บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานสูงขึ้นมากเรื่อยๆ โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานพื้นฐานของการบริการต่างๆจากวารสารการบริโภค การประมาณของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในอีก 10 ปีข้างหน้าความต้องการของการใช้ไฟฟ้าในประเทศจะเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 1,000 เมกกะวัตต์ ในขณะที่พลังงานที่มีอยู่ตามธรรมชาติก็มีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตซึ่งก่อให้เกิดภาวะการขาดแคลนได้ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องช่วยกันประหยัดพลังงานและวางแผนการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การไฟฟ้าจำเป็นต้องเพิ่มแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการสูงของผู้ใช้ ซึ่งก็ทำได้ยากมากขึ้นเพราะการสร้างเขื่อนและโรงไฟฟ้าทำได้ยาก ด้วยเหตุผลทางสิ่งแวดล้อมและเป็นสิ่งที่ไม่คุ้มค่าเพราะปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงต่างๆจะแตกต่างกันมากโดยเฉพาะความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงนั้น จะอยู่ในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น ด้วยเหตุนี้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยร่วมกับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้นำมาตรการการคิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน โดยสามารถเลือกการคิดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 2 แบบคือ การเสียค่ากระแสไฟฟ้าตามอัตรา Time of day rate (TOD) และแบบอัตรา Time of use rate (TOU) แบบอัตรา TOD จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลาของวันคือ ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On-peak) คือช่วงเวลา 18.30-21.30 น. จะเสียค่าความต้องการไฟฟ้าสูง รองลงมาช่วงความต้องการไฟฟ้าปานกลาง (Partial-peak) คือช่วงเวลา 8.00-18.30 น. และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off-peak) คือช่วงเวลา 21.30-8.00 น. ตามลำดับ

แบบอัตรา TOU จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาของวันคือ ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (ช่วงเวลาตั้งแต่ 9.00-22.00 น.) ของทุกวันจันทร์ถึงเสาร์และช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (ช่วงเวลาตั้งแต่ 22.00-9.00 น.) ของทุกวันจันทร์ถึงเสาร์และวันอาทิตย์ทั้งวัน ซึ่งจะแบ่งตามขนาดของกิจการดังแสดงในตาราง 1.1 โดยจะนำมาใช้ในการคำนวณของโครงการวิจัยนี้ภายหลัง

จากมาตรการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลาของวันจะเสียค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่างกัน โดยการใช้ไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ จะเสียอัตราค่าไฟฟ้าถูกกว่าช่วงเวลาอื่นๆ อีกทั้งเป็นการช่วยลดภาระการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในช่วงภาระไฟฟ้าสูง ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของภาครัฐด้านพลังงานอีกทางหนึ่ง

ตาราง 1.1 อัตราการคิดค่าไฟฟ้า ณ เวลาต่างๆ แบบอัตรา Time of use rate (TOU) [ประกาศการไฟฟ้า, 2540]

ชนิด	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) baht/kW	ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) baht/kW			ค่าบริการ (Service Charge)
	1*	1*	2*	3*	baht
แรงดันมากกว่า 115 kV	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
แรงดันเท่ากับ 115 kV	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
แรงดันระหว่าง 22-33 kV	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
แรงดันต่ำกว่า 22 kV	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

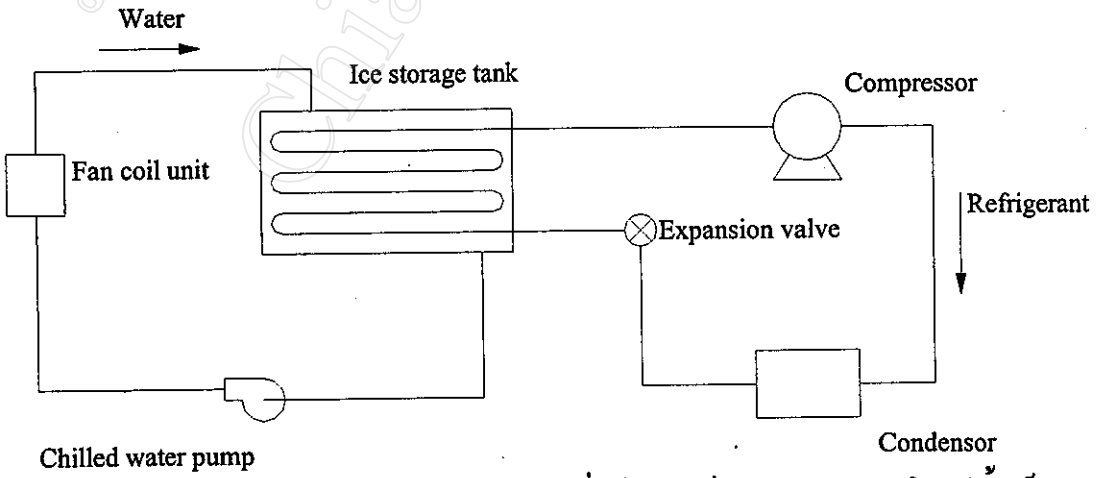
1* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On peak)

2* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 22.00-0.900 น. (Off peak)

3* วันจันทร์ – เสาร์ เวลา 00.00-22.00 น. (Off peak)

kV คือกิโลโวลท์

ระบบปรับอากาศเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารและเป็นระบบที่ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงมาก ในปัจจุบันการใช้ไฟฟ้าในระบบปรับสภาวะอากาศประมาณ 60 เปอร์เซนต์ สำหรับอาคารธุรกิจ (Subbaiyer et al., 1990) ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการออกแบบระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปความร้อนแฝงโดยที่ใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนก็คือ การนำเอาระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง (Ice storage system) มาใช้ในการผลิตน้ำแข็งในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำมาใช้ในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง โดยมีหลักการทำงานพื้นฐานดังรูป 1.1



