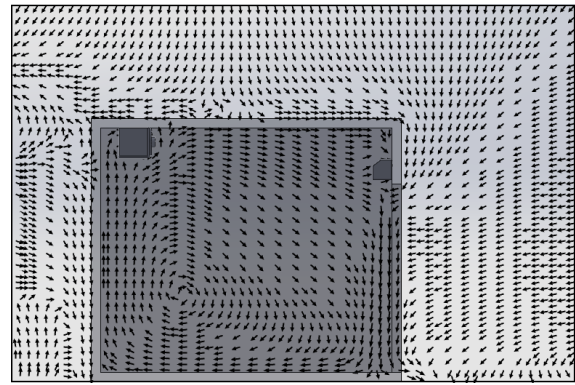


รูปที่ 4.52 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ริงฝิ่ง (a) 0 นาที (b) 5 นาที (c) 10 นาที (d) 15 นาที

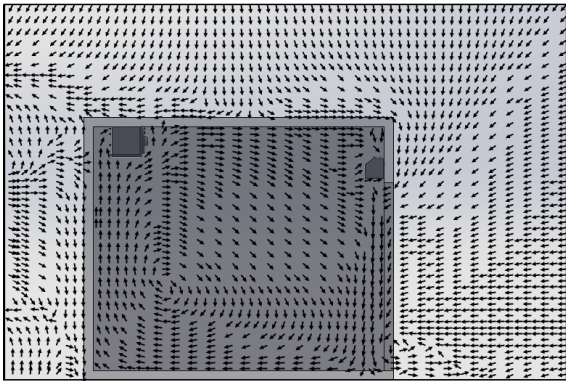
จาก รูปที่ 4.52 เมื่อทำการทดลองตั้งแต่เวลา 0s , 5m , 10m , 15m จะเห็นได้ว่าลักษณะการไหลของลมคล้ายกับแบบ กริวทั่วไป โดยบริเวณภายนอกห้องเย็นนั้นจะมีลมบริเวณด้านหน้าและด้านบนของประตูห้องเย็นพยายามที่จะไหลผ่านประตูเข้ามา แต่ถูกกั้นด้วยม่านอากาศ ทำให้ลมที่มาปะทะกับม่านอากาศที่มีความเร็วลมมากกว่านั้นถูกพาลงไปที่ด้านล่างของประตูและไหลออกไปทางด้านขวาตามรูป ส่วนทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นนั้นจะเห็นว่ามีการไหลของลมมาจาก FCU ไหลไปทางด้านประตูของห้องเย็น แต่ไม่สามารถไหลออกนอกประตูไปได้ เนื่องจากถูกความเร็วลมของม่านอากาศนั้นพาอากาศที่มาชนไหลลงด้านล่างของประตูและไหลออกไปทางซ้ายของห้องเย็น



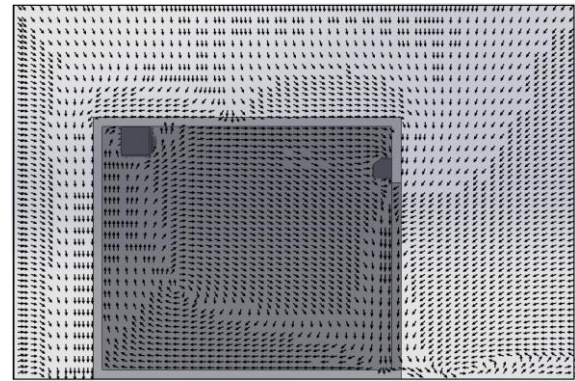
(e)



(f)



(g)



(h)

รูปที่ 4.53 การจำลองทิศทางการไหลของลมภายในห้องเย็นแบบเปิดประตูทิ้งไว้ด้วยม่านอากาศกริว
ริงฟิ่ง (e) 30 นาที (f) 45 นาที (g) 60 นาที (h) สภาวะคงที่

จาก รูปที่ 4.53 เมื่อทำการทดลองตั้งแต่เวลา 30m , 45m , 60m และ สภาวะคงที่ จะเห็นได้ว่า
ลักษณะการไหลของลมบริเวณภายในและภายนอกห้องเย็นนั้นจะมีทิศทางการไหลที่คล้ายกับ
ทิศทางการทดลองก่อนหน้านี้ ทิศทางการไหลของลมนั้นคงที่เนื่องจากม่านอากาศสามารถ
ป้องกันการแทรกซึมของอากาศอุ่นได้ดี และมีความปั่นป่วนน้อยกว่าแบบชนิด กริวทั่วไป

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากผลการทดลองด้วยการวัดค่าจริงเปรียบเทียบระหว่างกริวทั่วไปและกริวรังผึ้งนั้นสรุปได้ว่าแบบกริวทั่วไปมีการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศอยู่ที่ 0.015 kWh ส่วนแบบกริวรังผึ้งมีการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศอยู่ที่ 0.007 kWh ซึ่งแบบกริวรังผึ้งสามารถป้องกันการสูญเสียพลังงานจากการถ่ายเทของอากาศได้ดีกว่า 46.66% แบบกริวทั่วไปมีการกระจายลมออกทางด้านข้างอยู่ที่ 1.012 m/s ส่วนแบบกริวรังผึ้งมีการกระจายลมออกทางด้านข้างอยู่ที่ 0.525 m/s ซึ่งแบบกริวรังผึ้งมีการกระจายของลมน้อยกว่า 51.87%

ทำการทดลองด้วย CFD โดยแบ่งเป็นการทดลองทั้งหมด 4 แบบ ผลที่ได้คือ 1. เมื่อเปิดประตูห้องเย็นทิ้งไว้โดยที่ไม่มีการทำงานของม่านอากาศและ FCU ห้องเย็นจะไม่สามารถคงอุณหภูมิไว้ได้เลยจนในที่สุดอุณหภูมิของห้องเย็นก็จะเท่ากับอุณหภูมิภายนอก 2. เมื่อเปิดประตูห้องเย็นทิ้งไว้โดยที่ไม่มีการทำงานของม่านอากาศแต่ FCU ยังคงทำงานอยู่ ผลที่ได้คือห้องเย็นจะสูญเสียความเย็นผ่านทางประตูไปมากมีการไหลเข้าของอากาศอุ่นจากทางด้านบนของประตูอยู่ตลอดเวลาและมีความปั่นป่วนของอากาศภายในห้องเย็นสูงแต่ห้องเย็นก็ยังคงอุณหภูมิไว้ได้ที่ประมาณ 9 °C เนื่องจาก FCU ยังคงทำงานอยู่ 3. เมื่อทำการใช้ม่านอากาศชนิดกริวทั่วไปเมื่อถึงสภาวะคงที่ห้องเย็นสามารถคงอุณหภูมิได้อยู่ที่ 6.04 °C มีการไหลเวียนของอุณหภูมิที่ทั่วถึงมากขึ้นแต่ก็ยังมีการไหลออกของความเย็นบริเวณด้านล่างของประตูห้องเย็น เนื่องจากแนวลมของม่านอากาศมีการเอียงเข้าไปภายในห้องเย็นซึ่งเกิดมาจากม่านอากาศด้านล่างมีความแข็งแรงน้อยลงทำให้มีการดันเข้าของอากาศอุ่นจากภายนอก 4. เมื่อทำการใช้ม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้งเมื่อถึงสภาวะคงที่ห้องเย็นสามารถคงอุณหภูมิได้อยู่ที่ 5.46 °C มีการไหลเวียนของอุณหภูมิภายในห้องเย็นที่ทั่วถึงกว่ากริวทั่วไป ม่านอากาศมีความแข็งแรงกว่า เนื่องจากแนวลมมีความตรงไม่เอียงออกด้านข้างและมีการไหลออกของความเย็นจากห้องเย็นที่น้อยกว่า

สรุปการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง ม่านอากาศชนิดกริวทั่วไปและม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง ผลที่ได้คือ ม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง สามารถป้องกันการไหลของอากาศผ่านประตูได้ดีกว่า โดยสามารถกักเก็บอุณหภูมิภายในห้องเย็นได้ดีกว่าแบบ ม่านอากาศชนิดกริวรังผึ้ง อยู่ที่ 10.62%

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตอาจมีการนำม่านอากาศไปใช้กับห้องเย็นมากขึ้น ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีมีการนำม่านอากาศไปใช้กับห้องแช่แข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิ -25°C เนื่องจากเป็นห้องที่มีความเย็นมากอาจส่งผลกระทบต่อมอเตอร์และพัดลมที่ใช้ในม่านอากาศได้ แต่ถ้าหากในอนาคตมีการออกแบบม่านอากาศที่สามารถติดตั้งภายในห้องแช่แข็งได้ ก็จะสามารถช่วยในการป้องกันการไหลของอากาศผ่านประตูได้มากยิ่งขึ้น อาจส่งผลให้มีการประหยัดพลังงานมากกว่าห้องเย็น 1°C เนื่องจากห้องแช่แข็งมีอุณหภูมิที่แตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกอยู่มาก อาจทำให้การไหลของอากาศผ่านประตูนั้นมากขึ้นตามไปด้วย

REFERENCES

- [1] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J.; Maliwan, K.; Sae-Ung, S.; Theppaya, T. (2020). *The Performance Simulation of The New R463A HFC/HFO/Carbon Dioxide Refrigerant with Lower GWP, As an Alternate Option for The R404A Refrigeration System*. Prince of Songkla University, Page 113-123
- [2] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J.; Maliwan, K.; Sae-Ung, S.; Theppaya, T. (2021). *Development of Environmentally Friendly and Energy Efficient Refrigerants for Refrigeration System s*. Prince of Songkla University, Page 411-433
- [3] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J.; Maliwan, K.; Sae-Ung, S.; Theppaya, T. (2020). *Investigation and analysis of R463A as an alternative refrigerant to R404A with lower global warming Potential*. Prince of Songkla University, Page 1-19.
- [4] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J.; Maliwan, K.; Sae-ung, S.; Theppaya, T. (2020). *The replacement of the R404A Refrigeration System with the environmentally friendly R448A, to improve convenience store energy efficiency in Thailand*. Prince of Songkla University, Page 137-146.
- [5] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J. (2021). *Energy efficiency improvement solutions for supermarkets by 2 low-E glass door and digital semi-hermetic compressor*, Prince of Songkla University, Page 1-13.
- [6] Li, Xueqiang.; Zhang, Zhongyao.; Liu, Huan.; Hu, Xiuzhen.; Liu, Shengchun.; Xu, Zhiming.; Wang, Qihui. (2022). *Performance of an open refrigerated display cabinet with two air curtains*, Key Laboratory of Refrigeration Technology of Tianjin, Tianjin University of Commerce, Tianjin, 300134, China, Page 2-12
- [7] Saengsikhiao, P.; Taweekun, J.; Maliwan, K.; Sae-Ung, S.; Theppaya, T. (2020). *The Improvement of Energy Efficiency for Refrigeration System in Thailand Convenience Store by Digital Scroll Compressor*. Prince of Songkla University, Page 144-150.
- [8] Chou, D.-C.; Chang, C.-S.; Hsu, Y.-Z (2016). *Investigation and analysis of power consumption in convenience stores in Taiwan*. Energy Build. 133, Page 670–687.
- [9] Foster, A.M.; Swain, M.J.; Barrett, R.; Ketteringham, L.P.; James, S.J. (2007). *Three-dimensional effects of an Air Curtain used to restrict cold room infiltration*. University of Bristol, Page 1109-1123.

- [10] Azzou, A.; Gosse, J.; Duminil, M. (1992). *Experimental determination of cold loss caused by opening industrial cold-room doors. International Journal of Refrigeration*. International Journal of Refrigeration, Page 57-66.
- [11] Gonçalves, J.C.; Costa, J.J.; Lopes, A.M.G. (2019). *Parametric study on the performance of an Air Curtain based on CFD Simulations - New proposal for automatic*. Polytechnic Institute of Viseu, Page 1-11.
- [12] Rai, A.; Sun, J.; Tassou, S.A. (2019). *Numerical investigation of the protective mechanisms of Air Curtain in a refrigerated truck during door openings*. Brunel University London, Page 216-223
- [13] Razon Mondal.; Juan F. Torres.; Graham Hughes.; John Pye. (2022). *Air curtains for reduction of natural convection heat loss from a heated plate: A numerical investigation*, School of Engineering, The Australian National University, Canberra, Australia, Page 2-13
- [14] Jason Gonzales.; Nigel B. Kaye. (2022). *An entrainment model for air curtain effectiveness*, Glenn Department of Civil Engineering, Clemson University, Clemson, 29634, SC, USA, Page 2-9
- [15] Rai, A.; Sun, J.; Tassou, S.A. (2019). *Three-dimensional investigation on the positioning of Air Curtain on its effectiveness in refrigerated vehicles used for food distribution*. Brunel University London, Page 224-231.
- [16] Rai, A.; Sun, J.; Tassou, S.A. (2019). *Numerical investigation into the influence of Air Curtain discharge angles in refrigerated trucks*. Brunel University London, Page 207-215.
- [17] Hammond, E.; Quarini, J.; Foster A. (2011). *Development of a stability model for a vertical single band recirculated Air Curtain sealing a refrigerated cavity*. London South Bank University, Page 1455-1461.
- [18] Changqing Yang.; Wenhao Luo.; Yubo Liu.; Ran Gao.; Sikai Zhang.; Angui Li.; Wuyi Du.; Bo Zhang.; Jingshan Zhang. (2022). *A novel type of unpowered air curtain at a tunnel portal to reduce the intrusion of cold air*, School of Building Services Science and Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, 710055, PR China, Page 2-12
- [19] Xiaochuan Li.; Mingrui Zhang.; Yefeng Jiang.; Xinli Zhao.; Li Wang.; Jianxin Zhu.; Xinhao Xu.; Zhihao Li.; Jifeng Jia.; Duolei Zhu. (2022). *Air curtain dust-collecting*

- technology: An experimental study on the performance of a large-scale dust-collecting system*, School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou, 221116, China, Page 2-8
- [20] Amin, M.; Dabiri, D. Navas H.-K. (2011). *Comprehensive study on the effects of fluid dynamics of Air Curtain and geometry, on infiltration rate of open refrigerated cavities*. University of Washington, Page 3055-3065.
- [21] Amin, M.; Dabiri, D. Navas H.-K. (2012). *Effects of secondary variables on infiltration rate of open refrigerated vertical display cases with single-band air curtain*. University of Washington, Page 120-126.
- [22] Xiaochuan Li.; Xinli Zhao.; Yefeng Jiang.; Mingrui Zhang.; Li Wang.; Yang Liu.; Di Xiao.; Xinhao Xu.; Zhihao Li.; Yuyao Wang. (2021). *Air curtain dust-collecting technology: Influence factors for air curtain performance*, School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou, 221116, China, Page 2-11
- [23] Zhiyong Zhou.; Yao Lu.; Yimeng Cui. (2021). *Study on the Effect of Jet Direction of Compound Air Curtain on Smoke Control*, School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China, Page 2-18
- [24] Md. Arif Mahmud Shuklo Shoshe.; Md. Ashiqur Rahman. (2022). *Improvement of heat and smoke confinement using air curtains in informal shopping malls*, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET), Dhaka-1000, Bangladesh, Page 2-22
- [25] Jihong Wang.; Qiannan Huo.; Tengfei Zhang.; Fei Liu.; Shugang Wang.; Zhenjun Ma.; Shuang Jiang. (2021). *Performance evaluation for a coupled push-pull ventilation and air curtain system to restrict pollutant dispersion in a factory building*, School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, 116024, China, Page 2-11
- [26] Jingcui Xu, Hai Guo.; Yanling Zhang, Xiaopu Lyu. (2022). *Effectiveness of personalized air curtain in reducing exposure to airborne cough droplets*, Air Quality Studies, Department of Civil and Environmental Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China, Page 2-12
- [27] Sun, J.; Tsamos, K.M.; Tassou, S.A. (2017). *CFD comparisons of open-type refrigerated display cabinet with/without air guiding strips*. Brunel University London, Page 54-61.

- [28] Ahmad Hamdan Ariffin.; Kamarul Ariffin Ahmad. (2021). *Computational Fluid Dynamic (CFD) Simulation of Synthetic Jet Cooling: A Reviwe*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Page 103-112
- [29] Nurul Ashikin Mohd Nazrul Aman.; Andanastuti Muchtar.; Mahendra Rao Somalu.; Masli Irwan Rosli.; Noor Shieelar Kalib (2020). *Overview of Computational Fluid Dynamics Modelling in Solid Oxide Fuel Cell*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Page 174-181
- [30] Md Insiat Islam Rabby.; Siti Ujila Masuri.; Ahmad Syakir Fariz Samsul Kamal.; Zulkiflle Leman.; Abdul Aziz Hairuddin.; Nuraini Abdul Aziz. (2021). *Flow Characteristics of Disk Bypass Pipeline Inspection Gauge (PIG) in Natural Gas Pipelines using Computational Fluid Dynamics*. Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia, Page 11-37
- [31] Mark Jason Thomas Loutun.; Djamal Hissein Didane.; Mohd Faizal Mohideen Batcha.; Kamil Abdullah.; Mas Fawzi Mohd Ali.; Akmal Nizam Mohammed.; Lukmon Owolabi Afolabi. (2021). *2D CFD Simulation Study on the Performance of Various NACA Airfoils*. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Page 38-50
- [32] Muhammad Syahmy Mohd Halmy.; Djamal Hissein Didane.; Lukmon Owolabi Afolabi.; Sami Al- Alimi. (2021). *Computational Fluid Dynamics (CFD) Study on the Effect of the Number of Blades on the Performance of Double-Stage Savonius Rotor*. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Page 1-10
- [33] Muhammad Arif Budiyanto.; Naufal Yudha Prawira.; Haekal Dwiputra. (2021). *Lift-to-Drag Ratio of the Application of Hydrofoil with Variation Mounted Position on High-Speed Patrol Vessel*. Naval Architecture and Marine Engineering, Department of Mechanical Engineering, Universitas Indonesia, Page 1-9
- [34] Harish H. V.; Birlie Fekadu.; Manjunath K. (2021). *Numerical Studies on Thermo-Hydraulic Characteristics of Turbulent Flow in a Tube with a Regularly Spaced Dimple on Twisted Tape*. Department of Mechanical Engineering, Government Engineering College, Page 20-31

- [35] Nurul Azihan Ramli.; Azlin Mohd Azmi.; Ahmad Hussein Abdul Hamid.; Zainal Abidin Kamarul Baharin.; Tongming Zhou (2021). *Effect of Cylinder Gap Ratio on The Wake of a Circular Cylinder Enclosed by Various Perforated Shrouds*, School of Mechanical Engineering, College of Engineering, University Teknologi Malaysai, Page 51-68.
- [36] Nursyaira Mohd Salleh.; Mohamad Shukri Zakaria.; Mohd Juzaila Abd Latif.; Adi Azriff Basri (2021). *A Computational Study of a Passive Flow Device in a Mechanical Heart Valve for the Anatomic Aorta and the Axisymmetric Aorta*. Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Page 69-79