รูป 1.1 แสดงวงจรทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้ระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง

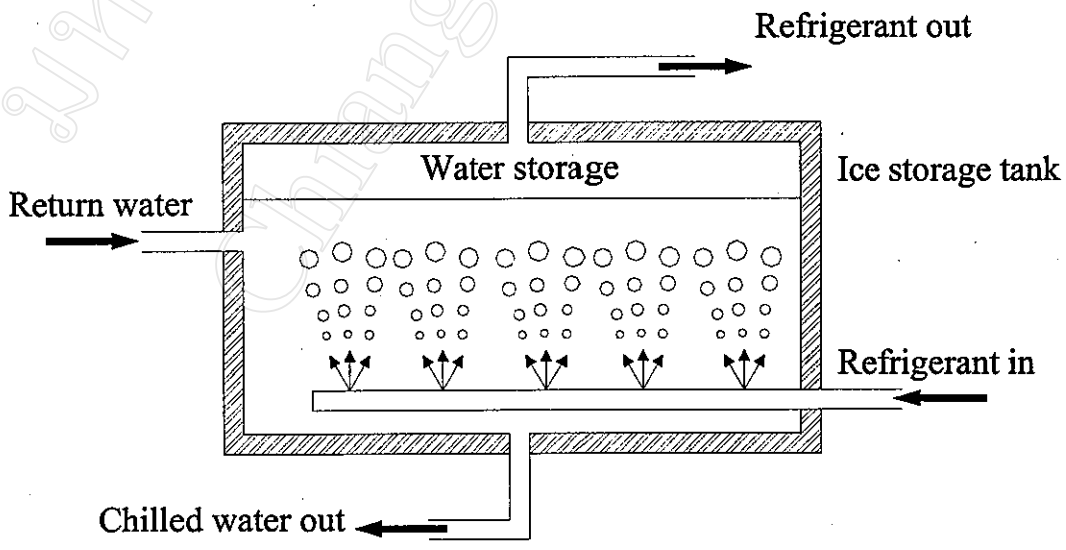
ที่มา : ASHRAE Handbook (1972)

จากรูป 1.1 ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ

1. กระบวนการผลิตน้ำแข็ง มีหลักการทำงานคือเมื่อเดินเครื่องสารทำความเย็นในอีวาปอเรเตอร์ดึงความร้อนจากน้ำในถังเก็บน้ำแข็งและมาคายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำต่ำลงจนกลายเป็นน้ำแข็งหมด โดยการผลิตน้ำแข็งจะดำเนินการในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ของระบบทำความเย็นจะใช้ไฟฟ้าในอัตราที่สูง

2. กระบวนการปรับอากาศ จะทำการเดินปั๊ม เพื่อปั๊มน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปรับความร้อนจากห้องปรับอากาศ จากนั้นน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมาคายความร้อนที่ถังเก็บน้ำแข็งทำให้น้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำเย็นแล้วนำมาใช้ต่อไป การปรับอากาศจะทำในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงและช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าปานกลางเพราะอัตราการใช้ไฟฟ้าของปั๊มและพัดลมในระบบเครื่องส่งลมเย็นจะต่ำ เมื่อเทียบกับอัตราการใช้ไฟฟ้าในทำงานของคอมเพรสเซอร์ จึงเป็นการช่วยกระจายความต้องการไฟฟ้าให้สม่ำเสมอตลอดวัน

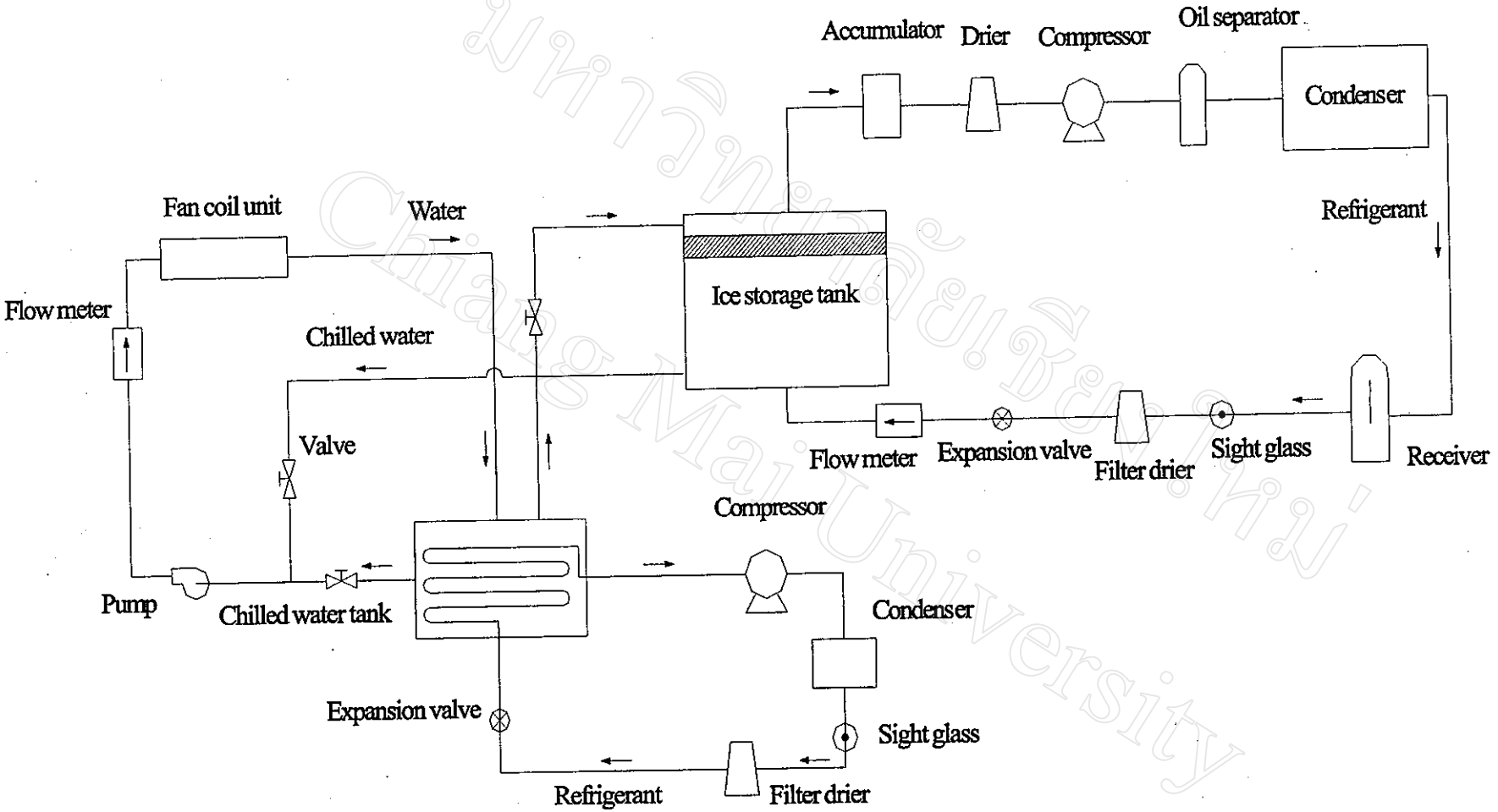
อย่างไรก็ตามระบบเก็บพลังงานในรูปน้ำแข็งก็เกิดปัญหาขึ้นโดยเฉพาะในระบบที่เรียกว่า Ice on coil เมื่อสารทำความเย็นดึงความร้อนจากน้ำทำให้กลายเป็นน้ำแข็งเกาะอยู่รอบท่อและเมื่อเวลาผ่านไปน้ำแข็งที่หนาขึ้นจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งจะทำให้การดึงความร้อนจากน้ำที่ยังไม่แข็งตัวจะกระทำได้ยากมากขึ้นเรื่อยๆ วิธีแก้อาจทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนโดยการติดครีบแต่จะทำให้การดูแลรักษาอุปกรณ์ยุ่งยากมากขึ้น ดังนั้นการใช้หลักการการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ระบบดังกล่าวแสดงในรูป 1.2



รูป 1.2 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง

หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงคือ การดึงความร้อนจากสารตัวกลางโดยการฉีดสารที่นำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง (Direct contact) เพื่อดึงความร้อนออกจากสารตัวกลางโดยของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำจะถูกฉีดเข้าทางด้านล่างของสารเก็บสะสมที่อยู่ในรูปของเหลวที่มีอุหภูมิสูงกว่าจนกระทั่งสารเก็บสะสมความร้อนที่สัมผัสแข็งตัวและอุณหภูมิของของเหลวที่ฉีดจะสูงขึ้นเมื่อผ่านสารเก็บสะสมความร้อน โดยที่ของเหลวที่ใช้ในการสะสมความร้อนต้องไม่ผสมกันและของเหลวที่เป็นสารที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงจะต้องความหนาแน่นน้อยกว่าสารเก็บสะสมความร้อนจากรูป 1.2 ของเหลวที่ใช้คือ สารทำความเย็นและสารตัวกลางที่เก็บสะสมพลังงานคือ น้ำ

จากหลักการข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้โดยจะทำการออกแบบและพัฒนาอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง (Direct contact evaporator) ในการผลิตและสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็งสำหรับปรับสภาวะอากาศ ตลอดจนทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบปรับสภาวะอากาศที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่ และทำการศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้น สมรรถนะการทำงานของระบบเมื่อมีการใช้งานจริง โดยหลักการทำงานของระบบปรับสภาวะอากาศเมื่อมีการใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง มีวงจรการทำงานดังรูป 1.3 โดยได้แบ่งวงจรการทำงานของระบบเป็น 3 วงจรดังนี้คือ วงจรผลิตน้ำเย็น วงจรผลิตน้ำแข็ง และวงจรปรับสภาวะอากาศ

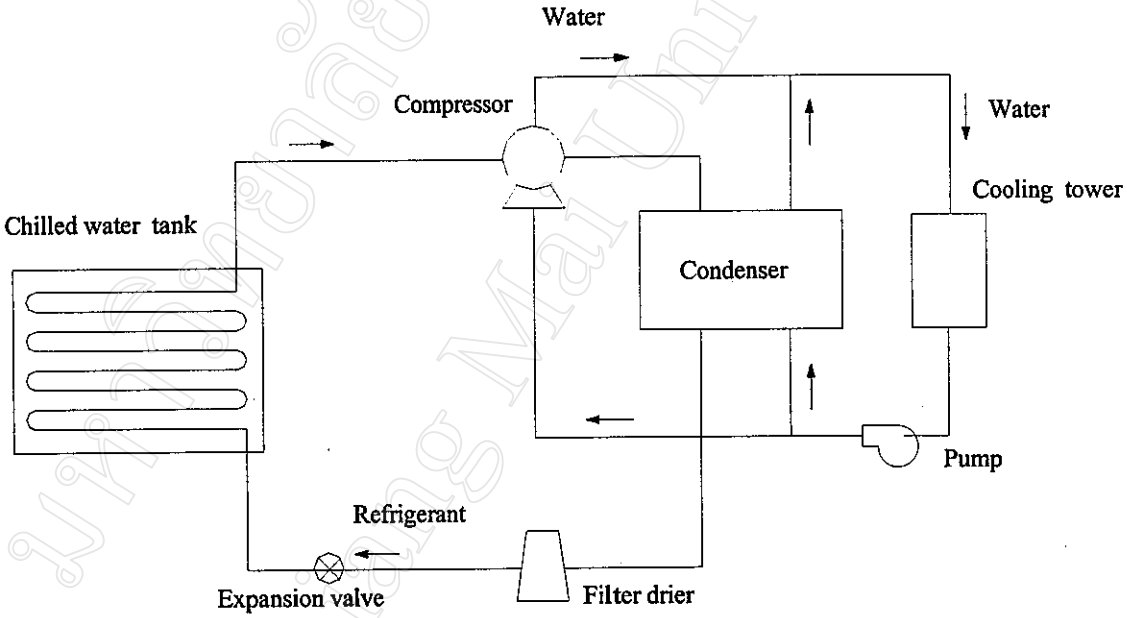


รูป 1.3 แสดงวงจรการทำงานของระบบที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในการปรับอากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