ภาคผนวก ก

คำแนะนำในการใช้งานม่านอากาศ

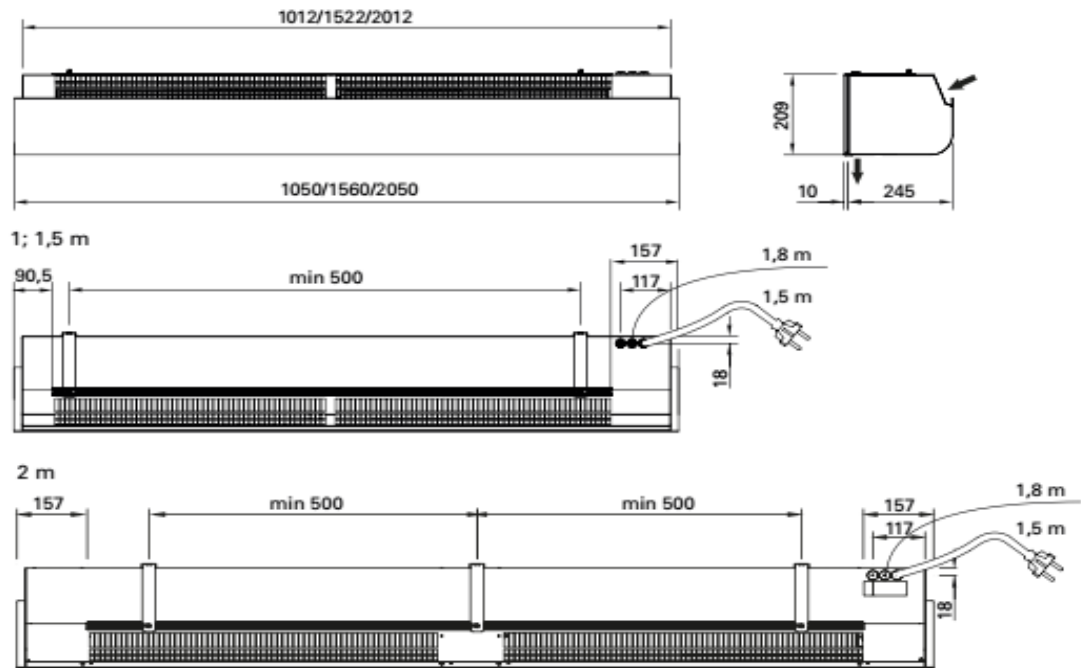


Fig. 1

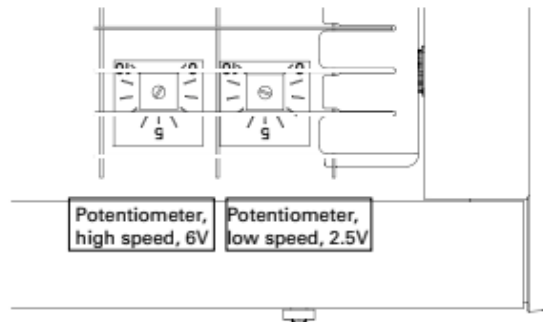


Fig. 2: Stepless airflow control. Internal potentiometer for low and high speed (accessible through the outlet grille).

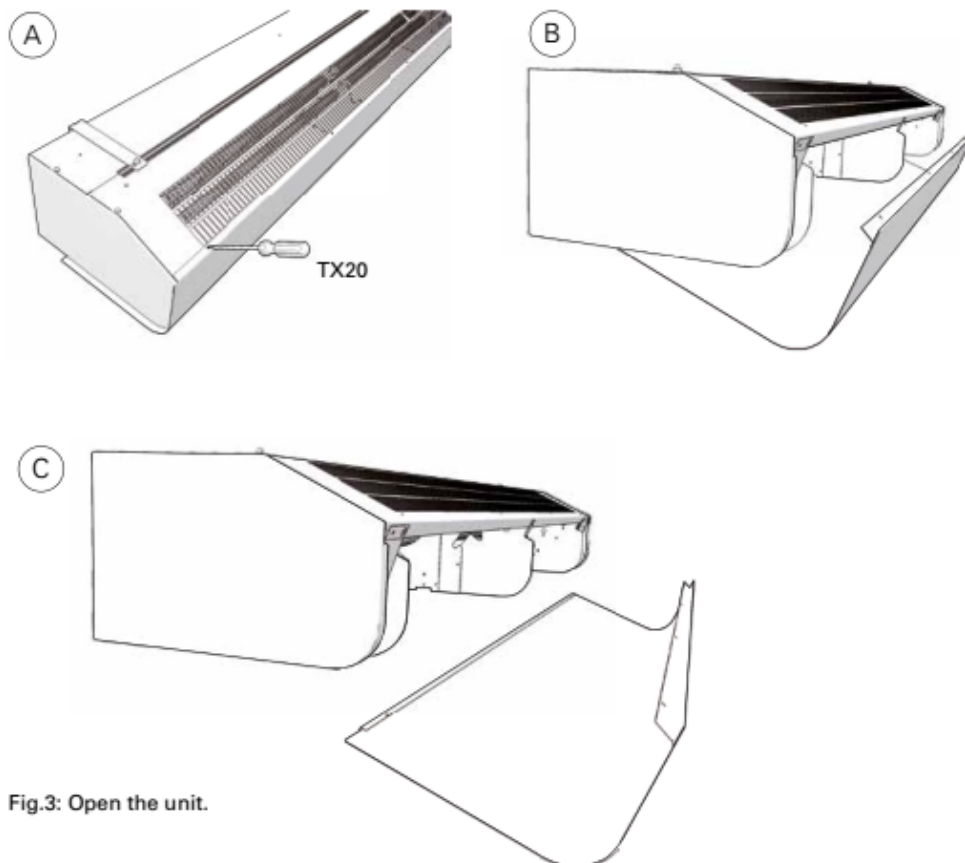


Fig.3: Open the unit.

Mounting with wall brackets

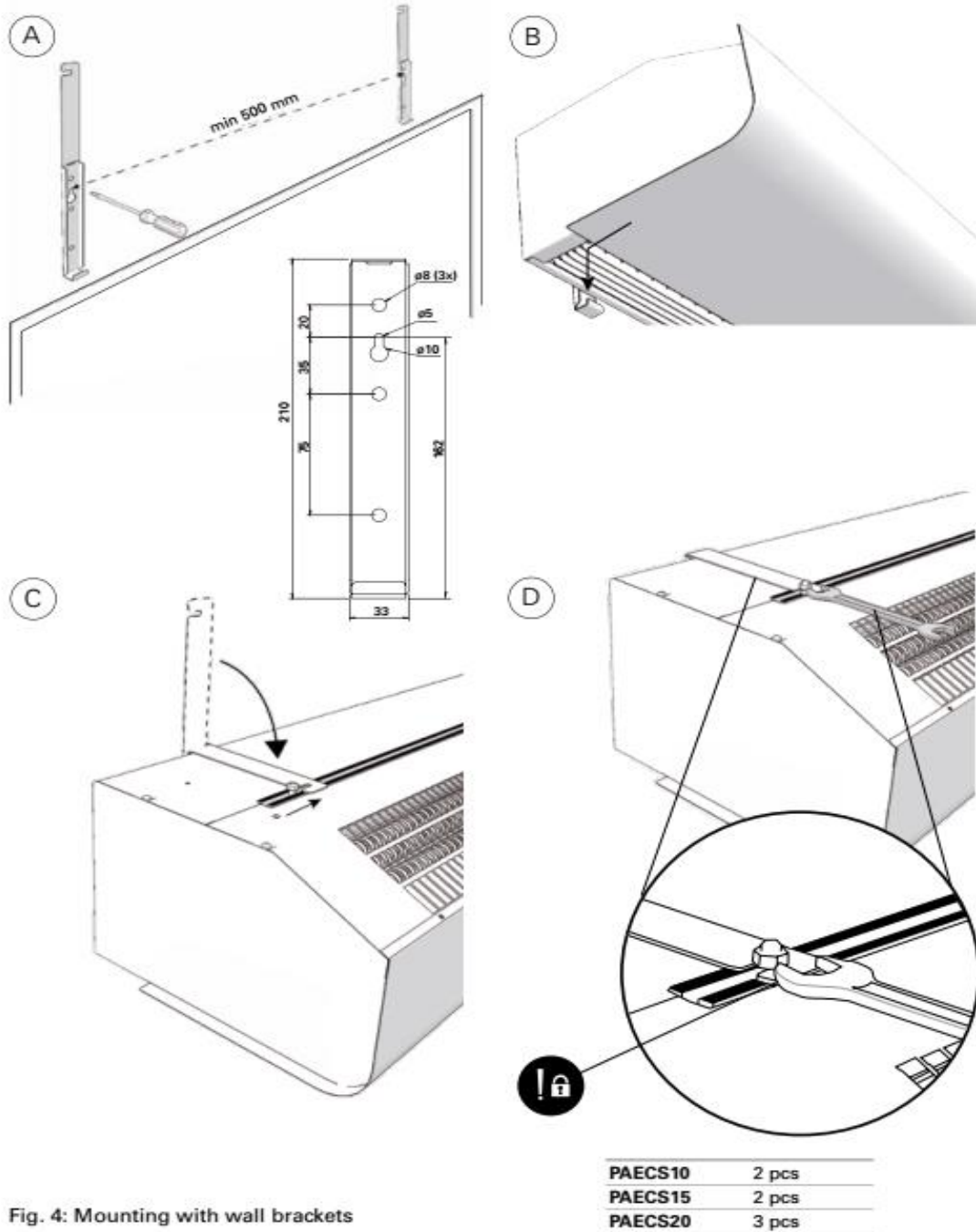
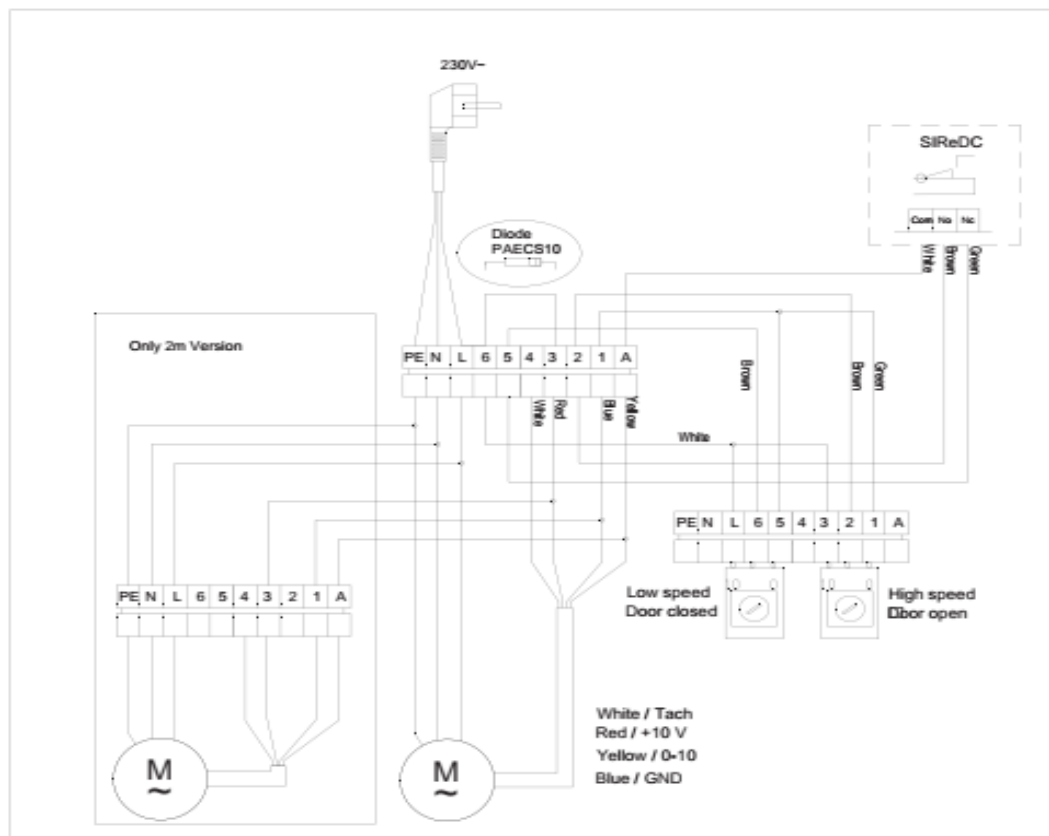


Fig. 4: Mounting with wall brackets

Stepless airflow control with door contact / position limit switch



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานคอนโทรล XM679k สำหรับห้องเย็น

CONTROLLERS FOR MULTIPLEXED CABINETS

XM670K- XM679K

-MANUAL FOR THE SW REL. 3.4-

1. GENERAL WARNING

1.1 PLEASE READ BEFORE USING THIS MANUAL

- This manual is part of the product and should be kept near the instrument for easy and quick reference.
- The instrument shall not be used for purposes different from those described hereunder. It cannot be used as a safety device.
- Check the application limits before proceeding.
- Dixell Srl reserves the right to change the composition of its products, even without notice, ensuring the same and unchanged functionality.

1.2 SAFETY PRECAUTIONS

- Check the supply voltage is correct before connecting the instrument.
- Do not expose to water or moisture: use the controller only within the operating limits avoiding sudden temperature changes with high atmospheric humidity to prevent formation of condensation
- Warning: disconnect all electrical connections before any kind of maintenance.
- Fit the probe where it is not accessible by the End User. The instrument must not be opened.
- In case of failure or faulty operation send the instrument back to the distributor or to "Dixell S.r.l." (see address) with a detailed description of the fault.
- Consider the maximum current which can be applied to each relay (see Technical Data).
- Ensure that the wires for probes, loads and the power supply are separated and far enough from each other, without crossing or intertwining.
- In case of applications in industrial environments, the use of mains filters (our mod. FT1) in parallel with inductive loads could be useful.

2. BEFORE PROCEEDING

2.1 CHECK THE SW REL. OF THE XM679K

- Look at the SW rel. of XM679K printed on the label of the controller.

| | |
|---|-----------|
| Power 9VA Max +85% Probe NTC - US 001#02/2013 | V 3.4 |
|---|-----------|
- If the SW release is 3.4 proceed with this manual otherwise contact Dixell to get the right manual.

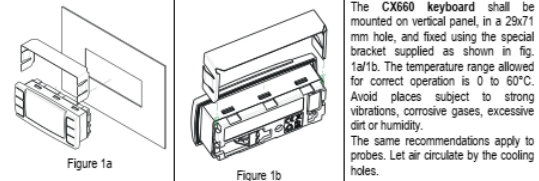
3. GENERAL DESCRIPTION

The XM670K/XM679K are high level microprocessor based controllers for multiplexed cabinets suitable for applications on medium or low temperature. It can be inserted in a LAN of up to 8 different sections which can operate, depending on the programming, as stand alone controllers or following the commands coming from the other sections. The XM670K/XM679K are provided with 6 relay outputs to control the solenoid valve, defrost - which can be either electrical or hot gas - the evaporator fans, the lights, an auxiliary output and an alarm output and with one output to drive pulsed electronic expansion valves (only XM679K). The devices are also provided with four probe inputs, one for temperature control, one to control the defrost end temperature of the evaporator, the third for the display and the fourth can be used for application with virtual probe or for inlet/outlet air temperature measurement. The model XM679K is provided by the two probes that have to be used for superheat measurement and regulation. Finally, the XM670K/XM679K are equipped with the three digital inputs (free contact) fully configurable by parameters.

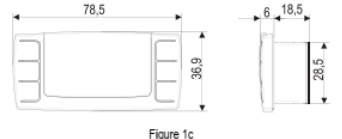
The instruments are equipped with the HOTKEY connector that permits to be programmed in a simple way. Direct serial output RS485 ModBUS-RTU compatible permits a simple XWEB interfacing. RTC are available as options. The HOTKEY connector can be used to connect X-REP display (Depending on the model).

4. INSTALLATION AND MOUNTING

This device can operate without any user interface, but normal application is with Dixell CX660 keyboard.



The CX660 keyboard shall be mounted on vertical panel, in a 29x71 mm hole, and fixed using the special bracket supplied as shown in fig. 1a/1b. The temperature range allowed for correct operation is 0 to 60°C. Avoid places subject to strong vibrations, corrosive gases, excessive dirt or humidity. The same recommendations apply to probes. Let air circulate by the cooling holes.

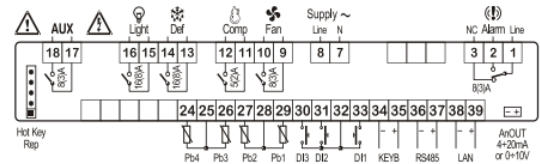


5. WIRING DIAGRAM AND CONNECTIONS

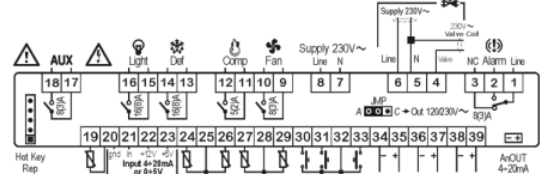
5.1 IMPORTANT NOTE

XM device is provided with disconnectable terminal block to connect cables with a cross section up to 1.6 mm² for all the low voltage connection: the RS485, the LAN, the probes, the digital inputs and the keyboard. Other inputs, power supply and relay connections are provided with screw terminal block or fast-on connection (5.0 mm). Heat-resistant cables have to be used. Before connecting cables make sure the power supply complies with the instrument's requirements. Separate the probe cables from the power supply cables, from the outputs and the power connections. Do not exceed the maximum current allowed on each relay, in case of heavier loads use a suitable external relay. **N.B. Maximum current allowed for all the loads is 16A.** The probes shall be mounted with the bulb upwards to prevent damages due to casual liquid infiltration. It is recommended to place the thermostat probe away from air streams to correctly measure the average room temperature. Place the defrost termination probe among the evaporator fins in the coldest place, where most ice is formed, far from heaters or from the warmest place during defrost, to prevent premature defrost termination.

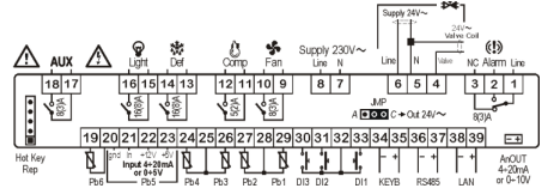
5.2 XM670K - ALL POWER SUPPLY



5.3 XM679K - 230VAC VALVES



5.4 XM679K - 24VAC VALVES



NOTE: the jumper indicated as JMP is inside the case of the controller. This jumper has to be closed only in case of driving 24Vac valve.