1. วงจรผลิตน้ำเย็น

วงจรผลิตน้ำเย็นของโครงการวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยอีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็น (Chilled water tank) คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด (Semi-hermetric compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) หอผึ่งน้ำ (Cooling tower) และวาล์วขยายตัว (Expansion valve) โดยจะทำการฉีดสารทำความเย็นผ่านวาล์วขยายตัว เพื่อทำให้สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำไหลมาดึงความร้อนจากน้ำภายในอีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็นโดยผ่านท่อน้ำยา จากนั้นสารทำความเย็นในสภาวะไอจะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดและทำการอัดไปคายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ แล้วกลับมาดึงความร้อนจากน้ำจนกระทั่งน้ำในถังน้ำเย็นมีอุณหภูมิเพียงพอที่จะนำน้ำเย็นไปใช้ในวงจรปรับอากาศหลักต่อไป แสดงวงจรดังรูป 1.4

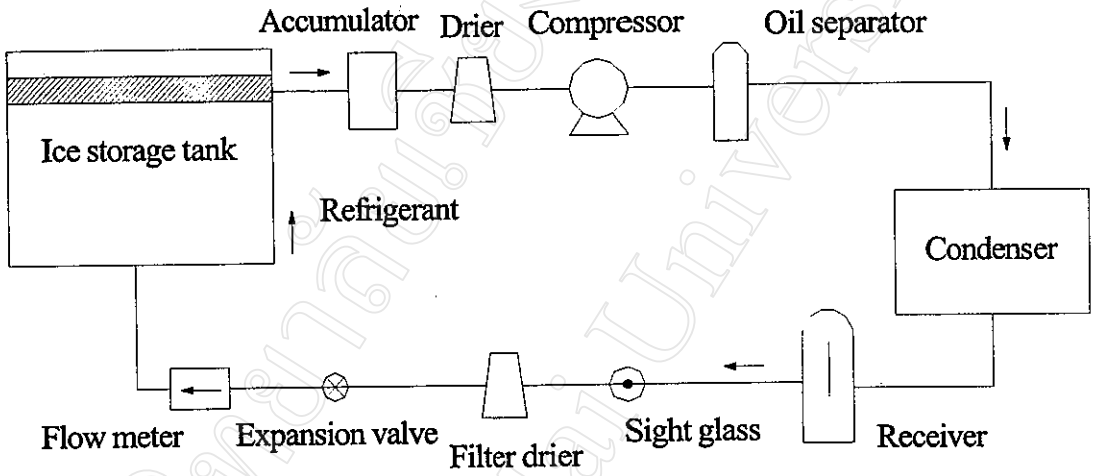


รูป 1.4 แสดงวงจรการผลิตน้ำเย็น

2. วงจรผลิตน้ำแข็ง

วงจรผลิตน้ำแข็งประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์แบบเปิด (Open type) คอนเดนเซอร์ วาล์วขยายตัว ถังเก็บสารทำความเย็น (Receiver) ถังดักน้ำ (Accumulator) อุปกรณ์ดูดความชื้น (Drier) อุปกรณ์ดักน้ำมัน (Oil separator) และอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงหรือถังน้ำแข็ง เมื่อเริ่มการทำงานจะทำการเดินคอมเพรสเซอร์ เพื่อฉีดสารทำความเย็นเข้าไปดึงความร้อนจากน้ำภายในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง จากนั้นสารทำความเย็นจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำแบบสัมผัสโดยตรง โดยสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงและความดันต่ำในสภาพไอจะถูกดูดผ่านถัง

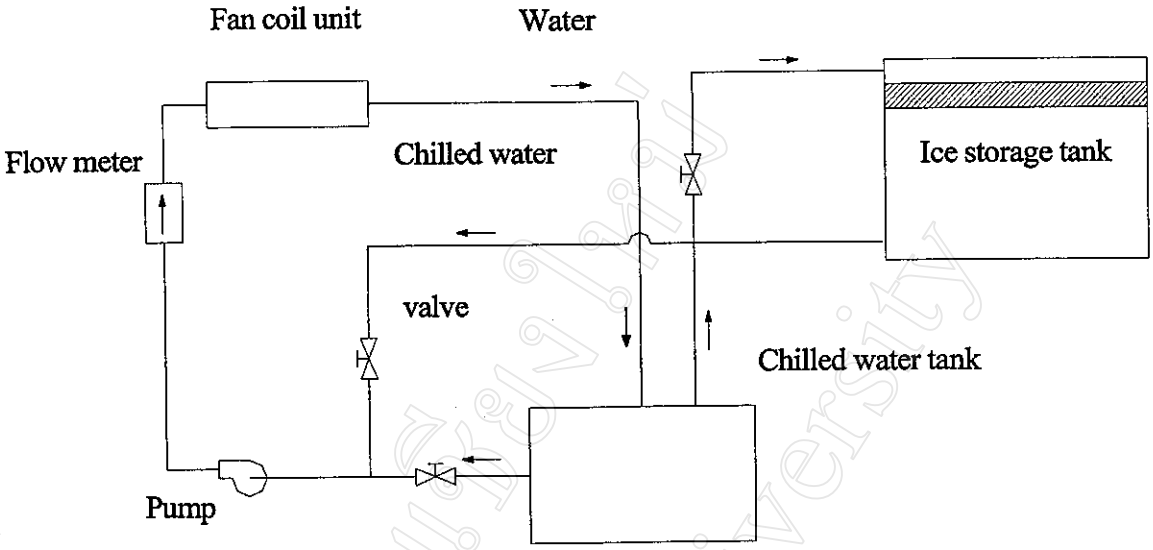
เก็บสารทำความเย็น อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดูดความชื้น เพื่อกำจัดความชื้นที่เหลืออยู่ออกไป ต่อจากนั้นคอมเพรสเซอร์ก็จะดูด และอัดสารทำความเย็นไประบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ สารทำความเย็นที่ควบแน่นในสภาวะของเหลวก็จะไหลไปเก็บที่ถังเก็บสารทำความเย็นและผ่านวาล์วขยายตัวเข้าไปดึงความร้อนจากน้ำภายในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง จนกระทั่งน้ำในอีวาปอเรเตอร์เป็นน้ำแข็งหมดหรือบางส่วนตามที่ต้องการ ดังวงจรแสดงในรูป 1.5



รูป 1.5 แสดงวงจรการทำงานของวงจรการผลิตน้ำแข็ง

3. วงจรปรับสภาวะอากาศ

วงจรปรับอากาศประกอบด้วย อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงหรือถังเก็บน้ำแข็ง อีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็น ปั๊มน้ำเย็นและเครื่องส่งลมเย็น (Fan coil unit) เมื่อเริ่มระบบปรับอากาศจะปั๊มน้ำเย็นโดยน้ำเย็นที่ได้จะได้มาจากถังน้ำเย็นและเมื่อภาระความร้อนของห้องสูงขึ้นก็จะทำการเปิดวาล์วเพื่อให้น้ำจากถังน้ำเย็นไหลเข้าไปในถังเก็บน้ำแข็งแล้วปั๊มน้ำเย็นผ่านเครื่องส่งลมเย็น โดยน้ำที่ออกจากเครื่องส่งลมเย็นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วไหลไประบายความร้อนที่ถังน้ำเย็นก่อน จากนั้นก็จะทำการปั๊มน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งหรืออีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง เพื่อไปดึงความร้อนจากห้องปรับสภาวะอากาศโดยทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับลม ดังแสดงในรูป 1.6



รูป 1.6 แสดงวงจรการทำงานของระบบปรับอากาศ

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอีวาปอเรเตอร์ที่ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง

Kiatsiriroat et al. (1994) ได้ทำการหาแบบจำลองของอุปกรณ์หลัก 3 ตัวคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอีวาปอเรเตอร์ ในวงจรทำความเย็นแบบอัดไอ โดยได้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องจักรกลแบบเพลาหมุนเช่นเดียวกับ Stoecker (1989) ดังนี้

กรณีคอมเพรสเซอร์เป็นลูกสูบชัก สามารถหาความสัมพันธ์ของความดันขาออกและความดันขาเข้าที่คอมเพรสเซอร์ ซึ่งมีผลมาจากชุดตัวแปร 2 ชุด ดังนี้

$$\frac{P_{cp,o}}{P_{cp,i}} = f[\frac{m_r T_{cp,i}^{0.5}}{P_{cp,i}}, N] \qquad [1.1]$$

หรือ $$\frac{P_{cp,i}}{P_{cp,o}} = f[\frac{m_r T_{cp,o}^{0.5}}{P_{cp,o}}, N] \qquad [1.2]$$

โดยที่ $P_{cp,i}$ = ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ (bar)

$P_{cp,o}$ = ความดันขาออกจากคอมเพรสเซอร์ (bar)

$T_{cp,i}$ = อุณหภูมิสารทำความเย็นขาเข้าคอมเพรสเซอร์ (^{o}C)

$T_{cp,o}$ = อุณหภูมิสารทำความเย็นขาออกจากคอมเพรสเซอร์ (^{o}C)

N = ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (rps)

m_r = อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

คอนเดนเซอร์ เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยได้หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังนี้

$$\frac{(T_{w,o} - T_{w,i})}{(T_{cd,i} - T_{w,i})} = f[\frac{(UA)_{cd}}{(m_w C_{pw})}] \qquad [1.3]$$

โดยที่ $T_{w,i}$ = อุณหภูมิของน้ำขาเข้าคอนเดนเซอร์ (^{o}C)

$T_{w,o}$ = อุณหภูมิของน้ำขาออกจากคอนเดนเซอร์ (^{o}C)

$T_{cd,i}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นขาเข้าคอนเดนเซอร์ (^{o}C)

$T_{cd,o}$ = อุณหภูมิของสารทำความเย็นขาออกคอนเดนเซอร์ (^{o}C)

$(UA)_{cd}$ = ผลคูณของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและพื้นที่ของคอนเดนเซอร์ (kW/K)

m_w = อัตราการไหลโดยมวลของน้ำ (kg/s)

C_{pw} = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-K)

อีวาปอเรเตอร์ เป็นแบบขดท่อบรรจุสารทำความเย็นและแช่ในสารละลายระหว่าง น้ำและ Glycol โดยมีเครื่องทำความร้อนแบบไฟฟ้า (Electric heater) แช่ในสารผสมที่ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของสารละลาย (T_{sol}) ให้คงที่และได้หาความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นดังต่อไปนี้

$$\frac{T_{ev}}{(T_{sol} - T_{ev})} = f[\frac{(UA)_{ev}}{m_r}, T_{cd}] \qquad [1.4]$$

โดยที่ T_{ev} = อุณหภูมิของอีวาปอเรเตอร์ (^{o}C)

T_{cd} = อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ (^{o}C)

T_{sol} = อุณหภูมิของสารละลายระหว่าง น้ำและ Glycol (^{o}C)