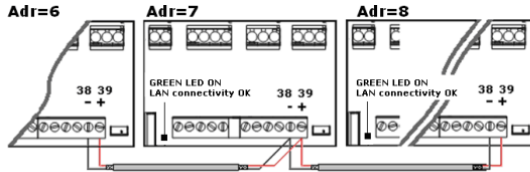
5.5 KEYBOARD DISPLAY CX660



5.6 SYNCHRONIZED DEFROST - MAXIMUM 8 SECTIONS

Follow next steps to create a LAN connection, which is a necessary condition to perform synchronized defrost (also called master-slave functioning):

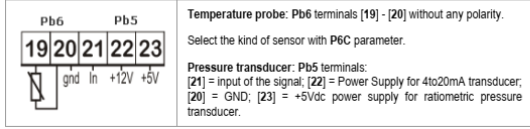
- connect a shielded cable between terminals [38] [-] and [39] [+] for a maximum of 8 sections;
- the Adr parameter is the number to identify each electronic board. Address duplication is not permitted, in this case the synchronized defrost and the communication with monitoring system is not guaranteed (the Adr is also the ModBUS address). For example, a correct configuration is the following:



If the LAN is well connected, the green LED will be ON. If the green LED blinks then the connection is wrongly configured.

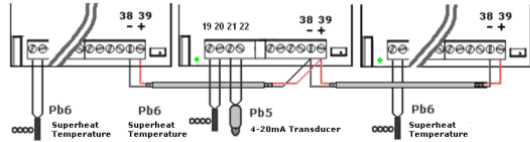
The max distance allowed is 30m

5.7 SENSORS FOR SUPERHEAT CONTROL – ONLY FOR XM679K



Select the configuration of the transducer with parameter P5C.

5.8 HOW TO USE ONLY ONE PRESSURE TRANSDUCER ON MULTIPLEXED APPLICATIONS



A working LAN connection is required (green LED lit on all XM670-XM679K boards of the same LAN). Connect and configure a pressure transducer only on one XM670-XM679K of the network. Afterwards, the value of pressure read by the unique transducer connected will be available to each device connected to the same LAN.

By pressing UP ARROW button, the user will be able to enter a fast selection menu and to read the value of the following parameters:

- dPP = measured pressure (only on master device);
- dP5 = value of temperature obtained from pressure → temperature conversion;
- rPP = pressure value read from remote location (only for slave devices).

Examples of error messages:

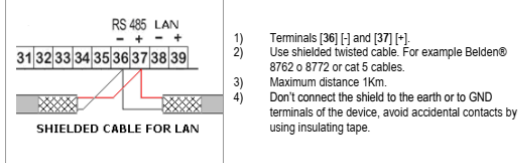
dPP = Err → the local transducer read a wrong value, the pressure is out of the bounds of the pressure transducer or the P5C parameter is wrong. Check all these options and eventually change the transducer;

rPP → the remote pressure transducer is on error situation. Check the status of the onboard GREEN LED: if this LED is OFF the LAN is not working, otherwise check the remote transducer.

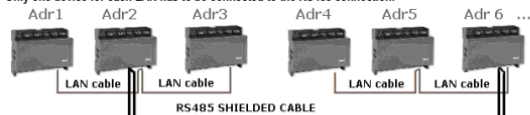
LAST CHECKS ABOUT SUPERHEAT

On the fast access menu:
 dPP is the value read by the pressure gauge;
 dP6 is the value read by the temperature probe, temperature of the gas on the outlet section of the evaporator;
 SH is the value of the superheat. The NA or Err messages mean that the superheat has no sense in that moment and its value is not available.

5.9 HOW TO CONNECT MONITORING SYSTEM

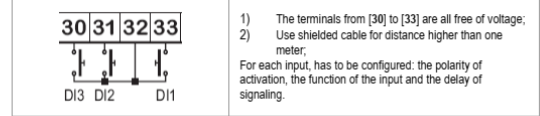


Only one device for each LAN has to be connected to the RS485 connection.



The ADR parameter is the number to identify each electronic board. Address duplication is not permitted, in this case the synchronized defrost and the communication with monitoring system is not guaranteed (the ADR is also the ModBUS address).

5.10 DIGITAL INPUTS



- The terminals from [30] to [33] are all free of voltage;
 - Use shielded cable for distance higher than one meter;
- For each input, has to be configured: the polarity of activation, the function of the input and the delay of signaling.

The parameters to perform this configuration are i1P, i1F, i1d respectively for polarity, functioning and delay. The i1P can be: cL = active when closed; oP = active when opened. The i1F parameter can be: EAL = external alarm, bAL = serious lock alarm, PAL = pressure switch alarm, doR = door switch, dEF = external defrost, AUS = auxiliary activation command, LiG = light activation, ONF = board On/OFF, FHU = don't use this configuration, ES = day/night, HdV = don't use this configuration. Then there is i1d parameter for delay of activation. For the others digital inputs there are a set of the same parameters: i2P, i2F, i2d, i3P, i3F, i3d.

5.11 ANALOG OUTPUT

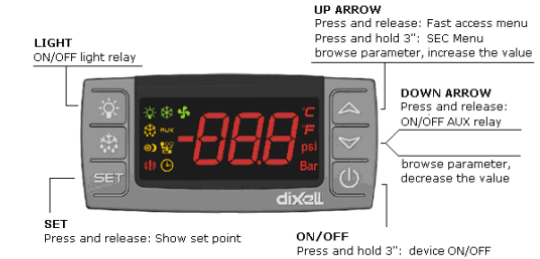


It's located near the terminal [39] on a 2-pin connector. It's possible to use the output to control anti-sweat heaters through a chopped phase controller XRPW500 (500watt) or family XV...D or XV...K.

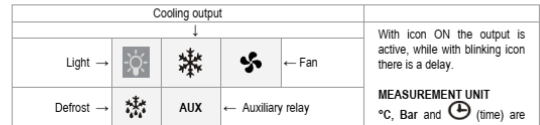
6. QUICK REFERENCE GUIDE: HOW TO RUN THE SELF ADAPTIVE REGULATION IN 4 STEPS.

- After wiring the XM679K, set the proper gas via Fty parameter. Pre-set gas is R404A.
- Configure the probes:
 - Regulation and evaporator probe are preset as NTC. If another kind of sensors is used, set it via P1c and P2c parameters.
 - Superheat evaporator outlet probe is pre-set as P1000, if another kind of sensor is used, set it via P6c parameter.
 - The PP11 (-0.5-11bar) is pre-set as pressure probe. It operates at relative pressure (Pru = rE). If you're using a ratiometric transducer, set P6c = 0-5, then use parameters PA4 and P20 to set the range
 - NOTE: check the pressure gauge reading with the value of dPP, press the UP arrow once to enter the Fast Access Menu. If ok, proceed; otherwise solve the situation before proceeding acting on par. Pru, PA4 and P20.
- Set the parameters for self adaptive regulation of superheat
 - NOTE: the parameters Pb (regulation band) and Int (integral time) are automatically calculated by the controller
 - Set CrE = no, this disable the continuous regulation of the temperature. Default is CrE = no.
 - Set SSH, superheating setpoint: a value between 4 and 8 is acceptable. Default is SSH=8.
 - Set AMS = y to start the self adaptive regulation. Default is AMS = y
 - Set ATU = y to start the search of the lowest stable superheat. Default is ATU = y. This function reduces automatically the setpoint in order to optimize the use of the evaporator, keeping, at the same time, the superheating regulation stable. The minimum allowed SH set point is LSH+2°C.
 - Set LSH, low superheating limit: a value between 2-4 is acceptable. Default is LSH = 3
 - Set SUb, pressure filter. Default is SUb = 10. The value can be increased up to 20 in case of too fast response of the pressure variations.
- Set the parameters for the temperature regulation
 - Set the temperature setpoint. Default is -5°C
 - Set the differential HY. Default is 2°C.
 - If the capacity of the valve is higher than requested, it can be reduced by the par. MNF (Default is 100). A proper setting of MnF will reduce the time that the algorithm takes to reach the stability. MNF value doesn't affect the band width

7. USER INTERFACE



7.1 ICONS



MEASUREMENT UNIT
 °C, Bar and (time) are

| | | | | |
|-----------------|--|--|-----------------------|--------------------------------|
| Energy saving → | | | ← Multimaster Enabled | ON depending on the selection. |
| Generic alarm → | | | ← Clock / time | |

DURING PROGRAMMING: blink the measurement units of temperature and pressure

7.2 KEYBOARD COMMANDS

Single commands:

| | |
|------------------------------|--|
| LIGHT relay | Press light button. |
| AUX relay | Press down arrow. |
| Manual defrost ON/OFF | Press and hold for 3 sec the defrost button |
| Energy Saving | Press for 3 sec the ON/OFF button (if the function is enabled). Press for 3 sec the ON/OFF button (if the function is enabled). |

Double commands:

| | |
|---|--|
| + | Press and hold for about 3 sec to lock (Pon) or unlock (PoF) the keyboard. |
| + | Pressed together to exit from programming mode or from menu; on submenu rTC and EEV this combination allow to come back to previous level. |
| + | Pressed together for 3 sec allow to access to first level of programming mode. |

7.3 HOW TO MODIFY THE SET POINT FOR AIR TEMPERATURE REGULATION

The thermostat set point is the value that will be used to regulate the air temperature. The regulation output is controlled by the electronic valve or by the relay.

| | | |
|---------------------------|----|--|
| BEGIN | | Press SET button for 3 sec, the measurement units will blink together. |
| Value modification | or | With the arrows it's possible to change the value within the LS and US parameters value. |
| EXIT | | By pressing SET it is possible to confirm the value that will blink for about 2 sec. |

In any case, it is possible to wait for about 10 sec to exit. In order to show the air temperature set is sufficient to press and release the SET button, the value is displayed for about 60 sec. **KEY COMBINATIONS**

8. HOW TO PROGRAM THE PARAMETERS (PR1 AND PR2)

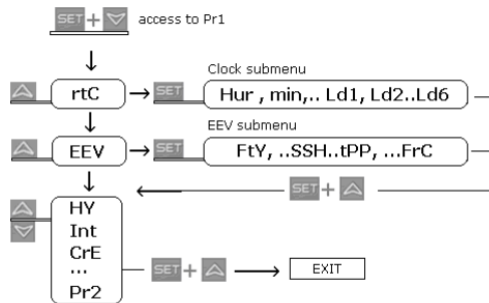
The device provide 2 programming levels: Pr1 with direct access and Pr2 protected with a password (intended for experts).

| | | |
|--------------------------|----|---|
| ACCESS to Pr1 | + | Press and hold for about 3 sec to have access to the first programming level (Pr1). |
| Select item | or | Select the parameter or submenu using the arrows. |
| Show value | | Press SET button. |
| Modify | or | Use the arrows to modify the value. |
| Confirm and store | | Press SET key: the value will blink for 3 sec, and then the display will show the next parameter. |
| EXIT | + | Instantaneous exit from the programming mode, otherwise wait for about 10 sec (without press any button). |

8.1 HOW TO HAVE ACCESS TO "PR2"

- To enter Pr2 programming menu:
- Access to a Pr1 menu by pressing both SET+DOWN keys for 3 sec, the first parameter label will be showed;
 - Press DOWN key till the Pr2 label will be showed, then press SET;
 - The blinking PAS label will be showed, wait some seconds;
 - Will be showed "0 - ." with blinking 0: insert the password [321] using the keys UP and DOWN and confirming with SET key.

GENERAL STRUCTURE: The first two item rTC and EEV are related to submenus with others parameters.



- SET+UP keys on rTC or EEV submenus allow coming back to parameter list.
- SET+UP keys on parameter list allow immediate exit.

8.2 HOW TO MOVE PARAMETER FROM PR1 TO PR2 AND VICE VERSA

Enter on Pr2: select the parameter; press together [SET + DOWN]; a left side LED ON gives to the parameter the presence on Pr1 level, a left side LED OFF means that the parameter is not present on Pr1 (only Pr2).

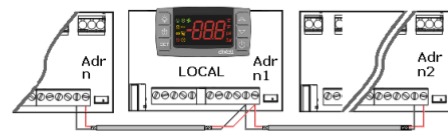
9. FAST ACCESS MENU

This menu contains the list of probes and some values that are automatically evacuated by the board such as the superheat and the percentage of valve opening. The values: nP or noP stands for probe not present or value not evacuate, Err value out of range, probe damaged not connected or incorrectly configured.

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Entering fast access menu | | By press and release the UP arrow. The duration of the menu in case of inactivity is about 3 min. The values that will be showed depend on the configuration of the board. |
| Use | | HM Access to clock menu or reset of the RTC alarm; |
| | | An Value of analog output; |
| | | SH Value of superheat. nA = not Available; |
| | | oPP Percentage of valve opening. |
| | | dP1 (Pb1) Value read by probe 1. |
| | | dP2 (Pb2) Value read by probe 2. |
| | | dP3 (Pb3) Value read by probe 3. |
| | | dp4 (Pb4) Value read by probe 4. |
| | | dP5 (Pb5) Temperature read by probe 5 or value obtained from pressure transducer. |
| | | dP6 (Pb6) Value read by probe 6. |
| | | dPP Pressure value read by (Pb5) transducer. |
| | | rPP Virtual pressure probe, only on slave. |
| | | L*t Minimum room temperature; |
| | | H*t Maximum room temperature; |
| | | dPr Virtual probe for room temperature regulation [rPA and rPB]; |
| | | dPd Virtual probe for defrost management [dPA]; |
| | | dPF Virtual probe for fan management [FPA]; |
| | | rSE Real thermoregulation set point: the value includes the sum of SET, HES and/or the dynamic set point if the functions are enabled. |
| Exit | + | Pressed together or wait the timeout of about 60 sec |

10. MENU FOR MULTIMASTER FUNCTION: SEC

The function "section" SEC is enabled when icon is lit. It allows entering in the remote programming mode, from a keyboard not physically connected to the board, through the LAN functionality.



| Action | Button or display | Notes |
|-------------------------------|-------------------|---|
| Enter menu | | Press UP arrow for about 3 sec, the icon will be ON. |
| Waiting for action | SEC | The menu to change the section will be entered. SEC label will be displayed. |
| Enter section list | | Press SET to confirm. The following list will be available to select the proper network function. |
| Select proper function | | LOC To gain access only to the local device. |
| | | ALL To gain access to all the devices connected to the LAN. |
| | | SE1 To gain access to the device with 1st Adr (*) |
| | | SEn ... SE8 To gain access to the device with 8th Adr (*) |
| Confirm | | Select and confirm an entry by pressing SET button. |
| Exit menu | + | Press SET and UP together or wait about 10 seconds. |

(*) The devices on the LAN are indexed by using the Adr parameter (in ascending order).

EXAMPLES:

- To modify the same parameter values in all the devices connected to the LAN: enter multimaster menu. Select and confirm ALL. Exit from multimaster menu. Enter the programming menu and change the required parameter values. The new values will be changed on all devices connected to the LAN.
- To modify a parameter value in the device with [Adr = 35]: find the relevant indexed section (the one linked to [Adr = 35]). Enter multimaster menu. Select and confirm this section from the multimaster menu. Exit from multimaster menu. Enter the programming menu and change the required parameter value.
- If the alarm nod is present: enter the multimaster menu. Select and confirm the LOC section. Exit from multimaster menu.

AT THE END OF THE PROGRAMMING PROCEDURE, SELECT THE SECTION "LOC". IN THIS WAY THE ICON WILL BE SWITCHED OFF!!

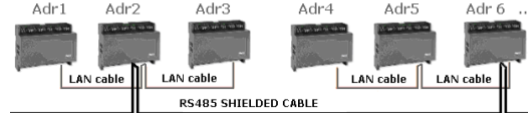
10.1 SYNCHRONIZED DEFROST

The synchronized defrost allow to manage multiple defrost from different boards connected through the LAN connection. In this way, the boards can perform simultaneous defrosts with the possibility to end them in a synchronized way.

The **Adr** parameter cannot be duplicated because in this case the defrost cannot be correctly managed.

| | | |
|-------------------|----|---|
| BEGIN | | Press for 3 seconds, the rTc or other will be showed. The measurement unit blinks. |
| Find Adr | | Press more than once the DOWN arrow to find the Adr parameter, the press SET. |
| Modify Adr | or | Set the value of Adr parameter, then press SET to confirm the parameter. |
| EXIT | | Press the two keys together to exit from menu or wait for about 10 seconds. |

The **Lsn** and **Lan** parameter are only to show the actual settings (read only). Se the following example of configuration:



DAILY DEFROST FROM RTC: [EdF = rTc]

IdF Parameter: for safety reason force the value of **Idf** at +1 respect to the interval between two **Ld** parameters. The **IdF** timer is reinitialized after defrost and at every power-on.

DEFROST START: at the time selected by the parameters **Ld1** to **Ld6** or **Sd1** to **Sd6**.

DEFROST END: if the probes reach the **dIE** temperature or for maximum **MdF** time.

SAFETY and **Rtc** or **RiF** ALARM: with clock alarm the device will use the parameter **IdF**, **dIE** and **MdF**.

WARNING: don't set [EdF = rTc] and [Cpb = n].

MULTIMASTER DEFROST: all the probes with clock Table for example

| Par. | Unit A (RTC) | Unit B (RTC) | Unit C (RTC) |
|------------|----------------|----------------|----------------|
| Adr | n | N + 1 | N + 2 |
| EdF | rTc (clock) | rTc (clock) | rTc (clock) |
| IdF | 9 hours safety | 9 hours safety | 9 hours safety |
| MdF | 45 min safety | 45 min safety | 45 min safety |
| dIE | 12°C safety | 12°C safety | 12°C safety |
| Ld1 | 06:00 1* | 06:00 1* | 06:00 1* |
| Ld2 | 14:00 2* | 14:00 2* | 14:00 2* |
| Ld3 | 22:00 3* | 22:00 3* | 22:00 3* |

11. COMMISSIONING

11.1 CLOCK SETTING AND RTC ALARM RESET

If the clock is present: [EdF = rTc] enable the defrost from rtc [Ld1 to Ld6].

| | | |
|----------------|--|---|
| BEGIN | | UP arrow (press once) to access the fast access menu |
| Display | | Identify the clock RTC submenu; press SET |
| Display | | HUr = hour → press SET to confirm/modify Min = minutes → press SET to confirm/modify don't use others parameters if present. |
| EXIT | | Press for about 10 sec. The operation resets the RTC alarm. |

Note: the rTc clock menu is present also on the second level of parameters. **Warning:** if the board shows the rF alarm, the device has to be changed.

11.2 ELECTRONIC VALVE SETTINGS – ONLY FOR XM679K

Some parameters have to be checked:

[1] **Superheat temperature probe:** Ntc, Ptc, Pt1000 with parameter **P6C**. The sensor has to be fixed at the end of the evaporator.

[2] **Pressure transducer:** [4 to 20mA] or ratiometric **P5C = 420** or **5Vr** with parameter **P5C**.

[3] **Range of measurement:** check the parameter of conversion **PA4** and **P20** that are related to the transducer.

TRANSDUCER: [-0.5/7Bar] or [0.5/8Bar abs] the correct setup is relative pressure with **PA4** = -0.5 and **P20** = 7.0. The [0.5/12Bar abs] the correct setup is relative pressure with **PA4** = -0.5 and **P20** = 11.00.

Example of virtual pressure with unique [4 to 20mA] or [0 to 5V] transducer:

| Param. | XM6x9K_1 without transducer | XM6x9K_2 + with transducer | XM6x9K_3+ without transducer |
|------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Adr | n | n + 1 | n + 2 |
| LPP | LPP = n | LPP = Y | LPP = n |
| P5C | LAN or not connect the probe | P5C= 420 or 0-5V | LAN or not connect the probe |
| PA4 | Not used | -0.5 bar | Not used |
| P20 | Not used | 7.0 bar | Not used |

[4] From **EEV** submenu: select the correct kind of gas with **FTY** parameter.

[5] Use the following parameters to setup the right valve driving, according to the valve datasheet from the manufacturer.

12. QUICK REFERENCE GUIDE: HOW TO RUN THE SELF ADAPTIVE REGULATION IN 5 STEPS.

- After wiring the **XM679K**, set the proper gas via **Fty** parameter. Pre-set gas is **R404A**.
- Configure the probes:**
 - Regulation and evaporator probe are preset as **NTC**. If another kind of sensors is used, set it via **P1c** and **P2c** parameters.
 - Superheat evaporator outlet probe is pre-set as **Pt1000**, if another kind of sensor is used, set it via **P5c** parameter.
 - The **PP11** (-0.5-11 bar) is pre-set as pressure probe. It operates at relative pressure (**Pru = rE**). If you're using a ratiometric transducer, set **P5c = 0-5**, then use parameters **PA4** and **P20** to set the range
 - NOTE:** check the pressure gauge reading with the value of **dPP**, press the **UP** arrow once to enter the **Fast Access Menu**. If ok, proceed; otherwise solve the situation before proceeding acting on par. **Pru**, **PA4** and **P20**.
- Set the parameters for self adaptive regulation of superheat**

NOTE: the parameters **Pb** (regulation band) and **Int** (integral time) are automatically calculated by the controller

 - Set **CrE = no**, this disable the continuous regulation of the temperature. Default is **CrE = no**.
 - Set **SSH** superheating setpoint: a value between 4 and 9 is acceptable. Default is **SSH=8**
 - Set **AMS = y** to start the self adaptive regulation. Default is **AMS = y**
 - Set **AtU = y** to start the search of the lowest stable superheat. Default is **AtU = y**. This function reduces automatically the SH setpoint in order to optimize the use of the evaporator, keeping, at the same time, the superheating regulation stable. The minimum allowed SH set point is **LSH+2°C**.
 - Set **LSH**, low superheating limit: a value between 2-4 is acceptable. Default is **LSH = 2**
 - Set **Sub**, pressure filter: Default is **Sub = 10**. The value can be increased up to 20 in case of too fast response of the pressure variations.
- Set the parameters for the temperature regulation**
 - Set the temperature setpoint. Default is **2°C**
 - Set the differential **HY**. Default is **2°C**.
 - If the capacity of the valve is higher than requested, it can be reduced by the par. **MNF** (Default is 100). A proper setting of **MnF** will reduce the time that the algorithm takes to reach the stability. **MNF** value doesn't affect the band width.

13. KIND OF REGULATION FOR SUPERHEAT: SELF ADAPTIVE OR MANUAL OPERATING MODE

13.1 PRESSURE FILTERING – SUB PARAMETER

For a good SH regulation, it's important to use a filtered value of the pressure.

This can be done by the parameter **Sub**.

Suggested values:

- From 1-5 evaporators for each racks: **Sub = 20**
- From 6-30 evaporators for each racks: **Sub = 15**
- More than 30 evaporators for each racks: **Sub = 10**

13.2 GENERAL CONSIDERATIONS

The controller is able to regulate the superheat in manual or self adaptive mode, according to the value of the parameter **AMS**, autotuning enabling.

- With **AMS = n**: the normal SH regulation is performed
- With **AMS = y**: the self adaptive SH regulation is performed

13.3 MANUAL OPERATING MODE - AMS = NO

The temperature and SH regulation can be performed in 2 ways according to the value of the parameter **CrE**: on/off or continuous. See below in details Standard temperature regulation

13.3.1 ON/OFF TEMPERATURE REGULATION [CrE = n]

- Temperature regulation is ON/OFF and it depends on the SET point and HY parameter (differential) Valve is closed when the temperature reaches the set point and open when the temperature is higher than set point + differential.
- The superheat is regulated to be closer to its set point.
- With more pauses normally also the humidity is bigger.
- Regulation pauses can be realized using **Sti** and **Std** parameters (during these pauses the valve is closed).

13.3.2 COUNTINUOUS REGULATION OF THE TEMPERATURE [CrE = Y] (with superheat regulation):

- The **HY** parameter becomes temperature band for PI control. A default good value is **6°C**.
- The regulation of injection is continuous and the cooling output is always on. The icon is always ON excluding the defrost phase.
- The superheat is regulated following the **SSH** parameter.
- Regulation pauses can be realized using **Sti** and **Std** parameters (during these pauses the valve is closed).
- Increasing the **Int** integral time it is possible to decrease the speed of reaction of the regulator on the **HY** band.

13.3.3 COUNTINUOUS REGULATION OF THE TEMPERATURE [CrE = Y] (without superheat regulation):

- The **HY** parameters become temperature band for PI control. A default good value is **5°C**.
- The regulation of injection is continuous and the cooling output is always on. The icon is always ON excluding the defrost phase.
- The superheat is not regulated because the valve is at the end of the evaporator. At the beginning of the evaporator there is another valve.
- Regulation pauses can be realized using **Sti** and **Std** parameters (during these pauses the valve is closed).

- 5. Increasing the *Int* integral time it is possible to decrease the speed of reaction of the regulator on the *HY* band.

13.4 SELF ADAPTIVE OPERATING MODE – AMS = YES

Auto-adaptive means to find and maintain the condition of the lowest super heating according to the load and environmental conditions present in a given time on the evaporator. The parameter *AMS* enables the self adaptive mode for the superheat regulation. In this functioning the values of *Pb* and *inc* parameter are automatically set by the controller according to the kind of applications and the response of the system.

With the *AMS = YES*, *CrE* must be set at *NO*.

The self adaptive algorithm does not affect, the functions related to the forced opening of the valve in special situation such as:

- Forced opening of the valve at start of regulation, parameter *SfD* (percentage) and *SfD* (time).
- Forced opening of the valve after defrost, parameter *oPd* (percentage) and *Pdd* (time).

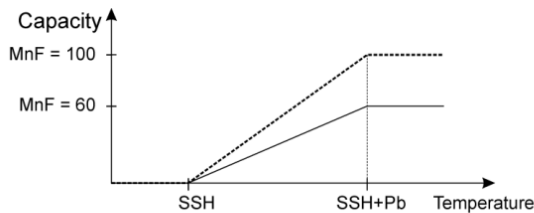
13.5 MINIMUM STABLE SUPERHEAT SEARCH - AMS = YES, ATU = YES

With the parameter *ATU*, the minimum stable superheat search function is enabled.

With *ATU = YES* controllers start searching the minimum stable value for the *SH*, the minimum admitted value in any case is *LSH + 2°C (4°F)*. Please take it in consideration, before setting *LSH* value.

13.6 VALVE CAPACITY REDUCING – MNF PARAMETER

Thanks to the parameter *MnF* it's possible to reduce the capacity of the valve, to fine tune the valve to the evaporator. The regulation band is not affected from the modification of the *MnF* parameter. See below the behaviour of the capacity of the valve, when the *MnF* parameter is adjusted.



NOTE: during the soft start phase (*oPE*, *SfD*), *MnF* parameter is not taken in consideration and the capacity of the valve is set by the parameters *oPE* and *oPd*, respectively.

14. DISPLAY MESSAGES

| Display | Causes | Notes |
|-------------------------------|------------------------------------|---|
| KEYBOARD | | |
| 1 | <i>nod</i> | No display: the keyboard is trying to work with another board that is not working or not present. Press for 3 sec UP arrow, enter the <i>SEC</i> menu and select <i>LOC</i> entry. |
| 2 | <i>Pon</i> | Keyboard is unlocked |
| 3 | <i>PoF</i> | Keyboard is locked |
| 4 | <i>rSt</i> | Alarm reset. Alarm output deactivated |
| 5 | <i>noP</i> , <i>nP</i> , <i>nA</i> | Not present (configuration) / Not available (evaluation) |
| 6 | <i>noL</i> | The keyboard is not able to communicate with the XM670-XM679K. Verify the connection. Call the Service |
| ALARM FROM PROBE INPUT | | |
| 6 | <i>P1</i> | Sensor brake down, value out of range or sensor incorrectly configured <i>P1C</i> , <i>P2C</i> to <i>P6C</i> . <i>P1</i> : the cooling output works with <i>Con</i> and <i>CoF</i> . With defrost probe on error the defrost is performed only at interval. |
| | <i>P4</i> | <i>PPF</i> can be showed by slaves of pressure that don't receive the value of pressure. |
| | <i>P6</i> | For <i>P5</i> , <i>P6</i> and <i>PPF</i> : the percentage of the valve opening is fixed at <i>PEO</i> value. |
| | <i>PPF</i> | <i>CPF</i> is showed when the remote probe 4 is not working. |
| | <i>CPF</i> | |
| | | |
| TEMPERATURE ALARM | | |
| 7 | <i>HA</i> | Temperature alarm from parameter <i>ALU</i> on probe <i>rAL</i> . Outputs unchanged. |
| 8 | <i>LA</i> | Temperature alarm from parameter <i>ALL</i> on probe <i>rAL</i> . Outputs unchanged. |
| | <i>*HAd</i> | Defrost high temperature. Outputs unchanged. |
| | <i>*LAd</i> | Defrost low temperature. Outputs unchanged. |
| | <i>*FAd</i> | Fan low temperature. Outputs unchanged. |
| | <i>*HAF</i> | Fan high temperature. Outputs unchanged. |
| DIGITAL INPUT ALARM | | |
| 13 | <i>dA</i> | Door open alarm from input <i>i1F</i> , <i>i2F</i> or <i>i3F</i> = after delay <i>d1d</i> , <i>d2d</i> or <i>d3d</i> . Cooling relay and fan follow the <i>odc</i> parameter. Cooling restart as specified on <i>trd</i> parameter. |
| 14 | <i>EA</i> | Generic alarm from digital input <i>i1F</i> , <i>i2F</i> , <i>i3F</i> = <i>EAL</i> . |
| 15 | <i>CA</i> | Severe alarm of regulation lock from digital input <i>i1F</i> , <i>i2F</i> , <i>i3F</i> = <i>bAL</i> . Regulation output OFF. |
| 16 | <i>PAL</i> | Pressure switch lock <i>i1F</i> , <i>i2F</i> or <i>i3F</i> = <i>PAL</i> . All the outputs are OFF. |

| Display | Causes | Notes |
|-------------------------------|------------|---|
| ELECTRONIC VALVE ALARM | | |
| 17 | <i>LOP</i> | Minimum operating pressure threshold from <i>LOP</i> parameter. The valve output increases its opening of <i>dML</i> quantity every second. |
| 18 | <i>MOP</i> | Maximum operating pressure threshold from <i>MOP</i> parameter. The valve output decreases its opening of <i>dML</i> quantity every second. |
| 19 | <i>LSH</i> | Low superheating from <i>LSH</i> parameter and <i>SHd</i> delay. The valve will be closed; the alarm will be showed after <i>SHd</i> delay. |
| 20 | <i>HSH</i> | High superheating from <i>HSH</i> parameter and <i>SHd</i> delay. Only display. |
| CLOCK ALARM | | |
| 21 | <i>rtC</i> | Clock settings lost. Defrost will be performed with <i>IdF</i> till restoring the settings of <i>RTC</i> . |
| 22 | <i>rtF</i> | Clock damaged. Defrost will be performed with <i>IdF</i> . |
| OTHERS | | |
| 23 | <i>EE</i> | EEPROM serious problem. Output OFF. |
| 24 | <i>Err</i> | Error with upload/download parameters. Repeat the operation. |
| 25 | <i>End</i> | Parameters have been correctly transferred. |

14.1 ALLARM RECOVERY

Probe alarms *P1*, *P2*, *P3* and *P4* start some seconds after the fault in the related probe; they automatically stop some seconds after the probe restarts normal operation. Check connections before replacing the probe. Temperature alarms *HA*, *LA*, *HAZ* and *LAZ* automatically stop as soon as the temperature returns to normal values. Alarms *EA* and *CA* (with *i1F = bAL*) recover as soon as the digital input is disabled. Alarm *CA* (with *i1F = PAL*) recovers only by switching off and on the instrument.

15. ELECTRONIC EXPANSION VALVE MENU (ONLY FOR XM679K)



1. Enter the Programming mode by pressing the SET and DOWN key for few seconds (measurement unit starts blinking).
2. Press arrows until the instrument shows EEU label;
3. Press SET. You are now in EEV function menu;

16. CONTROLLING LOADS

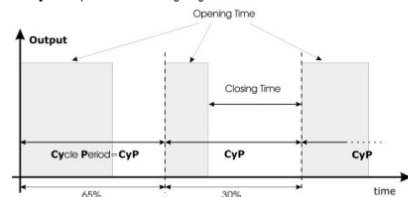
16.1 THE SOLENOID VALVE

The regulation is performed according to the temperature measured by the thermostat probe that can be physical probe or virtual probe obtained by a weighted average between two probes (see parameters table description) with a positive differential from the set point. If the temperature increases and reaches set point plus differential the solenoid valve is opened and then it is closed when the temperature reaches the set point value again. In case of fault in the thermostat probe the opening and closing time of solenoid valve is configured by *Con* and *CoF* parameters.

16.2 STANDARD REGULATION AND CONTINUOUS REGULATION

The regulation can be performed in two ways: the goal of the first way (standard regulation) is reaching the best superheat via a classic temperature regulation obtained using hysteresis. The second way, permits to use the valve to realise an high performance temperature regulation with a good factor of superheat precision. This second possibility, it can be used only in centralized plants and it is available only with electronic expansion valve by selecting *CrE=Y* parameter.

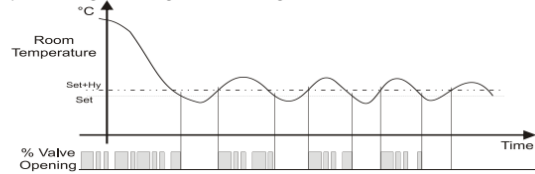
In any case, the regulation is performed via PI regulator that gives the opening percentage to the valve via PWM modulation explained as follow. Opening percentage is obtained from average of Opening Time respect to *CyP* time period like following diagram:



With opening percentage we mean percentage of cycle period where valve is open. For example, if *CyP=6s* (standard value) by saying: "The valve is opened at 50%", this means that the valve is opened for 3s during cycle period.

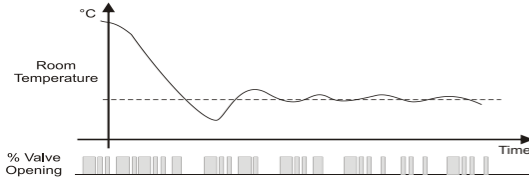
First kind of regulation:

In this case, the *Hy* parameter is the differential for standard ON/OFF regulation. In this case the *int* parameter is neglected. The regulation follow this diagram:



Second kind of regulation – Continuous regulation (only XM679K):

In this case, the *Hy* parameter is the proportional band of PI in charge of room temperature regulation and we advise to used at least *Hy=5.0°C/10°F*. The *int* parameter is the integral time of the same PI regulator. Increasing *int* parameter the PI regulator become slow in reaction and of course is true vice versa. To disable the integral part of regulation you should set *int=0*.



16.3 DEFROST

Defrost starting
 In any case, the device check the temperature read by configured defrost probe before starting defrost procedure, after that:

- (If RTC is present) Two defrost modes are available through the "tdF" parameter: defrost with electrical heater and hot gas defrost. The defrost interval is controlled by parameter "EdF": (EdF = rtc) defrost is made in real time depending on the hours set in the parameters Ld1...Ld6 in workdays and in Sd1...Sd6 on holidays; (EdF = in) the defrost is made every "IdF" time;
- defrost cycle starting can be operated locally (manual activation by means of the keyboard or digital input or end of interval time) or the command can come from the Master defrost unit of the LAN. In this case the controller will operate the defrost cycle following the parameters it has programmed but, at the end of the drip time, will wait that all the other controllers of the LAN finish their defrost cycle before to re-start the normal regulation of the temperature according to dEM parameter;
- Every time any of the controller of the LAN begin a defrost cycle it issue the command into the network making all the other controllers start their own cycle. This allows a perfect synchronisation of the defrost in the whole multiplexed cabinet according to Lm4 parameter;
- Selecting dPA and dPB probes and by changing the dTP and dDP parameters the defrost can be started when the difference between dPA and dPB probes is lower than dTP for all dDP time. This is useful to start defrost when a low thermal exchange is detected. If ddP=0 this function is disabled;

Defrost ending

- When defrost is started via rtc, the maximum duration of defrost is obtained from Md parameter and the defrost end temperature is obtained from dtE parameter (and dtS if two defrost probes are selected).
- If dPA and dPB are present and d2P=y the instrument stops the defrost procedure when dPA is higher than dtE temperature and dPB is higher than dtS temperature;

At the end of defrost the drip time is controlled through the "FdT" parameter.

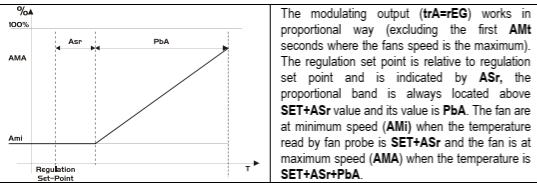
16.4 FANS

CONTROL WITH RELAY

- The fan control mode is selected by means of the "FnC" parameter:
- C-n** = running with the solenoid valve, OFF during the defrost;
 - C-y** = running with the 1e solenoid valve, ON during the defrost;
 - O-n** = continuous mode, OFF during the defrost;
 - O-y** = continuous mode, ON during the defrost;

An additional parameter "FSI" provides the setting of temperature, detected by the evaporator probe, above which the fans are always OFF. This can be used to make sure circulation of air only if his temperature is lower than set in "FSI".

CONTROL WITH ANALOG OUTPUT (if present)

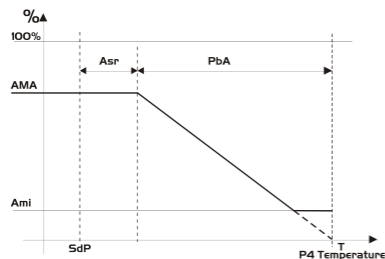


16.5 ANTI-SWEAT HEATERS

The anti-sweat heater regulation can be performed with on board relay (if OA6 = AC) or with the analog output (if present by setting trA = AC). However the regulation can be performed in two ways:

- Without real dew-point information: in this case the default value for dew-point is used (SdP parameter).
- Receiving dew-point from XWEB5000 system: the SdP parameter is overwritten when valid value for dew-point is received from XWEB. In case of XWEB link is lost, SdP is the value that will be used for safety.