$(UA)_{ev}$ = ผลคูณของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและพื้นที่ของอีวาปอเรเตอร์ (kW/k)

m_r = อัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็น (kg/s)

Nuntaphan A. and Kiatsiriroat T. (1997) ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง โดยทำการฉีดสารทำความเย็น R-12 ลงไปสัมผัสกับน้ำภายในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้คือ ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์และอัตราการไหลของสารทำความเย็น จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) พบว่าสูงกว่าระบบผลิตน้ำแข็งแบบเดิม โดยระบบมีความสามารถในการทำความเย็นประมาณ 2 ตันความเย็น

Kiatsiriroat and Maneechote (1996) ได้ศึกษาถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง โดยทำการศึกษาถึงการก่อเกิดและการหลอมตัวของน้ำแข็งโดยใช้สารเก็บสะสมความร้อนเป็นน้ำ สารที่ใช้ดึงความร้อนจากน้ำคือ น้ำมันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำฉีดเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับน้ำ เพื่อศึกษาการก่อเกิดน้ำแข็งของน้ำและใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำทำการฉีดเข้าไปสัมผัสกับน้ำแข็ง เพื่อศึกษาถึงการหลอมละลายของน้ำแข็ง พบว่าอัตราก่อเกิดน้ำแข็งจะแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลของน้ำมันที่ฉีดและจำนวนหัวฉีดแต่จะแปรผกผันกับอุณหภูมิของน้ำมันที่ฉีดและปริมาณน้ำในถัง

Subbaiyer et al. (1990) ได้ศึกษาระบบเก็บสะสมพลังงาน โดยใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงกับระบบเก็บสะสมพลังงานโดยใช้อีวาปอเรเตอร์แบบท่อและทำการเปรียบเทียบ พบว่าค่าสมรรถนะของอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงจะสูงกว่าแบบท่อประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และความต้านทานความร้อนของอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง จะต่ำกว่าแบบอีวาปอเรเตอร์แบบท่อทำให้อัตราการผลิตน้ำแข็งสูงกว่าแบบท่อ

Tassou, S.A. and Leumg, Y.K. (1992) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำระบบเก็บพลังงานในรูปน้ำแข็งกับการกระจายลมเย็นมาใช้กับระบบปรับสภาวะอากาศในอาคารพาณิชย์พบว่าเมื่อใช้ระบบเก็บพลังงานในรูปน้ำแข็งกับการกระจายลมเย็นในการปรับสภาวะอากาศจะประหยัดพลังงานกว่าระบบปรับอากาศปกติ

สมบูรณ์ ฤทธิ (2540) ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็งในอาคารพาณิชย์กรณีศึกษาโรงพิมพ์ไทยรัฐพบว่าการเก็บสะสมความเย็นในรูปน้ำแข็งสามารถลดค่าใช้จ่ายลง 0.58 บาท/ตัน-ชั่งโมง โดยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบทำน้ำแข็งมีค่า 1.90 และของชิลเลอร์น้ำเย็นมีค่า 2.64

สันติชัย ลี้ยุทธานนท์ (2539) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมในการสะสมความเย็นในรูปน้ำแข็งสำหรับอาคารปรับสภาวะอากาศโดยใช้โปรแกรม DOE 2.1 E โดยทำการวิเคราะห์จาก 4 รูปแบบสะสมความเย็นคือ Full storage, Partial storage, Demand-limited storage and Modified

demand–limited storage พบว่าระบบสะสมความเย็นที่เหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์คือ ระบบสะสมความเย็นในรูปน้ำแข็งแบบ Demand-limited storage

Rosenfeld, A. and de la Moriniere, O. (1985) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการนำเอาระบบสะสมความเย็นมาใช้ในการปรับสภาวะอากาศในอาคารพาณิชย์ใหม่ เขาพบว่าสำหรับอาคารพาณิชย์ใหม่ถ้ามีการใช้ระบบเก็บความเย็นในรูปน้ำเย็นหรือน้ำแข็งจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าโดยเฉพาะระบบเก็บสะสมความเย็นแบบ Partial storage เพราะว่ามีการลงทุนน้อยและสามารถลดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศได้ประมาณ 2 ใน 3 และสำหรับอาคารที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงถ้าใช้รูปแบบ Demand-limited storage จะให้ผลดีกว่า

จากผลการศึกษาและวิจัยเรื่อยมาของนักวิจัยที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับระบบเก็บสะสมความเย็นในรูปน้ำแข็งมาใช้ปรับสภาวะอากาศเพื่อการลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ พบว่าการสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็งโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรงภายในอีวาปอเรเตอร์เป็นวิธีที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในด้านหลักการและทางทฤษฎี ต่อมามีนักวิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์ของการใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง พบว่าระบบสามารถที่จะทำงานได้ดี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงให้สามารถใช้กับการปรับสภาวะอากาศจริงในระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ต่อไป โดยใช้รูปแบบการสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็งแบบ Demand-limited storage เพื่อที่จะลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงของประเทศในอนาคต

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 ออกแบบวงจรปรับอากาศที่ใช้ร่วมกับอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

1.3.2 ทำการหาแบบจำลองอุปกรณ์หลักของวงจรผลิตน้ำเย็นและน้ำแข็ง

1.3.3 วิเคราะห์สมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

13.4 จำลองสถานการณ์ของวงจรปรับอากาศของระบบที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทราบถึงพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการปรับอากาศของระบบที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง

1.4.2 ทราบถึงสมรรถนะและปัญหาของระบบเมื่อมีการใช้งานจริง

1.4.3 มีชุดที่สามารถแสดงลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในสภาพการใช้งานจริง (Demonstration unit)

1.4.4 เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบทำความเย็นที่มีการใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงในอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ต่อไป

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบทำความเย็นที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้ในการปรับสภาวะอากาศจริง โดยสารทำความเย็นที่ใช้คือ R-12 โดยระบบแบ่งออกเป็น 3 วงจรคือ