The best performance can be obtained using probe 4. In this case, the regulation follows the chart:



Probe 4 should be placed on the showcase glass. For each cabinet can be used only one probe 4 (P4) sending its value to the others section that are connected to the LAN.

HOW TO WORK WITH PROBE 4 THROUGH THE LAN:

| Param. | XM6x9K_1 Without probe 4 | XM6x9K_2 + with probe 4 | XM6x9K_3+ Without probe 4 |
|--------|--|-------------------------|------------------------------|
| Adr | n | n + 1 | n + 2 |
| LCP | LCP = n | LCP = Y | LCP = n |
| P4C | LAN or not connect the probe | P4C = NTC, PtC or PIM | LAN or not connect the probe |
| trA | trA = AC if the device has the analog output | | |
| OA6 | OA6 = AC if the device will use the AUX relay for regulation | | |

HOW TO WORK WITHOUT PROBE 4:

| Param. | XM6x9K Without probe 4 |
|--------|---------------------------|
| P4C | nP |
| AMT | % of ON |

In this case, the regulation is performed by switching on and off the auxiliary relay on a 60 minutes time base. The ON time will be the AMT value, so that the relay will be ON for AMT minutes and OFF for [60-AMT] minutes.

In case of P4 error or if P4 is absent the output is at AMA value for the AMT time then the output is at 0 value for the time [255 - AMT] time performing a simple PWM modulation.

16.6 AUXILIARY OUTPUT

The auxiliary output is switch ON and OFF by means of the corresponding digital input or by pressing and releasing the down arrow key.

17. PARAMETER LIST

REGULATION

- Set** Temperature set point (LS=US)
- rtC** Access to CLOCK submenu (if present);
- EEU** Access to EEV submenu (only XM679K);
- Hy** Differential: (0,1-25,5°C; 1-45°F): Intervention differential for set point, always positive. Solenoid valve Cut IN is Set Point Plus Differential (Hy). Solenoid valve Cut OUT is when the temperature reaches the set point.
- Int** Integral time for room temperature regulation (Only XM679K): (0 ÷ 255 s) integral time for room temperature PI regulator. 0= no integral action;
- CrE** Continuous regulation activation (Only XM679K): (n=Y) n= standard regulation; Y= continuous regulation. Use it only in centralized plants;
- LS** Minimum set point limit: (-55,0°C-SET; -67°F+SET) Sets the minimum acceptable value for the set point.
- US** Maximum set point limit: (SET+150°C; SET+302°F) Set the maximum acceptable value for set point.
- OdS** Outputs activation delay at start up: (0÷255 min) This function is enabled at the initial start up of the instrument and inhibits any output activation for the period of time set in the parameter (AUX and Light can work)
- AC** Anti-short cycle delay: (0÷60 min) interval between the solenoid valve stop and the following restart.
- CCt** Compressor ON time during continuous cycle: (0,0÷24,0h; resolution 10min) Allows to set the length of the continuous cycle: compressor stays on without interruption for the CCt time. Can be used, for instance, when the room is filled with new products.
- CCS** Set point for continuous cycle: (-55÷150°C / -67÷302°F) it sets the set point used during the continuous cycle.
- Con** solenoid valve ON time with faulty probe: (0÷255 min) time during which the solenoid valve is active in case of faulty thermostat probe. With Con=0 solenoid valve is always OFF.
- CoF** solenoid valve OFF time with faulty probe: (0÷255 min) time during which the solenoid valve is off in case of faulty thermostat probe. With CoF=0 solenoid valve is always active.

DISPLAY

- CF** Temperature measurement unit: °C=Celsius; °F=Fahrenheit. !!! WARNING !!! When the measurement unit is changed the parameters with temperature values have to be checked.
- PrU** Pressure mode: (rEL or AbS) it defines the mode to use the pressure. !!! WARNING !!! the setting of PrU is used for all the pressure parameters. If PrU=rEL all pressure parameters are in relative pressure unit, if PrU=AbS all pressure parameters are in absolute pressure unit. (Only XM679K)
- PMU** Pressure measurement unit: (bAr - PSI - MPA) it selects the pressure measurement units. MPA= the value of pressure measured by kPA*10. (Only XM679K)
- PMd** Way of displaying pressure : (tEM - PrE) it permits showing the value measured by pressure probe with tEM= temperature or by PrE= pressure; (Only XM679K)
- rES** Resolution (for °C): (in = 1°C; dE = 0.1 °C) allows decimal point display;
- Lod** Instrument display: (nP; P1; P2; P3; P4; P5; P6; tEr, dEF) it selects which probe is displayed by the instrument. P1, P2, P3, P4, P5, P6, tEr= virtual probe for thermostat, dEF= virtual probe for defrost.
- red** Remote display: (nP; P1; P2; P3; P4; P5; P6; tEr, dEF) it selects which probe is displayed by the X-REP. P1, P2, P3, P4, P5, P6, tEr= virtual probe for thermostat, dEF= virtual probe for defrost.
- dLy** Display delay: (0 ÷24,0 m; resolution 10s) when the temperature increases, the display is updated of 1 °C/1 °F after this time.
- rPA** Regulation probe A: (nP; P1; P2; P3, P4, P5) first probe used to regulate room temperature. If rPA=nP the regulation is performed with real value of rPb.
- rPb** Regulation probe B: (nP; P1; P2; P3, P4, P5) second probe used to regulate room temperature. If rPb=nP the regulation is performed with real value of rPA
- rPE** Regulation virtual probe percentage: (0 ÷ 100%) it defines the percentage of the rPA respect to rPb. The value used to regulate room temperature is obtained by:

$$\text{value_for_room} = (rPA \cdot rPE + rPb \cdot (100 - rPE)) / 100$$

| ELECTRONIC EXPANSION VALVE SUBMENU (Only XM679K) | |
|--|---|
| FIY | Kind of gas: R22 = r22, 134 = r134, 404 = r404A, 47A = r407A, 47F = r407F 410 = r410, 507=r507, CO2 = CO2). |
| Atu | Minimum STABLE superheat search (No; yES) This parameter enables the search of the minimum stable superheat. The lowest admitted value is LSH+2°C |
| AMS | Self self adaptive SH regulation enabling (No; yES) This parameter enables the self adaptive regulation of the superheat. CrE = no must to be set, when this function is enabled. |
| SSH | Superheat set point: [0.1°C + 25.5°C] [1°F + 45°F] it's the value used to regulate superheat |
| CyP | Cycle Period: (1 + 15s) it permits to set cycle time; |
| Pb | Proportional band: (0.1 + 60.0 / 1+108°F) PI proportional band; |
| rS | Band Offset: (-12.0 + 12.0°C / -21+21°F) PI band offset; |
| inC | Integration time: (0 + 255s) PI integration time; |
| PEO | Probe Error opening percentage: (0+100%) if a temporary probe error occurs, valve opening percentage is PEO until PEd time is elapsed; |
| PEd | Probe Error delay before stopping regulation: (0+239 sec. - On=unlimited) if probe error duration is bigger than PEd then valve totally closes. Pf message is showed. If PEd=On valve opening is PEO until probe error finishes; |
| OPE | Start opening Percentage: (0+100%) Opening valve percentage when start function is active. This phase duration is SFD time; |
| Sfd | Start Function duration: (0.0 + 42.0 min: resolution 10s) It sets start function duration and post-defrost duration. During this phase the alarms are neglected; |
| OPd | Opening Percentage after defrost phase: (0+100%) Opening valve percentage when after defrost function is active. This phase duration is Pdd time; |
| Pdd | Post Defrost Function duration: (0.0 + 42.0 min: resolution 10s) It sets start function duration and post-defrost duration. During this phase the alarms are neglected; |
| MnF | Maximum opening percentage at normal Functioning: (0+100%) during regulation it sets the maximum valve opening percentage; |
| dCL | Delay before stopping valve regulation: (0 + 255s) When the cooling request goes off, the electronic valve regulation can go on for the dCL time in order to prevent uncontrolled superheat variation; |
| Fot | Forced opening percentage: (0+100% - nu) it permits to force the valve opening to the specified value. This value overwrite the value calculated by PID algorithm. !!! WARNING !!! to obtain the correct superheat regulation you have to set Fot=nu; |
| PA4 | Probe value At 4mA or At 0V: (-1.0 + P20 bar / -14 + PSI / -10 + P20 kPA*10) pressure value measured by probe at 4mA or at 0V (related to PrM parameter) Referred to Pb5 |
| P20 | Probe value 20mA or At 5V: (PA4 + 50.0 bar / 725 psi / 500 kPA*10) pressure value measured by probe at 20mA or at 5V (related to PrM parameter) Referred to Pb5 |
| LPL | Lower Pressure Limit for superheat regulation: (PA4 + P20 bar / psi / kPA*10) when suction pressure comes down to LPL the regulation is performed with a LPL fixed value for pressure, when pressure comes back to LPL the normal pressure value is used. (related to PrM parameter) |
| MOP | Maximum Operating Pressure threshold: (PA4 + P20 bar / psi / kPA*10) if suction pressure exceeds maximum operating pressure value, instrument signals situation with MOP alarm. (related to PrM parameter) |
| LOP | Lowest Operating Pressure threshold: (PA4 + P20 bar / psi / kPA*10) if the suction pressure comes down to this value a low pressure alarm is signalled with LOP alarm. (related to PrM parameter) |
| dML | delta MOP-LOP: (0 + 100%) when a MOP alarm occurs valve will close of the dML percentage every cycle period until MOP alarm is active. When LOP occurs valve will open of the dML percentage every cycle period until LOP alarm is active. |
| MSH | Maximum Superheat alarm: (LSH + 80.0°C / LSH + 144°F) when superheat exceeds this value an high superheat alarm is signalled after interval SHd |
| LSH | Lowest Superheat alarm: (0.0 + MSH °C / 0+MSH °F) when superheat goes down to this value a low superheat alarm is signalled after interval SHd |
| SHy | Superheat alarm Hysteresis: (0.1+25.5°C/1+45°F) hysteresis for superheat alarm deactivation |
| SHd | Superheat alarm activation delay: (0.0 + 42.0 min: resolution 10s) when a superheat alarm occurs, the time SHd have to pass before signalling alarm; |
| FrC | Fast-recovery Constant: (0+100 s) permits to increase integral time when SHi is below the set-point. If FrC=0 fast recovery function is disabled. |
| Sub | Pressure filter (0+100) It uses the last average values of the pressure to calculate the superheat. |
| SLB | Reaction time (0+255s) |
| DEFROST | |
| dPA | defrost Probe A: (nP; P1; P2, P3, P4, P5) first probe used for defrost. If rPA=nP the regulation is performed with real value of dPb. |
| dPb | defrost Probe B: (nP; P1; P2, P3, P4, P5) second probe used for defrost. If rPB=nP the regulation is performed with real value of dPA. |
| dPE | defrost virtual probe percentage: (0+100%) it defines the percentage of the dPA respect to dPb. The value used to regulate room temperature is obtained by: value_for_defrost= (dPA*dPE + dPb*(100-dPE))/100 |
| tdF | Defrost type: (EL - in) EL = electrical heater, in = hot gas; |
| EdF | Defrost mode: (rtc - in) (only if RTC is present) rtc= defrost activation via RTC; in= defrost activation with idf. |
| Srt | Heater set point during defrost: (-55.0 + 150.0°C; -67 + 302°F) if tdF=EL during the defrost the defrost relay perform an ON/OFF regulation with Srt as set point. |
| Hyr | Differential for heater: (0.1°C + 25.5°C, 1°F + 45°F) the differential for heater; |
| tod | Time out for heater: 0 + 255 (min.) if the defrost probe temperature is bigger than Srt for all tod time the defrost ends although the defrost probe temperature is lower than dIE or dIS. It permits to reduce defrost duration; |
| dIP | Minimum temperature difference to start defrost: [0.1°C + 50.0°C] [1°F + 90°F] if the difference between the two defrost probes stays lower than dIP for all ddP time the defrost is activated; |
| ddP | Delay before starting defrost (related to dIP): (0 + 60 min) delay related to dIP. |
| d2P | Defrost with two probes: (n - Y) = only the dPA probe is used to defrost management; Y= defrost is managed with dPA probe and dPb probe. Defrost can performed only if both probe value are lower than dIE for dPA probe and dIS for dPb probe; |
| dIE | Defrost termination temperature (Probe A): (-55.0+50.0°C; -67+122°F) (Enabled only when the evaporator probe is present) sets the temperature measured by the evaporator probe dPA which causes the end of defrost; |
| dIS | Defrost termination temperature (Probe B): (-55.0+50.0°C; -67+122°F) (Enabled only when the evaporator probe is present) sets the temperature measured by the evaporator probe dPb which causes the end of defrost; |

| ldF | Interval between defrosts: (0+120h) Determines the time interval between the beginning of two defrost cycles; |
|--------------------------------------|---|
| ldF | Maximum duration of defrost: (0+255 min) When dPA and dPb aren't present, it sets the defrost duration, otherwise it sets the maximum duration for defrost; |
| dSd | Start defrost delay: (0 + 255 min) This is useful when different defrost start times are necessary to avoid overloading the plant. |
| dFd | Display during defrost: rt = real temperature; it = temperature reading at the defrost start; Set = set point. dEF = "dEF" label; |
| dAd | Defrost display time out: (0+255 min) Sets the maximum time between the end of defrost and the restarting of the real room temperature display. |
| Fdt | Drain down time: (0+255 min.) time interval between reaching defrost termination temperature and the restoring of the control's normal operation. This time allows the evaporator to eliminate water drops that might have formed due to defrost. |
| dPo | First defrost after start-up: y = Immediately, n = after the ldF time |
| dAF | Defrost delay after continuous cycle: (0+23.5h) time interval between the end of the fast freezing cycle and the following defrost related to it. |
| FAN | |
| FPA | Fan probe A: (nP; P1; P2, P3, P4, P5) first probe used for fan. If FPA=nP the regulation is performed with real value of FPB; |
| FPB | Fan probe B: (nP; P1; P2, P3, P4, P5) second probe used for defrost. If FPB=nP the regulation is performed with real value of FPB; |
| FPE | Fan virtual probe percentage: (0+100%) it defines the percentage of the FPA respect to FPB. The value used to regulate room temperature is obtained by: value_for_defrost= (FPA*FPE + FPB*(100-FPE))/100 |
| FnC | Fan operating mode: C-n = running with the solenoid valve, OFF during the defrost. C-y = running with the solenoid valve, ON during the defrost. C-n = continuous mode, OFF during the defrost. C-y = continuous mode, ON during the defrost; |
| Fnd | Fan delay after defrost: (0+255 min) The time interval between the defrost end and evaporator fans start. |
| Fct | Temperature differential avoiding short cycles of fans (0.0°C + 50.0°C; 0°F + 90°F) If the difference of temperature between the evaporator and the room probes is more than the value of the Fct parameter, the fans are switched on; |
| FSt | Fan stop temperature: (-50+110°C; -58+230°F) setting of temperature, detected by evaporator probe, above which the fan is always OFF. |
| FHy | Differential to restart fan: (0.1°C + 25.5°C) (1°F + 45°F) when stopped, fan restarts when fan probe reaches FSt-FHy temperature; |
| Fod | Fan activation time after defrost: (0 + 255 min.) it forces fan activation for indicated time; |
| Fon | Fan ON time: (0+15 min) with Fnc = C_n or C_y, (fan activated in parallel with compressor), it sets the evaporator fan ON cycling time when the compressor is off. With Fon =0 and FoF ≠ 0 the fan are always off, with Fon=0 and FoF =0 the fan are always off. |
| Fof | Fan OFF time: (0+15 min) with Fnc = C_n or C_y, (fan activated in parallel with compressor), it sets the evaporator fan off cycling time when the compressor is off. With Fon =0 and FoF ≠ 0 the fan are always off, with Fon=0 and FoF =0 the fan are always off. |
| MODULATING OUTPUT (AnOUT) if present | |
| trA | Kind of regulation with PWM output: (UAL - rEG - AC) it selects the functioning for the PWM output if CoM isn't equal to OA7. UAL= the output is at FSA value; rEG= the output is regulated with fan algorithm described in fan section; AC= anti-sweat heaters control (require the XWBE5000 system); |
| SOA | Fixed value for analog output: (0 + 100%) value for the output if trA=UAL; |
| SdP | Default value for Dew point: (-55.0+50.0°C; -67+122°F) default value of dew point when there is no supervising system (XWBE5000). Used only when trA=AC; |
| ASr | Dew-point offset (trA=AC) / Differential for modulating fan regulation (trA=rEG): (-25.5°C + 25.5°C) (-45°F + 45°F); |
| PbA | Differential for anti-sweat heaters: (0.1°C + 25.5°C) (1°F + 45°F) |
| Ami | Minimum value for analog output: (0+AMA) |
| AMA | Maximum value for analog output: (Ami + 100) |
| AMT | Anti-sweat heaters cycle period (trA=AC) / Time with fan at maximum speed (trA=rEG): (0+255 s) when the fan starts, during this time the fan is at maximum speed. |
| ALARMS | |
| rAL | Probe for temperature alarm: (nP - P1 - P2 - P3 - P4 - P5 - iEr) it selects the probe used to signal alarm temperature |
| ALC | Temperature alarm configuration: rE = High and Low alarms related to Set Point; Ab = High and low alarms related to the absolute temperature. |
| ALU | High temperature alarm setting: (ALC= rE, 0 + 50°C or 90°F / ALC= Ab, ALL + 150°C or 302°F) when this temperature is reached and after the ALd delay time the HA alarm is enabled. |
| ALL | Low temperature alarm setting: (ALC = rE, 0 + 50 °C or 90°F / ALC = Ab, - 55°C or - 67°F + ALU) when this temperature is reached and after the ALd delay time, the LA alarm is enabled. |
| AHy | Differential for temperature alarm: (0.1°C + 25.5°C / 1°F + 45°F) Intervention differential for recovery of temperature alarm; |
| ALd | Temperature alarm delay: (0+255 min) time interval between the detection of an alarm condition and the corresponding alarm signalling. |
| dLU | High temperature alarm (defrost probe): (ALC= rE, 0 + 50°C or 90°F / ALC= Ab, ALL + 150°C or 302°F) when this temperature is reached and after the ddA delay time the HAd alarm is enabled. |
| dLL | Low temperature alarm (defrost probe): (ALC = rE, 0 + 50 °C or 90°F / ALC = Ab, - 55°C or - 67°F + ALU) when this temperature is reached and after the ALd delay time, the LAd alarm is enabled. |
| dAH | Differential for temperature alarm (defrost probe): (0.1°C + 25.5°C / 1°F + 45°F) Intervention differential for recovery of temperature alarm; |
| ddA | Temperature alarm delay (defrost probe): (0+255 min) time interval between the detection of an alarm condition and the corresponding alarm signalling. |
| FLU | High temperature alarm (defrost probe): (ALC= rE, 0 + 50°C or 90°F / ALC= Ab, ALL + 150°C or 302°F) when this temperature is reached and after the FAd delay time the HAF alarm is enabled. |
| FLL | Low temperature alarm (defrost probe): (ALC = rE, 0 + 50 °C or 90°F / ALC = Ab, - 55°C or - 67°F + ALU) when this temperature is reached and after the FAd delay time, the LAF alarm is enabled. |
| FAH | Differential for temperature alarm (defrost probe): (0.1°C + 25.5°C / 1°F + 45°F) Intervention differential for recovery of temperature alarm; |
| FAd | Temperature alarm delay (defrost probe): (0+255 min) time interval between the detection of an alarm condition and the corresponding alarm signalling. |

dAO Delay of temperature alarm at start-up: (0min-23h 50min) time interval between the detection of the temperature alarm condition after the instrument power on and the alarm signalling.

Eda Alarm delay at the end of defrost: (0-255 min) Time interval between the detection of the temperature alarm condition at the end of defrost and the alarm signalling.

dot Temperature alarm exclusion after door open:

Sti Stop regulation interval (Only XM679K): (0.0-24.0 hours: tens of minutes) after regulating continuously for **Sti** time, the valve closes for **Std** time in order to prevent ice creation.

Std Stop duration (Only XM679K): (0-60 min.) it defines stop regulation time after **Sti**. During this stop display shows **SlP** message

nMS Maximum number of regulation pauses (nu, 1-255)

OPTIONAL OUTPUT (nOUT) if present

OA6 Sixth relay configuration (CPr-dEF-Fan-AL-LIG-AUS-db-OnF): CPr= relay works as a compressor or solenoid valve relay; dEF= relay works as defrost relay; Fan= relay works as a Fan relay; AL= activation with alarm conditions; LIG= light activation; AUS= auxiliary relay, it can be switched ON/OFF also by key; db= dead band regulation (not compatible with CrEry); OnF= ON/OFF functioning.

CoM Type of functioning modulating output:

- For models with PWM / O.C. output → PM5= PWM 50Hz; PM6= PWM 60Hz; OA7= two state, it can be used as an open collector output;
- For models with 4-20mA / 0-10V output → Cur= 4-20mA current output; IE= 0-10V voltage output;

AOP Alarm relay polarity: cL= normally closed; oP= normally opened;

iAU Auxiliary output is unrelated to ON/OFF device status: n= if the instrument is switched off also the auxiliary output is switched off, Y= the auxiliary output state is unrelated to the ON/OFF device status

DIGITAL INPUTS

i1P Digital input 1 polarity: (cL – oP) CL: the digital input is activated by closing the contact; OP: the digital input is activated by opening the contact.

i1F Digital input 1 function: (EAL – bAL – PAL – dor – dEF – AUS – LiG – OnF – Htr – FHU – ES – HdY) EAL= external alarm; bAL= serious external alarm; PAL= pressure switch activation; dor= door open; dEF= defrost activation; AUS= auxiliary activation; LiG= light activation; OnF= switch on/off the instrument; Htr= change type of action ; FHU= not used; ES= activate energy saving; HdY= activate holiday function;

d1d Time interval/delay for digital input alarm: (0-255 min.) Time interval to calculate the number of the pressure switch activation when i1F=PAL. If i1F=EAL or bAL (external alarms), "d1d" parameter defines the time delay between the detection and the successive signalling of the alarm. If i1F=dor this is the delay to activate door open alarm

i2P Digital input 2 polarity: (cL – oP) CL: the digital input is activated by closing the contact; OP: the digital input is activated by opening the contact.

i2F Digital input 2 function: (EAL – bAL – PAL – dor – dEF – AUS – LiG – OnF – Htr – FHU – ES – HdY) EAL= external alarm; bAL= serious external alarm; PAL= pressure switch activation; dor= door open; dEF= defrost activation; AUS= auxiliary activation; LiG= light activation; OnF= switch on/off the instrument; Htr= change type of action ; FHU= not used; ES= activate energy saving; HdY= activate holiday function;

d2d Time interval/delay for digital input alarm: (0-255 min.) Time interval to calculate the number of the pressure switch activation when i2F=PAL. If i2F=EAL or bAL (external alarms), "d2d" parameter defines the time delay between the detection and the successive signalling of the alarm. If i2F=dor this is the delay to activate door open alarm

i3P Digital input 3 polarity: (cL – oP) CL: the digital input is activated by closing the contact; OP: the digital input is activated by opening the contact.

i3F Digital input 3 function: (EAL – bAL – PAL – dor – dEF – AUS – LiG – OnF – Htr – FHU – ES – HdY) EAL= external alarm; bAL= serious external alarm; PAL= pressure switch activation; dor= door open; dEF= defrost activation; AUS= auxiliary activation; LiG= light activation; OnF= switch on/off the instrument; Htr= change type of action ; FHU= not used; ES= activate energy saving; HdY= activate holiday function;

d3d Time interval/delay for digital input alarm: (0-255 min.) Time interval to calculate the number of the pressure switch activation when i3F=PAL. If i3F=EAL or bAL (external alarms), "d3d" parameter defines the time delay between the detection and the successive signalling of the alarm. If i3F=dor this is the delay to activate door open alarm

nPS Pressure switch number: (0 – 15) Number of activation of the pressure switch, during the "d#d" interval, before signalling the alarm event (i2F= PAL). If the nPS activation in the did time is reached, switch off and on the instrument to restart normal regulation.

odc Compressor and fan status when open door: no = normal; Fan = Fan OFF; CPr = Compressor OFF; F, C = Compressor and fan OFF.

rrd Outputs restart after doA alarm: no = outputs not affected by the doA alarm; yES = outputs restart with the doA alarm;

RTC SUBMENU (if present)

CbP Clock Presence (n-+): it permits to disable or enable the clock;

Hur Current hour (0 + 23 h)

Min Current minute (0 + 59min)

dAY Current day (Sun + SAT)

Hd1 First weekly holiday (Sun + nu) Set the first day of the week which follows the holiday times.

Hd2 Second weekly holiday (Sun + nu) Set the second day of the week which follows the holiday times.

Hd3 Third weekly holiday (Sun + nu) Set the third day of the week which follows the holiday times.

ILE Energy Saving cycle start during workdays: (0 + 23h 50 min.) Energy Saving cycle the set point is increased by the value in HES so that the operation set point is SET + HES.

dLE Energy Saving cycle length during workdays: (0 + 24h 00 min.) Sets the duration of the Energy Saving cycle on workdays.

ISE Energy Saving cycle start on holidays. (0 + 23h 50 min.)

dSE Energy Saving cycle length on holidays (0 + 24h 00 min.)

HES Temperature increase during the Energy Saving cycle (-30+30°C / -54+54°F) sets the increasing value of the set point during the Energy Saving cycle.

Ld1+Ld6 Workday defrost start (0 + 23h 50 min.) These parameters set the beginning of the eight programmable defrost cycles during workdays. Ex. When Ld2 = 12.4 the second defrost starts at 12.40 during workdays.

Sd1+Sd6 Holiday defrost start (0 + 23h 50 min.) These parameters set the beginning of the eight programmable defrost cycles on holidays. Ex. When Sd2 = 3.4 the second defrost starts at 3.40 on holidays.

ENERGY SAVING

ESP Energy saving probe selection: (nP - P1 - P2 - P3 - P4 - P5 – ER).

HES Temperature increase during the Energy Saving cycle : (-30+30°C / -54+54°F) sets the increasing value of the set point during the Energy Saving cycle.

PEL Energy saving activation when light is switched off: (n+Y) n= function disabled; Y= energy saving is active when the light is switched off and vice versa;

LAN MANAGEMENT

LMd Defrost synchronisation: y= the section send a command to start defrost to other controllers, n= the section don't send a global defrost command

dEM Type of end defrost: n= the of the LAN defrost are independent; y= the end of the defrost are synchronised;

LSP L.A.N. set-point synchronisation: y= the section set-point, when modified, is updated to the same value on all the other sections; n= the set-point value is modified only in the local section

LdS L.A.N. display synchronisation: y= the value displayed by the section is sent to all the other sections; n= the set-point value is modified only in the local section

LOF L.A.N. On/Off synchronisation this parameter states if the On/Off command of the section will act on all the other ones too; y= the On/Off command is sent to all the other sections; n= the On/Off command acts only in the local section

LLI L.A.N. light synchronisation this parameter states if the light command of the section will act on all the other ones too; y= the light command is sent to all the other sections; n= the light command acts only in the local section

LAU L.A.N. AUX output synchronisation this parameter states if the AUX command of the section will act on all the other ones too; y= the light command is sent to all the other sections; n= the light command acts only in the local section

LES L.A.N. energy saving synchronisation this parameter states if the energy saving command of the section will act on all the other ones too; y= the Energy Saving command is sent to all the other sections; n= the Energy Saving command acts only in the local section

Lsd Remote probe display: this parameter states if the section has to display the local probe value or the value coming from another section: y= the displayed value is the one coming from another section (which has parameter LdS = y); n= the displayed value is the local probe one.

LPP Remote pressure probe: n= the value of pressure probe is read from local probe; Y= the value of pressure probe is sent via LAN;

SIM Solenoid activation via LAN: n= not used; Y= a generic cooling requests from LAN activate the solenoid valve connected to compressor relay;

PROBE CONFIGURATION

P1C Probe 1 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM) nP= not present; Ptc= Ptc; ntc= Ptc; PIM= Pt1000;

Ot Probe 1 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offset of the thermostat probe.

P2C Probe 2 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM) nP= not present; Ptc= Ptc; ntc= Ptc; PIM= Pt1000;

OE Probe 2 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offsets of the evaporator probe.

P3C Probe 3 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM) nP= not present; Ptc= Ptc; ntc= Ptc; PIM= Pt1000;

o3 Probe 3 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offset of the probe 3.

P4C Probe 4 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM) nP= not present; Ptc= Ptc; ntc= Ptc; PIM= Pt1000;

o4 Probe 4 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offset of the probe 4.

P5C Probe 5 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM – 420 – 5Vr) nP= not present; PIM= Pt1000; 420= 4 – 20mA; 5Vr= 0-5V ratiometric; (Only XM679K)

o5 Probe 5 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offset of the probe 5. (Only XM679K)

P6C Probe 6 configuration: (nP – Ptc – ntc – PIM) nP= not present; Ptc= Ptc; ntc= Ptc; PIM= Pt1000; (Only XM679K)

o6 Probe 6 calibration: (-12.0+12.0°C/ -21+21°F) allows to adjust possible offset of the probe 6. (Only XM679K)

SERVICE – READ ONLY

CLt Cooling time percentage: it shows the effective cooling time calculated by XM600 during regulation;

tMd Time to next defrost: it shows time before the next defrost if interval defrost is selected;

LsN L.A.N. section number (1 + 5) Shows the number of sections available in the L.A.N.

Lan L.A.N. serial address (1 + LSn) Identifies the instrument address inside local network of multiplexed cabinet controller.

Adr RS485 serial address (1+247): Identifies the instrument address when connected to a ModBUS compatible monitoring system.

Rel Release software: (read only) Software version of the microprocessor.

Ptb Parameter table: (read only) it shows the original code of the Dixell parameter map.

Pr2 Access to the protected parameter list (read only).

18. DIGITAL INPUTS

The XM600 series can support up to 3 free of voltage contact configurable digital inputs (depending on the models). They are configurable via #F parameter

18.1 GENERIC ALARM (EAL)

As soon as the digital input is activated the unit will wait for "did" time delay before signalling the "EAL" alarm message. The outputs status don't change. The alarm stops just after the digital input is deactivated.

18.2 SERIOUS ALARM MODE (BAL)

When the digital input is activated, the unit will wait for "did" delay before signalling the "BAL" alarm message. The relay outputs are switched OFF. The alarm will stop as soon as the digital input is deactivated.

18.3 PRESSURE SWITCH (PAL)

If during the interval time set by "d#d" parameter, the pressure switch has reached the number of activation of the "nPS" parameter, the "CA" pressure alarm message will be displayed. The compressor and the regulation

are stopped. When the digital input is ON the compressor is always OFF. If the nPS activation in the d#d time is reached, switch off and on the instrument to restart normal regulation.

18.4 DOOR SWITCH INPUT (dDr)
It signals the door status and the corresponding relay output status through the "odc" parameter: no = normal (any change); Fan = Fan OFF; CPr = Compressor OFF; F.C = Compressor and fan OFF. Since the door is opened, after the delay time set through parameter "d#d", the door alarm is enabled, the display shows the message "dA" and the regulation restarts after rrd time. The alarm stops as soon as the external digital input is disabled again. With the door open, the high and low temperature alarms are disabled.

18.5 START DEFROST (DEF)
It executes a defrost if there are the right conditions. After the defrost is finished, the normal regulation will restart only if the digital input is disabled otherwise the instrument will wait until the "Mdf" safety time is expired.

18.6 RELAY AUX ACTUATION (AUS)
This function allows to turn ON and OFF the auxiliary relay by using the digital input as external switch.

18.7 RELAY LIGHT ACTUATION (LIG)
This function allows to turn ON and OFF the light relay by using the digital input as external switch.

18.8 REMOTE ON/OFF (ONF)
This function allows to switch ON and OFF the instrument.

18.9 KIND OF ACTION (HTR)
This function allows to change the kind of regulation from cooling to heating and vice versa.

18.10 FHU – NOT USED
This function allows to change the kind of regulation from cooling to heating and viceversa.

18.11 ENERGY SAVING INPUT (ES)
The Energy Saving function allows to change the set point value as the result of the SET+ HES (parameter) sum. This function is enabled until the digital input is activated.

18.12 CONFIGURABLE INPUT - HOLIDAY FUNCTION (HDY)
In Holiday function Energy saving and defrost cycles follow holiday times. (Sd1...Sd6)

18.13 DIGITAL INPUTS POLARITY
The digital inputs polarity depends on "HP" parameters: CL : the digital input is activated by closing the contact, OP : the digital input is activated by opening the contact.

19. USE OF THE PROGRAMMING "HOT KEY"
The XM units can UPLOAD or DOWNLOAD the parameter list from its own E2 internal memory to the "Hot Key" and vice-versa through a TTL connector.

19.1 DOWNLOAD (FROM THE "HOT KEY" TO THE INSTRUMENT)

- Turn OFF the instrument by means of the ON/OFF key, insert the "Hot Key" and then turn the unit ON.
- Automatically the parameter list of the "Hot Key" is downloaded into the controller memory, the "dOL" message is blinking. After 10 seconds the instrument will restart working with the new parameters. At the end of the data transfer phase the instrument displays the following messages: "end" for right programming. The instrument starts regularly with the new programming, "err" for failed programming. In this case turn the unit off and then on if you want to restart the download again or remove the "Hot key" to abort the operation.

19.2 UPLOAD (FROM THE INSTRUMENT TO THE "HOT KEY")

- When the XM unit is ON, insert the "Hot key" and push + key, the "uPL" message appears.
- The UPLOAD begins; the "uPL" message is blinking.
- Remove the "Hot Key".

At the end of the data transfer phase the instrument displays the following messages:
"end" for right programming.
"err" for failed programming. In this case push "SET" key if you want to restart the programming again or remove the not programmed "Hot key".

20. TECHNICAL DATA
CX660 keyboard
Housing: self extinguishing ABS.
Case: CX660 facia 35x77 mm; depth 18mm
Mounting: panel mounting in a 29x71 mm panel cut-out
Protection: IP20; Frontal protection: IP65
Power supply: from XM600K power module
Display: 3 digits, red LED, 14,2 mm high;
Optional output: buzzer

Power modules
Case: 8 DIN
Connections: Screw terminal block ≤ 1,6 mm² heat-resistant wiring and 5.0mm Faston
Power supply: depending on the model 12Vac – 24Vac - 110Vac ± 10% - 230Vac ± 10% or 90-230Vac with switching power supply.
Power absorption: 9VA max.
Inputs: up to 6 NTC/PTC/Pt1000 probes
Digital inputs: 3 free of voltage
Relay outputs: **Total current on loads MAX 16A**
Solenoid Valve: relay SPST 5(3) A, 250Vac
defrost: relay SPST 16 A, 250Vac
fan: relay SPST 8 A, 250Vac
light: relay SPST 16 A, 250Vac
alarm: SPDT relay 8 A, 250Vac
Aux: SPST relay 8 A, 250Vac
Valve output: a.c. output up to 30W (Only XM679K)
Optional output (AnOUT) DEPENDING ON THE MODELS:
• PWM / Open Collector outputs: PWM or 12Vdc max 40mA
• Analog output: 4-20mA or 0-10V
Serial output: RS485 with ModBUS - RTU and LAN
Data storing: on the non-volatile memory (EEPROM).

Kind of action: 1B. Pollution grade: normal Software class: A. Operating temperature: 0-60 °C. Storage temperature: -25-60 °C. Relative humidity: 20-85% (no condensing).