1.5.1 วงจรผลิตน้ำเย็น จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์แบบกึ่งปิด วาล์วขยายตัว อีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็น คอนเดนเซอร์ (ระบายความร้อนด้วยน้ำ) และหอผึ่งน้ำ โดยระบบวงจรผลิตน้ำเย็นมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 5 ตันความเย็น

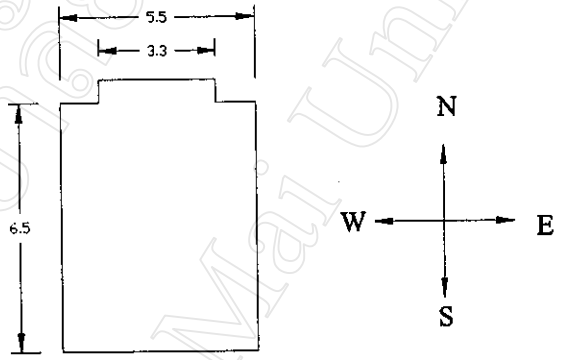
1.5.2 วงจรผลิตน้ำแข็ง ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ ถังน้ำแข็งหรืออีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ (ระบายความร้อนด้วยอากาศ) วาล์วขยายตัว อุปกรณ์ดูดความชื้น ถังดักน้ำมันและถังเก็บสารทำความเย็น โดยระบบวงจรผลิตน้ำแข็งมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 2 ตันความเย็น

1.5.3 วงจรปรับอากาศ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ ถังน้ำแข็งหรืออีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรง อีวาปอเรเตอร์หรือชิลเลอร์น้ำเย็น ปั๊มน้ำเย็นซึ่งมีหัวน้ำ 2.6 เมตร และเครื่องส่งลมเย็น

1.6 ห้องที่ทำการปรับสภาวะอากาศ

การดำเนินงานจะทำการทดลองเพื่อหาแบบจำลองของอุปกรณ์หลักแต่ละวงจร จากนั้นทำการจำลองสภาพการทำงานของระบบดังกล่าว โดยสถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูลคือ ห้องปรับสภาวะอากาศชั้นที่ 2 อาคารประลองเทอร์โมไดนามิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเป็นห้องปรับสภาวะอากาศกว้าง 5.5 เมตร ลึก 7.1 เมตร และสูง 2.6 เมตร ตามลำดับดังแสดงในรูป 1.7 เพดานห้องทำด้วยยิปซั่มหนา 9 มิลลิเมตร พื้นห้องทำด้วยปูนเสริมเหล็กรับน้ำหนักบรรทุกได้ประมาณ 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (60 ปอนด์ต่อตารางฟุต) ทาสีอ่อน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของเพดาน พื้นและกำแพงมีค่า 0.56 0.56 และ0.5 บีทียูต่อชั่วโมง องศาฟาเรนไฮต์ ตารางฟุต ตามลำดับ พื้นที่กระจกทางทิศเหนือ ทิศตะวันตกมีพื้นที่เท่ากับ 122.22 และ115.55 ตารางฟุต ตามลำดับโดยกระจกเป็นแบบ Ordinary glass

พื้นที่ของกำแพงทางทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกมีพื้นที่เท่ากับ 31.74 132.33 153.85 และ66.49 ตารางฟุต ตามลำดับ มีนักวิจัยและเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในห้องปรับอากาศทั้งหมด 8 คน โดยกำหนดให้อากาศระบายต่อคน 10 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที มีปริมาณอากาศรั่วไหลทั้งหมด 150 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ภายในห้องมีอุปกรณ์โดยคล่าวๆดังนี้คือ หลอดฟูลออเรสเซนต์ 8 หลอดๆละ 40 วัตต์และมีกาต้มน้ำ 1 กา โดยได้ทำการคำนวณหาภาระความร้อนห้องโดยประมาณ ณ. เดือน เมษายน เวลา 16.00 น. ของวันที่ 20 โดยอุณหภูมิภายนอก 35 องศาเซลเซียส และต้องการปรับสภาวะอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซนต์ โดยคำนวณหาภาระความร้อนโดยประมาณ พบว่าห้องมีความต้องการทำความเย็นประมาณ 5 ตันความเย็น แสดงการคำนวณดังนี้



รูป 1.7 แสดงขนาดของแปลนห้องปรับสภาวะอากาศ

1. Solar gain-glass

   Glass north 122.22 ft^2 x 12* Btu/hr ft^2 = 1,466.64 Btu/hr (0.429 kW)

   Glass west 115.55 ft^2 x 165* Btu/hr ft^2 = 19,065.75 Btu/hr (5.583 kW)

2. Solar and transfer gain-walls

   Wall north 31.74 ft^2 x 13* ^0F x 0.5 Btu/hr ^0F ft^2 = 206.31 Btu/hr (0.06 kW)

   Wall south 132.33 ft^2 x 13* ^0F x 0.5 Btu/hr ^0F ft^2 = 860.15 Btu/hr (0.252 kW)

   Wall east 153.85 ft^2 x 13* ^0F x 0.5 Btu/hr ^0F ft^2 = 1,000.03 Btu/hr (0.293 kW)

   Wall west 66.49 ft^2 x 22* ^0F x 0.5 Btu/hr ^0F ft^2 = 731.39 Btu/hr (0.214 kW)

3. Transfer gain-except walls and roof

All glass 122.22+115.55 ft^2 x 18 ^0F x 1.13* Btu/hr ^0F ft^2 = 4836.24 Btu/hr (1.416 kW)

Partition (east) 153.85 ft^2 x 13* ^0F x 0.5 Btu/hr ^0F ft^2 = 1,000.03 Btu/hr (0.293 kW)

Ceiling 404.62 ft^2 x 13* ^0F x 0.56 Btu/hr ^0F ft^2 = 2,945.63 Btu/hr (0.863 kW)

Floor 384.61 ft^2 x 13* ^0F x 0.56 Btu/hr ^0F ft^2 = 2,799.96 Btu/hr (0.82 kW)

Infiltration (150-8 x 10) CFM x 18 ^0F x 1.08* Btu/hr ^0F CFM = 1,360.8 Btu/hr (0.398 kW)

4. Internal heat

People 8 x 215* Btu/hr = 1,720 Btu/hr (0.504 kW)

Light 10 x 40walts x 3.41 x 1.25 = 1,705 Btu/hr (0.499 kW)

Appliance (กาต้มน้ำ) 2,600* Btu/hr = 2,600 Btu/hr (0.761 kW)

5. Latent heat

People 8 x 235* Btu/hr = 1,880 Btu/hr (0.551 kW)

Infiltration (150-8 x 10) CFM x 81 GR/lb x 0.68 Btu/hr GR/lb CFM = 3,855.6 Btu/hr (1.129 kW)

Appliance (กาต้มน้ำ) 1,700* Btu/hr = 1,700 Btu/hr (0.498 kW)

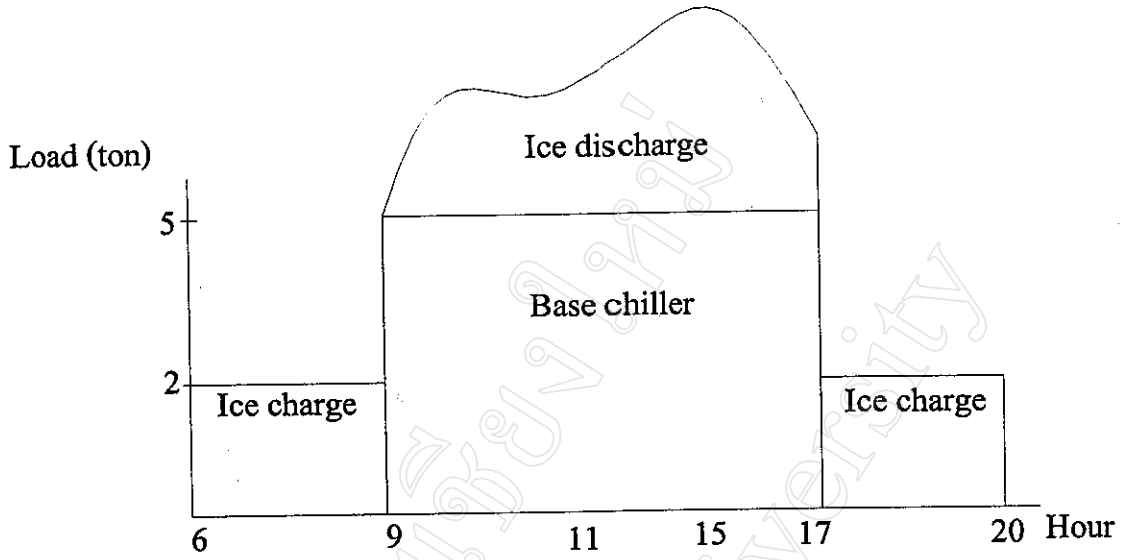
6. Outdoor air heat

Sensible 8 x 10 CFM/คน x 18 x 1.08 = 1,555.2 Btu/hr (0.455 kW)

Latent 8 x 10 CFM/คน x 81 GR/lb x 0.68 = 4,406.4 Btu/hr (1.29 kW)

*เป็นค่าที่ได้จาก ASHRAE (ASHRAE Handbook, 1994)

รวมภาระความร้อนทั้งหมดของห้องเท่ากับ 55,695.13 บีทียูต่อชั่วโมง (16.31 กิโลวัตต์) หรือ 16.31 kW x 0.285 ton/kW เท่ากับ 4.64 ตันความเย็น ดังนั้นจะทำการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นประมาณ 5 ตันความเย็นสำหรับเดินระบบปรับอากาศหลักของวงจรผลิตน้ำเย็น โดยโครงการวิจัยนี้ได้แบ่งภาระความเย็นให้แก่วงจรผลิตน้ำเย็นโดยประมาณ 5 ตันความเย็น และวงจรผลิตน้ำแข็งประมาณ 2 ตันความเย็นโดยทำการแสดงการทำงานของโครงการวิจัยนี้ดังรูป 1.8



รูป 1.8 แสดงการทำงานของระบบโดยประมาณ ณ. เวลาต่างๆ

จากรูป 1.8 แสดงการทำงานของระบบซึ่งประกอบไปด้วย 2 วงจรคือวงจรผลิตน้ำเย็น เป็นวงจรหลักในการปรับสภาวะอากาศ (Base chiller)โดยมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 5 ตันความเย็น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าโดยประมาณในการทำความเย็นมีค่าเท่ากับการใช้กระแสไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในห้องและวงจรผลิตน้ำแข็งที่ใช้อีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงมาใช้ในเสริม ซึ่งมีความสามารถในการทำความเย็นไม่เกิน 2 ตันความเย็นมาใช้ในการผลิตน้ำแข็ง (Ice charge) กรณีที่มีภาระความร้อนของห้องเกินความสามารถที่ชิลเลอร์ของวงจรผลิตน้ำเย็นจะให้ได้ โดยระบบของวงจรทั้ง 2 มีชุดทำความเย็นแยกกัน โดยจะทำการเปิดวาล์วให้น้ำเย็นจากถังน้ำเย็นหรือชิลเลอร์ไหลเข้าไปในอีวาปอเรเตอร์แบบสัมผัสโดยตรงหรือถังน้ำแข็ง เพื่อทำการละลายน้ำแข็ง (Ice discharge) ก่อนจะปั๊มน้ำเย็นเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นให้เพียงพอกับภาระความต้องการทำความเย็นของห้อง โดยทำการควบคุมภาระทั้งหมดด้วยมือ