Measuring and regulation range:
NTC probe: -40-110°C (-58-230°F)
PTC probe: -50-150°C (-67-302°F)
Pt1000 probe: -100-100°C (-148-212°F)
Resolution: 0,1 °C or 1°C or 1 °F (selectable). Accuracy (ambient temp. 25°C): ±0,5 °C ±1 digit

21. DEFAULT SETTING VALUES

| Lab | Val | Menü | Description | Range |
|-----------------------------------|------|------|---|--|
| SEt | 2.0 | --- | Set point | LS - US |
| rC | - | Pr1 | CLOCK AND DEFROST menu access | - |
| EEU | - | Pr1 | Electro valve menu access | - |
| Regulation | | | | |
| Hy | 2.0 | Pr1 | Differential | [0.1°C + 25.5°C] [1°F + 45°F] |
| Int | 150 | Pr1 | Integral time for room temperature regulation | 0 + 255 s |
| CrE | n | Pr1 | Continuous regulation activation | n(0) - Y(1) |
| LS | -30 | Pr2 | Minimum set point | [-55.0°C + SET] [-67°F + SET] |
| US | 20 | Pr2 | Maximum set point | [SET + 150.0°C] [SET + 302°F] |
| odS | 0 | Pr1 | Outputs activation delay at start up | 0 + 255 (min.) |
| AC | 0 | Pr1 | Anti-short cycle delay | 0 + 60 (min.) |
| CCt | 0.0 | Pr2 | Continuous cycle duration | 0 + 24.0(144) (hour.10min) |
| CCS | 2.0 | Pr2 | Continuous cycle set point | [-55.0°C + 150.0°C] [-67°F + 302°F] |
| Con | 15 | Pr2 | Compressor ON time with faulty probe | 0 + 255 (min.) |
| CoF | 30 | Pr2 | Compressor OFF time with faulty probe | 0 + 255 (min.) |
| CF | °C | Pr2 | Measurement unit: Celsius, Fahrenheit | °C(0) - °F(1) |
| PrU | rE | Pr2 | Pressure Mode | rE(0) - Ab(1) |
| PMU | bAr | Pr2 | Pressure measurement unit | bAr(0) - PSI(1) - MPA(2) |
| PmD | PrE | Pr2 | Pressure displaying mode: temperature or pressure | tEM(0) - PrE(1) |
| rES | dE | Pr2 | Resolution (only °C) : decimal, integer | dE(0) - in(1) |
| Lod | P1 | Pr2 | Local display: default display | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) - P6(6) - tEr(7) - dEF(8) |
| rEd | P1 | Pr2 | Remote display: default display | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) - P6(6) - tEr(7) - dEF(8) |
| dLy | 0 | Pr1 | Display delay | 0 + 24.0(144) (Min.10s) |
| rPA | P1 | Pr1 | Regulation probe A | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| rPb | nP | Pr1 | Regulation probe B | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| rPE | 100 | Pr1 | Virtual probe percentage (room temperature) | 0 + 100 (100=rPA, 0=rPb) |
| Electronic Expansion Valve | | | | |
| Fly | 404 | Pr1 | Kind of gas | R22(0) - 134 - 404 - 47A - 47F - 410 - 507 - CO2 |
| Atu | YES | Pr2 | Minimum STABLE superheat search | No; yES |
| AMS | YES | Pr2 | Self self adaptive SH regulation enabling | No; yES |
| SSH | 8.0 | Pr1 | Superheat set point | [0.1°C + 25.5°C] [1°F + 45°F] |
| CyP | 6 | Pr1 | Cycle Period | 1 + 15 s |
| Pb | 5.0 | Pr1 | Proportional band for superheat regulator | [0.1°C + 60.0°C] [1°F + 108°F] |
| rS | 0.0 | Pr1 | Band Offset for superheat regulator | [-12.0°C + 12.0°C] [-12°C + 12°C] [-21°F + 21°F] |
| inC | 120 | Pr1 | Integration time for superheat regulator | 0 + 255 s |
| PEO | 50 | Pr1 | Probe error opening percentage | 0 + 100 |
| PEd | On | Pr1 | Probe error delay before stopping regulation | 0 + 239 s - On(240) |
| OPE | 85 | Pr1 | Start opening percentage | 0 + 100 |
| SfD | 0.3 | Pr1 | Start function duration | 0 + 42.0(252) (min.10sec) |
| OPd | 85 | Pr1 | Opening percentage after defrost phase | 0 + 100 |
| Pdd | 0.3 | Pr1 | Post defrost function duration | 0 + 42.0(252) (min.10sec) |
| MnF | 100 | Pr1 | Maximum opening percentage at normale functioning | 0 + 100 |
| dCL | 0 | Pr1 | Delay before stopping valve regulation | 0 + 255 s |
| Fot | nu | Pr1 | Forced opening percentage | 0 + 100 - "nu"(101) |
| PA4 | -0.5 | Pr2 | Probe value at 4 mA or at 0V | BAR : [PrM=EL] -1.0 ÷ P20 [PrM=Abs] 0.0 ÷ P20 PSI : [PrM=EL] -14 ÷ P20 [PrM=Abs] 0 ÷ P20 |

| | | | | |
|----------------|------|-----|--|--|
| | | | | dKP : [PrM=EL] -10 ÷ P20 [PRM=Abs] 0 ÷ P20 |
| P20 | 11.0 | Pr2 | Probe value at 20 mA or at 5V | BAR : [PrM=rEL] PA4 + 50.0 [PrM=Abs] PA4 + 50.0 PSI : [PrM=rEL] PA4 + 725 [PrM=Abs] PA4 + 725 dKP : [PrM=rEL] PA4 + 500 [PrM=Abs] PA4 + 500 |
| LPL | -0.5 | Pr1 | Lower pressure limit for superheat regulation | PA4 ÷ P20 |
| MOP | 11.0 | Pr1 | Maximum operating pressure threshold | LOP ÷ P20 |
| LOP | -0.5 | Pr1 | Lowest operating pressure threshold | PA4 ÷ MOP |
| dML | 30 | Pr1 | Delta MOP-LOP opening variation | 0 ÷ 100 |
| MSH | 80.0 | Pr1 | Maximum superheat alarm threshold | [LSH + 80,0°C] [LSH + 144°F] |
| LSH | 2.0 | Pr1 | Minimum superheat alarm threshold | [0.0 ÷ MSH °C] [0 ÷ MSH °F] |
| SHy | 2.0 | Pr2 | Superheat alarm hysteresis | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| SHd | 3.0 | Pr1 | Superheat alarm activation delay | 0 ÷ 42.0(252) (min.10sec) |
| Frc | 100 | Pr1 | Fast-recovery constant | 0 ÷ 100 |
| SUB | 10 | Pr2 | Pressure filter | 0÷100 |
| SLb | 5 | Pr2 | Reaction time | 0÷255s |
| Defrost | | | | |
| dPA | P2 | Pr1 | Defrost probe A | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| dPB | nP | Pr1 | Defrost probe B | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| dPE | 100 | Pr1 | Virtual probe percentage (defrost temperature) | 0 ÷ 100 (100=dPA, 0=dPB) |
| tdF | EL | Pr1 | Defrost type | EL(0) - in(0) |
| EdF | in | Pr1 | Defrost mode: Clock or interval | rtc(0) - in(1) |
| Srt | 150 | Pr1 | Heater set point during defrost | [-55.0°C ÷ 150.0°C] [-67°F ÷ 302°F] |
| Hyr | 2.0 | Pr1 | Differential for heater | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| tod | 255 | Pr1 | Time out for heater | 0 ÷ 255 (min.) |
| dTP | 0.1 | Pr1 | Minimum temperature difference to start defrost | [0.1°C ÷ 50.0°C] [1°F ÷ 90°F] |
| ddP | 6.0 | Pr1 | Delay before starting defrost | 0 ÷ 60 (min.) |
| d2P | n | Pr1 | Defrost with two probes | n(0) - Y(1) |
| dtE | 8.0 | Pr1 | Defrost termination temperature (Probe A) | [-55.0°C ÷ 50.0°C] [-67°F ÷ 122°F] |
| dtS | 8.0 | Pr1 | Defrost termination temperature (Probe B) | [-55.0°C ÷ 50.0°C] [-67°F ÷ 122°F] |
| idf | 6 | Pr1 | Interval between defrosts | 0 ÷ 120 (hours) |
| MdF | 30 | Pr1 | Defrost Maximum duration | 0 ÷ 255 (min.) |
| dSd | 0 | Pr1 | Start defrost delay | 0 ÷ 255 (min.) |
| dFd | it | Pr1 | Display during defrost | rt(0) - it(1) - SE(2) - dEF(3) |
| dAd | 30 | Pr1 | Defrost display time out | 0 ÷ 255 (min.) |
| Fdt | 0 | Pr1 | Drain down time | 0 ÷ 255 (min.) |
| dPo | n | Pr1 | Defrost at start-up | n(0) - Y(1) |
| dAF | 0.0 | Pr1 | Defrost delay after continuous cycle | 0 ÷ 24.0(144) (hours.10min) |
| Fan | | | | |
| FPA | P2 | Pr1 | Fan probe A | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| FPb | nP | Pr1 | Fan probe B | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) |
| FPE | 100 | Pr1 | Virtual probe percentage (fan management) | 0 ÷ 100 (100=FPA, 0=FPb) |
| Fnc | O-n | Pr1 | Fan operating mode | C-n(0) - O-n(1) - C-y(2) - O-y(3) |
| Fnd | 10 | Pr1 | Fan delay after defrost | 0 ÷ 255 (min.) |
| FCt | 10 | Pr1 | Temperature differential to avoid short cycles of fans | [0.0°C ÷ 50.0°C] [0°F ÷ 90°F] |
| FSt | 2.0 | Pr1 | Fan stop temperature | [-55.0°C ÷ 50.0°C] [-67°F ÷ 122°F] |
| FHy | 1.0 | Pr1 | Fan stop differential | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| Fod | 0 | Pr1 | Fan activation time after defrost (without compressor) | 0 ÷ 255 (min.) |
| Fon | 0 | Pr1 | Fan ON time | 0÷15 (min.) |
| FoF | 0 | Pr1 | Fan OFF time | 0÷15 (min.) |
| trA | UAL | Pr2 | Kind of regulation for modulating output | UAL(0) - rEG(1) - AC(2) |
| SOA | 80 | Pr2 | Fixed speed for fan | AMi ÷ AMA |
| SDP | 30.0 | Pr2 | Default Dew Point value | [-55.0°C ÷ 50.0°C] [-67°F ÷ 122°F] |

| | | | | |
|-----------------------|-----|-----|---|---|
| ASr | 1.0 | Pr2 | Differential for fan / offset for anti sweat heater | [-25.5°C ÷ 25.5°C] [-45°F ÷ 45°F] |
| PbA | 5.0 | Pr2 | Proportional band for modulating output | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| AMi | 0 | Pr2 | Minimum output for modulating output | 0 ÷ AMA |
| AMA | 100 | Pr2 | Maximum output for modulating output | AMi + 100 |
| AMT | 3 | Pr2 | Time with fan at maximum speed | 0 ÷ 255 s |
| Alarm | | | | |
| rAL | P1 | Pr1 | Probe for temperature alarm | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) - rE(6) |
| ALC | Ab | Pr1 | Temperature alarm configuration | rE(0) - Ab(1) |
| ALU | 10 | Pr1 | High temperature alarm setting | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ ALL ÷ 150.0°] [0°F ÷ 90°F ÷ ALL ÷ 302°F] |
| ALL | -30 | Pr1 | Low temperature alarm setting | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ -55.0°C ÷ ALU] [0°F ÷ 90°F ÷ -67°F ÷ ALU°F] |
| AHy | 1.0 | Pr1 | Differential for temperature alarm | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| ALd | 15 | Pr1 | Temperature alarm delay | 0 ÷ 255 (min.) |
| dLU | 150 | Pr2 | High temperature alarm setting (defrost probe) | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ dLL ÷ 150.0°] [0°F ÷ 90°F ÷ dLL ÷ 302°F] |
| dLL | -55 | Pr2 | Low temperature alarm setting (defrost probe) | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ -55.0°C ÷ dLU] [0°F ÷ 90°F ÷ -67°F ÷ dLU°F] |
| dAH | 1.0 | Pr2 | Differential for temperature alarm (defrost probe) | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| ddA | 15 | Pr2 | Temperature alarm delay (defrost probe) | 0 ÷ 255 (min.) |
| FLU | 150 | Pr2 | High temperature alarm setting (fan probe) | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ FLL ÷ 150.0°] [0°F ÷ 90°F ÷ FLL ÷ 302°F] |
| FLL | -55 | Pr2 | Low temperature alarm setting (fan probe) | [0.0°C ÷ 50.0°C ÷ -55.0°C ÷ FLU] [0°F ÷ 90°F ÷ -67°F ÷ FLU°F] |
| FAH | 1.0 | Pr2 | Differential for temperature alarm (fan probe) | [0.1°C ÷ 25.5°C] [1°F ÷ 45°F] |
| FAd | 15 | Pr2 | Temperature alarm delay (fan probe) | 0 ÷ 255 (min.) |
| dAo | 1.3 | Pr1 | Delay of temperature alarm at start-up | 0 ÷ 24.0(144) (hours.10min) |
| EdA | 30 | Pr1 | Alarm delay at the end of defrost | 0 ÷ 255 min |
| dot | 15 | Pr1 | Temperature alarm exclusion after door open | 0 ÷ 255 min |
| Sti | nu | Pr2 | Stop regulation interval | "nu"(0) = 24.0(144) (hour.10min) |
| Std | 3 | Pr2 | Stop duration | 1 ÷ 255 min |
| oA6 | AUS | Pr2 | Sixth relay output configuration | CP(0) - dEF(1) - FAn(2) - ALr(3) - LIG(4) - AUS(5) - db(6) - OnF(7) |
| CoM | Cur | Pr2 | Modulating output configuration | CUr(0) - rE(1) - PM5(2) - PM6(3) - oA7(4) |
| AOP | cL | Pr1 | Alarm relay polarity | OP(0) - CL(1) |
| iAU | n | Pr1 | Auxiliary output independent from ON/OFF state | n(0) - Y(1) |
| Digital Inputs | | | | |
| i1P | cL | Pr1 | Digital input 1 polarity | OP(0) - CL(1) |
| i1F | dor | Pr1 | Digital input 1 configuration | EAL(0) - bAL(1) - PAL(2) - dor(3) - dEF(4) - AUS(5) - LIG(6) - OnF(7) - Htr(8) - FHU(9) - ESI(10) - HdY(11) |
| d1d | 15 | Pr1 | Digital input 1 activation delay | 0 ÷ 255 (min.) |
| i2P | cL | Pr1 | Digital input 2 polarity | OP(0) - CL(1) |
| i2F | LIG | Pr1 | Digital input 2 configuration | EAL(0) - bAL(1) - PAL(2) - dor(3) - dEF(4) - AUS(5) - LIG(6) - OnF(7) - Htr(8) - FHU(9) - ESI(10) - HdY(11) |
| d2d | 5 | Pr1 | Digital input 2 activation delay | 0 ÷ 255 (min.) |
| i3P | cL | Pr1 | Digital input 3 polarity | OP(0) - CL(1) |
| i3F | ES | Pr1 | Digital input 3 configuration | EAL(0) - bAL(1) - PAL(2) - dor(3) - dEF(4) - AUS(5) - LIG(6) - OnF(7) - Htr(8) - FHU(9) - ESI(10) - HdY(11) |
| d3d | 0 | Pr1 | Digital input 3 activation delay | 0 ÷ 255 (min.) |
| nPS | 15 | Pr1 | Number of pressure switch activation before lock | 0 ÷ 15 |
| Odc | F-C | Pr1 | Compressor and fan status when open door | no(0) - FAn(1) - CP(2) - F-C(3) |
| rrd | 30 | Pr1 | Outputs restart after door open alarm | 0 ÷ 255 (min.) |
| Clock | | | | |
| CbP | Y | Pr1 | Clock presence | n(0) - Y(1) |
| Hur | --- | Pr1 | Current hour | --- |
| Min | --- | Pr1 | Current minutes | --- |
| dAY | --- | Pr1 | Current day | Sun(0) - SAT(6) |
| Hd1 | nu | Pr1 | First weekly day | Sun(0) - SAT(6) - nu(7) |

| | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|---|--|
| Hd2 | nu | Pr1 | Second weekly day | Sun(0) - SAT(6) - nu(7) |
| Hd3 | nu | Pr1 | Third weekly day | Sun(0) - SAT(6) - nu(7) |
| ILE | 0.0 | Pr1 | Energy saving cycle start during workdays | 0 - 23.5(143) (hours.10min) |
| dLE | 0.0 | Pr1 | Energy saving cycle length during workdays | 0 + 24.0(144) (hours.10min) |
| ISE | 0.0 | Pr1 | Energy saving cycle start during holidays | 0 - 23.5(143) (hours.10min) |
| dSE | 0.0 | Pr1 | Energy saving cycle length during holidays | 0 + 24.0(144) (hours.10min) |
| HES | 0.0 | Pr1 | Temperature increasing during Energy Saving cycle | [-30.0°C + 30.0°C] [-54°F + 54°F] |
| Ld1 | nu | Pr1 | Workdays First defrost start | 0.0 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Ld2 | nu | Pr1 | Workdays Second defrost start | Ld1 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Ld3 | nu | Pr1 | Workdays Third defrost start | Ld2 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Ld4 | nu | Pr1 | Workdays Fourth defrost start | Ld3 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Ld5 | nu | Pr1 | Workdays Fifth defrost start | Ld4 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Ld6 | nu | Pr1 | Workdays Sixth defrost start | Ld5 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd1 | nu | Pr1 | Holidays First defrost start | 0.0 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd2 | nu | Pr1 | Holidays Second defrost start | Sd1 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd3 | nu | Pr1 | Holidays Third defrost start | Sd2 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd4 | nu | Pr1 | Holidays Fourth defrost start | Sd3 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd5 | nu | Pr1 | Holidays Fifth defrost start | Sd4 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Sd6 | nu | Pr1 | Holidays Sixth defrost start | Sd5 + 23.5(143) - nu(144) (hours.10min) |
| Energy Saving | | | | |
| ESP | P1 | Pr1 | Energy saving probe selection | nP(0) - P1(1) - P2(2) - P3(3) - P4(4) - P5(5) - IEr(6) |
| HES | 0.0 | Pr1 | Temperature increasing during Energy Saving | [-30.0°C + 30.0°C] [-54°F + 54°F] |
| PEL | n | Pr1 | Energy saving activation when Light switched off | n(0) - Y(1) |
| L.A.N. Management | | | | |
| LMd | y | Pr2 | Defrost Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| dEM | y | Pr2 | Defrost end Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LSP | n | Pr2 | SET-POINT Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LdS | n | Pr2 | Display Synchronisation (temperature sent via LAN) | n(0) - Y(1) |
| LOF | n | Pr2 | ON/OFF Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LLi | y | Pr2 | Light Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LAU | n | Pr2 | AUX Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LES | n | Pr2 | Energy Saving Synchronisation | n(0) - Y(1) |
| LSd | n | Pr2 | Remote probe displaying | n(0) - Y(1) |
| LPP | n | Pr2 | Pressure value sent in LAN | n(0) - Y(1) |
| STM | n | Pr2 | Cooling request from LAN enable compressor relay | n(0) - Y(1) |
| Probe Configurations | | | | |
| P1C | NiC | Pr2 | P1 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) |
| ot | 0.0 | Pr2 | P1 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| P2C | NiC | Pr2 | P2 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) |
| oE | 0.0 | Pr2 | P2 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| P3C | NiC | Pr2 | P3 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) |
| o3 | 0.0 | Pr2 | P3 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| P4C | NiC | Pr2 | P4 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) |
| o4 | 0.0 | Pr2 | P4 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| P5C | 420 | Pr2 | P5 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) - 420(4) - 5Vr(5) |
| o5 | 0.0 | Pr2 | P5 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| P6C | Ptm | Pr2 | P6 configuration | nP(0) - Ptc(1) - ntc(2) - Ptm(3) |
| o6 | 0.0 | Pr2 | P6 calibration | [-12.0°C + 12.0°C] [-21°F + 21°F] |
| Service | | | | |
| CLt | --- | Pr1 | ON/OFF percentage (C.R.O.) | (read only) |
| tMd | --- | Pr1 | Time remaining before next defrost activation (only for interval defrost) | (read only) |
| LSn | --- | Pr1 | Number of devices in LAN | 1 + 8 (read only) |
| LAn | --- | Pr1 | List of address of LAN devices | 1 + 247 (read only) |

| Other | | | | |
|------------|-----|-----|------------------|-------------|
| Adr | 1 | Pr1 | Modbus address | 1 + 247 |
| rEL | --- | Pr1 | Firmware release | (read only) |
| Ptb | 4 | Pr1 | Parameter table | (read only) |
| Pr2 | --- | Pr1 | PR2 menu access | (read only) |

Dixell



EMERSON
Climate Technologies

Dixell S.r.l. - Z.I. Via dell'Industria, 27 - 32010 Pieve d'Alpago (BL) ITALY
Tel. +39.0437.9833 r.a. - Fax +39.0437.989313 - EmersonClimate.com/Dixell - dixell@emerson.com

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้ CDU Digital ของ Emerson

Physical Layout of the Unit

The following figures give an introduction to the physical layout of the ZX Platform CDU

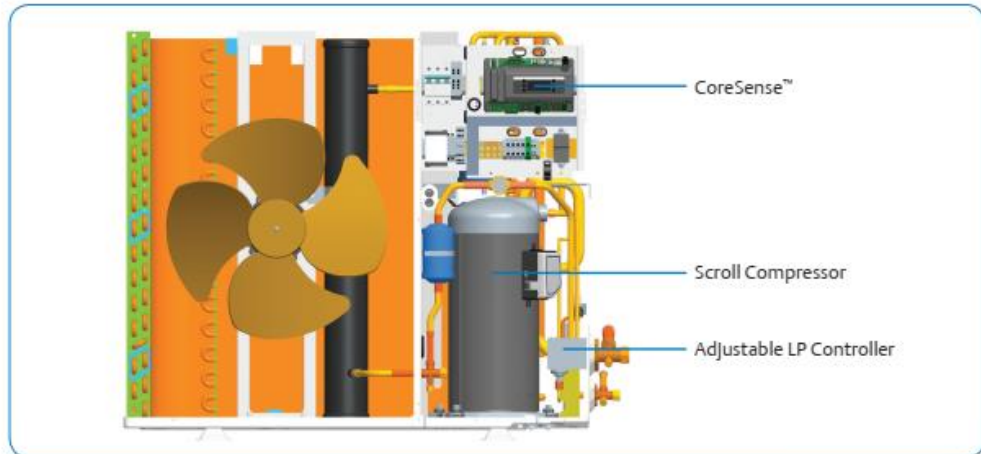


Figure 2. CoreSense™ and other components in ZX Platform CDU

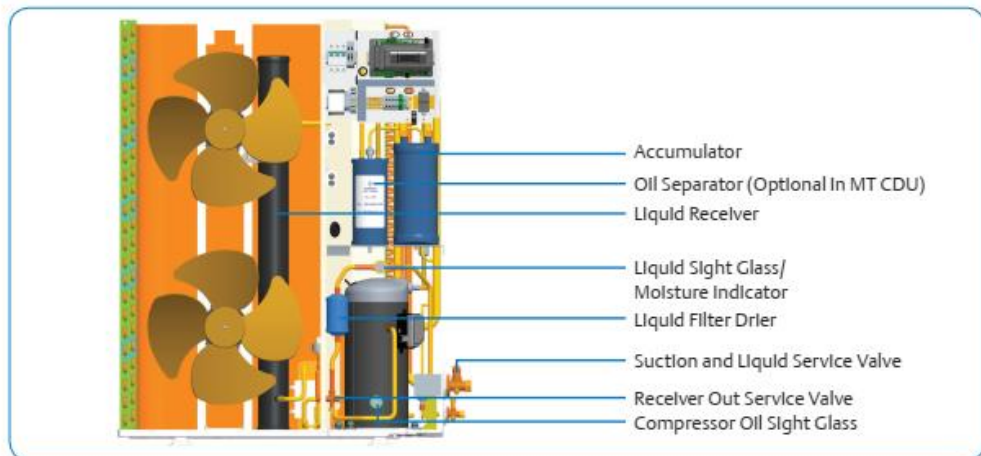


Figure 3. Major components of ZX Platform CDU

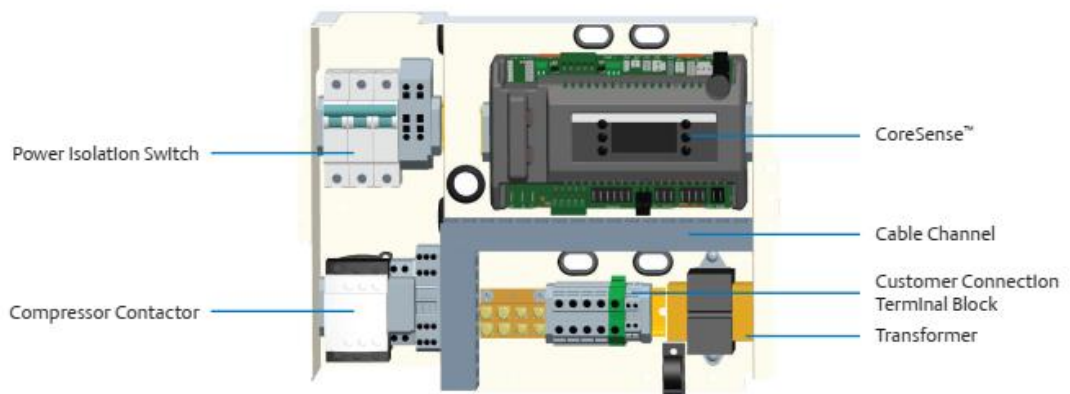


Figure 4. CoreSense™ and Intelligent Store Module Layout

Product Specification

For application envelope, envelope varies according to applications and refrigerants. Please refer to ZX platform product catalogue, product manual, or Copeland™ Brand Products Selection Software.

Qualified Refrigerants and Oils

| Refrigerant | Oil |
|--|--|
| R448 / R449 / R407F / R404A / R507 / R134a | Emkarate RL 32 3MAF Mobil EAL Artlc 22 CC |
| R22 | SunIso 3GS |

Oils are pre-charged in both compressor and oil separator. Total oil volume (liter) for each unit is shown in the table below:

| Model | ZX | | ZXB | | ZXD | | ZXL | |
|------------|------|------|----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | BOM | | Model | BOM ALL | Model | BOM ALL | Model | BOM ALL |
| 401 | 451 | ALL | | | | | | |
| | | | ZXB015BE | 0.74 | | | | |
| ZX020B0(E) | 1.18 | 1.68 | ZXB020BE | 0.74 | | | ZXL020B0(E) | 1.06 |
| ZX025B0(E) | 1.33 | 1.83 | ZXB025BE | 0.74 | | | ZXL025B0(E) | 1.06 |
| ZX030B0(E) | 1.33 | 1.83 | ZXB030BE | 1.36 | | | ZXL030B0(E) | 1.06 |
| | | | ZXB035BE | 1.36 | | | ZXL035B0(E) | 1.74 |
| ZX040B0(E) | 1.83 | 2.33 | ZXB040BE | 1.36 | ZXD040B0(E) | 1.74 | ZXL040B0(E) | 1.74 |
| ZX050B0(E) | 1.83 | 2.33 | ZXB050BE | 1.89 | ZXD050B0(E) | 2.27 | ZXL050B0(E) | 1.74 |
| | | | ZXB060BE | 1.89 | | | | |
| ZX060B0(E) | 1.66 | 2.16 | | | ZXD060B0(E) | 2.27 | ZXL060B0(E) | 2.27 |
| ZX075B0(E) | 1.66 | 2.16 | | | ZXD075B0(E) | 2.27 | ZXL075B0(E) | 2.27 |
| ZX076B0(E) | 1.66 | 2.16 | | | | | | |

CoreSense™ for ZX Platform Condensing Unit








LED Descriptions

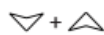



| LED | Status | Description |
|-----|----------|---------------------------------|
| | ON | Compressor1 is running |
| | Flashing | Compressor1 is ready to start |
| | ON | Compressor2 is running |
| | Flashing | Compressor2 is ready to start |
| | ON | Condensing fan is running |
| | ON | Digital compressor is unloading |
| | ON | Display with °C |
| | Flashing | Programmable mode |

| LED | Status | Description |
|-----|----------|-------------------------------|
| | ON | Browsing the service menu |
| | Flashing | Browsing the fast access menu |
| | ON | A new alarm happened |
| | Flashing | Browsing the alarm menu |
| | ON | An alarm is occurring |
| | ON | Liquid line solenoid valve on |
| | - | Reserved |




Keyboard Descriptions - Single Button

| | | |
|---|---------|---|
| SET | Set | Display target set point; In programming mode, select a parameter or confirm an operation. |
|  | Reset | Hold for 5 seconds to reset any lockouts If the current state of the controller allows for it to be reset. |
|  | Up | Enter the fast access menu; In programming mode, browse the parameter codes or Increases the displayed value. |
|  | Down | In programming mode It browses the parameter codes or decreases the displayed value. |
|  | Service | Enter the service and alarm menu. |
|  | Defrost | Hold for 3 seconds to start a manual defrost or terminate an active defrost. (Not available at the moment). |



Keyboard Descriptions - Combined Buttons

| | |
|--|--|
|  | Press and hold for about 3 seconds to lock (PoN) or unlock (PoF) the keyboard. |
| SET +  | Pressed together to exit programming mode or menu; under rTC and Par, this combination allows the user to go back to previous level. |
| SET +  | Pressed together for 3 seconds allows access to first level of programming mode. |
| SET +  | Pressed together for 3 seconds allows access to EXV manual setting. |









Controller Display Upon Start-up

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|---|--|
| 1 | Power on controller | All LEDs will light up for 3 seconds. |
| 2 |  | Firmware version will be displayed for 3 seconds. |
| 3 |  | Parameter setting file (bin file) identifier will be displayed for 3 seconds. |
| 4 |  | Normal display (actual suction temperature will be displayed on ZXD unit, condensing temperature will be displayed on ZX/ZXL/ZXB unit) |



ZXD Unit Setting Point Modification

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|--|--|
| 1 | Press SET > 3 seconds | Press SET button for 3 seconds, the measurement units (°C) will flash together. |
| 2 | Press "  or "  | Modify the number |
| 3 | Press SET | Press "SET" to confirm, the number will flash for 2 seconds (or wait for about 10 second to confirm) |






Pr1 parameter (1st level) Browse and Modification

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|--|---|
| 1 | Press SET +  | Enter menu to select "PAr" (parameter) or "rtC" |
| 2 | Press "  or "  | Select "PAr (parameter)" |
| 3 | Press SET | Confirm, select, and browse Pr1 parameters |
| 4 | Press "  or "  | Browse Pr1 parameters |
| 5 | Press SET | View the actual number of the Pr1 parameters |
| 6 | Press "  or "  | Modify the actual number of the Pr1 parameters |
| 7 | Press SET | Press "SET" : The number will flash for 3 seconds and confirm the modification; Will go to the next Pr1 parameter |
| 8 | Press SET +  | Exit (or exit automatically after waiting for 120 seconds) |

Quick Access Menu Browse - Sensors Status and Actual Values

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|---|--|---|
| 1 | Press "  " | Enter quick access menu, will display "P1P" (Press "Up" or "Down" to view other sensors) |
| 2 | Press " SET " | View the actual value of "P1P" |
| 3 | Press " SET " | Change to next Sensor code |
| 4 | Press " SET " + "  " | Exit (or exit automatically after waiting for 60 seconds) |
| <p>Sensor Code and Values Descriptions ("nP", "noP", or "nA" mean that the sensor does not exist; "Err" means that the sensor falls, out of range, disconnected, or does not configure correctly)</p> | | <ul style="list-style-type: none"> • P1P : suction pressure sensor (only for ZXD unit) • P2t : condensing temperature ((mid-coll) sensor) • P2P : pressure sensor (not used) • P3 : discharge line temperature sensor • P4 : PHE vapor Inlet temperature sensor • P5 : PHE vapor outlet temperature sensor • P6 : ambient temperature sensor • P7 : temperature sensor (not used) • SH : PHE superheat • oPP : EXV opening step • LLS : the status of liquid line solenoid valve • Std : Condensing temperature setting point • Aoo : The percentage of the analog output • dSo : percentage of the PWM output driving the valve of the Digital Scroll compressor • Lt : min cold room temperature (may not be available) • Ht : max cold room temperature (may not be available) • HM : Time menu |


Access Alarm Code (Maximum of 50 record)

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|--|---|
| 1 | Press "  " | Display "SEC" |
| 2 | Press " SET " | Display "A01" |
| 3 | Press "  " | Display alarm code in "A01" |
| 4 | Press "  " | Display "A02" |
| 5 | Press "  " | Display alarm code in "A02" |
| 6 | ... | |
| 7 | Press " SET " + "  " | Exit (or exit automatically after waiting for 15 seconds) |

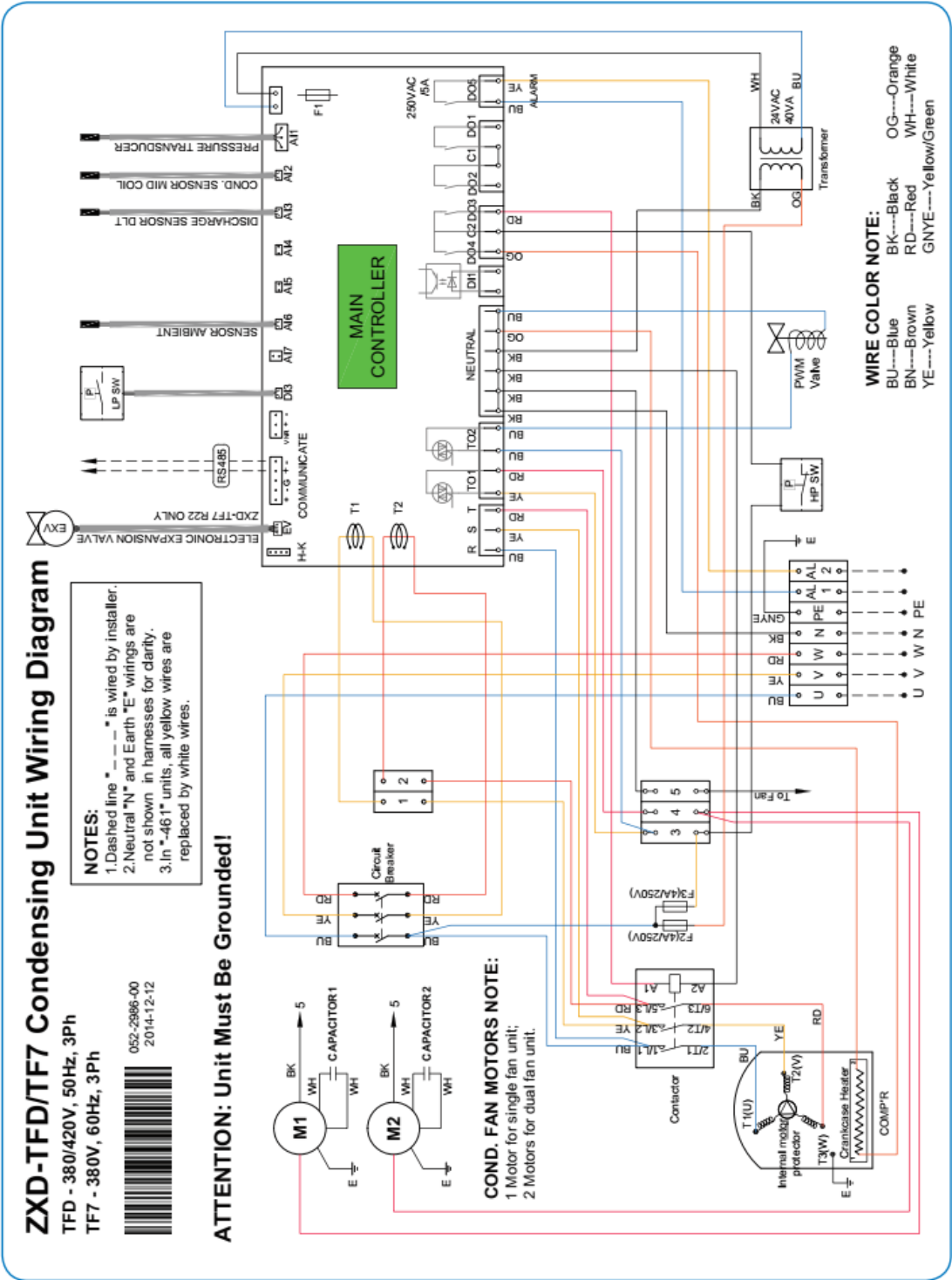
Exact Timing of the Alarm

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|---|---|
| 1 | Press "  " | Display "SEC" |
| 2 | Press "SET" | Display "A01" |
| 3 | Press "  " | Display alarm code in "A01" |
| 4 | Press "SET" | Display "Hr" |
| 5 | Press "  " | Display the alarm exact timing: hour |
| 6 | Press "  " | Display "MIn" |
| 7 | Press "  " | Display the alarm exact timing: minute |
| 8 | Press "  " | Display "dAy" |
| 9 | Press "  " | Display the alarm exact timing: day |
| 10 | Press "  " | Display "Mon" |
| 11 | Press "  " | Display the alarm exact timing: month |
| 12 | Press "  " | Display "yEA" |
| 13 | Press "  " | Display the alarm exact timing: year |
| 14 | Press "SET" + "  " | Exit (or exit automatically after waiting for 15 seconds) |

Upload the Program from the Controller to Hot-Key

| Step | Action | Phenomenon and Description |
|------|---|--|
| 1 | Inert Hot-Key when the controller is ON | |
| 2 | Press "  " | the "uPL" message appears followed by a flashing "End" label (Note: If display "Err", it means it fails to upload program to Hot-Key. Please restart the process.) |
| 3 | Press "SET" | "End" will stop flashing |
| 4 | Turn-off the controller and remove Hot-Key | |
| 5 | Turn-on the controller | |

Wiring Diagrams



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายกิม พงศ์สุพัฒน์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6310120078

วุฒิการศึกษา

| วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จการศึกษา |
|--|--|---------------------|
| วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม การทำความเย็นและการปรับอากาศ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ | 2558 |

ทุนการศึกษา

- IGS-Energy
- ทุนอุดหนุนงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2564
- ทุนการสนับสนุนนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเดินทางไปนำเสนอผลงานวิชาการ
ภายในประเทศ และต่างประเทศ

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเป็นพนักงานบริษัทชั้นโย เอสเอ็มไอ ไทยแลนด์ จำกัด ฝ่าย R&D ที่อยู่
บริษัท 111/66,68-69 ถนนรัชดา-รามอินทรา แขวงคันนายาว เขตคันนายาว กรุงเทพฯ 10230

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ปัจจุบันได้ตีพิมพ์ในฐานข้อมูล SCOPUS จำนวน 2 เรื่อง คือ

1. Peem Pongsupat, Juntakan Taweekun, Piyanut Saengsikhiao, 2022. Investigation and Analysis of Air Curtains for the Improvement of Refrigeration Energy Efficiency. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 92, Issue 1, 212-225, DOI: <https://doi.org/10.37934/arfmts.92.1.212225> ; Scopus.
2. Peem Pongsupat, Juntakan Taweekun, Piyanut Saengsikhiao, 2022. Study of Honeycomb Air Curtain for a Freezer Room to Enhance Protection Against Warm Air Infiltration. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, (Accept for Publication)