บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัย มุ่งเน้นเพื่อวิเคราะห์กำหนดแนวทางในการคำนวณประเมินผลการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำสำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ โดยวิธีการหาค่าพลังงานรวมจากการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นภายใต้สภาพอุณหภูมิอากาศท้องถิ่นที่แปรเปลี่ยนตลอดปี (IPLV) ภายในประเทศไทย โดยใช้กรณีตัวอย่างของเครื่องปรับอากาศ (Chiller) ขนาดทำความเย็น 2,000 ตันจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ผลที่ได้สามารถนำมาประมวลผลเป็นค่าสมรรถนะเฉลี่ยของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton) และนำมาเปรียบเทียบกับค่าสมรรถนะที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการมาตรฐานสากล AHRI เพื่อวิเคราะห์ชี้บ่งได้ถึงความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น

รูปแบบการดำเนินการวิจัยแสดงตามหัวข้อที่ 3.1 สำหรับรายละเอียดวิธีการวิจัย วิธีการประเมินผลการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อสร้างสมการโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ และข้อมูลสภาพภูมิอากาศกรุงเทพฯ ที่ใช้ในการคำนวณได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 ถึง 3.8

3.1 ระเบียบงานวิจัย

3.1.1 แบบแผนการวิจัย

- ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารตีพิมพ์ทางวิชาการ และบทความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษา
- วิเคราะห์การประเมินผลการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ จากวิธีการหาค่า IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 เพื่อประเมินค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นในประเทศไทย
- พัฒนาโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณค่าผลรวมการใช้พลังงานรวมตลอดปีของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ที่มีสมรรถนะการทำงานที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่น ซึ่งมี

อิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของอาคาร และสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

- เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าสมรรถนะเฉลี่ย (kW/ton) ระหว่างค่าที่ใช้จากสมการมาตรฐาน AHRI และค่าที่ได้จากโปรแกรมคำนวณภายใต้สภาพภูมิอากาศของท้องถิ่น และภาระการทำความเย็นของอาคาร

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษาค้นคว้าถึงสภาพภูมิอากาศของจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาค้นคว้าถึงข้อมูลสถิติพยากรณ์อากาศของจังหวัดกรุงเทพฯ เป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงตลอดทั้งปี ทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb) และ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb)
- ศึกษาค้นคว้าถึงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT_{Cond}) ตั้งแต่ 70 °F ถึง 90 °F จากรูป 2.10, 2.11 และลักษณะภาระการทำความเย็น (% Part Load) จากข้อมูลของผู้ผลิตของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ในกรณีศึกษา
- พัฒนาโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์หาค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในอาคาร เป็นค่า kW/ton คือค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานในแต่ละชั่วโมง เพื่อให้ทราบว่าในแต่ละชั่วโมงนั้นค่าสมรรถนะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าสมรรถนะ ณ สภาวะอ้างอิงในการออกแบบเพราะว่าค่าสมรรถนะที่ได้จะได้มีความสัมพันธ์กันกับปริมาณภาระการทำความเย็นของอาคาร (% Part Load) กับอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT_{cond})
- จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น ($IPLV_{Prog}$) โดยหาจากอัตราส่วนระหว่างค่าพลังงานรวมของทั้งปี (kWh/year) กับจำนวนตันความเย็นที่ใช้งานทั้งปี (tonh/year) ของอากาศในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

- ศึกษารวบรวมข้อมูลจากการใช้โปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้
- สรุป และรายงานผล

3.1.3 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ผลข้อมูลของงานวิจัยนี้ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงพฤติกรรมค่า IPLV ภายใต้สภาพอุณหภูมิอากาศท้องถิ่นที่แปรเปลี่ยนตลอดปีภายในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.1.4 เครื่องมือและวัสดุสำหรับการวิจัย

- เครื่องคอมพิวเตอร์
- โปรแกรม MS Excel ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ทางคอมพิวเตอร์โดยใช้คำสั่ง Lookup Table
- อุปกรณ์วิเคราะห์ผล และผลิตรายงาน (โปรแกรม Microsoft office, printer)

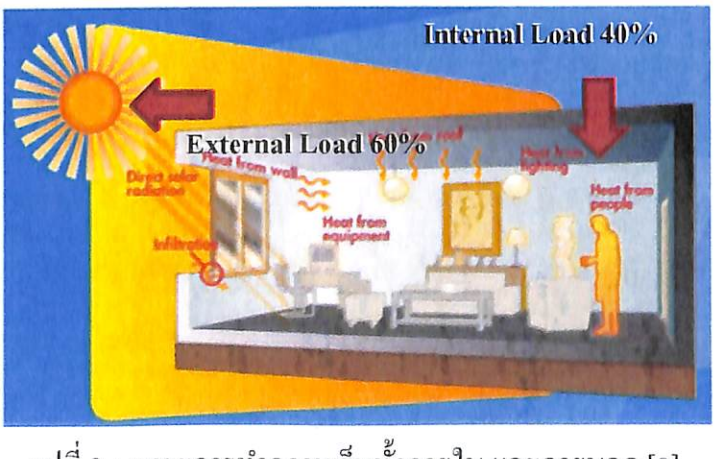
3.1.5 การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการรวบรวมบันทึกผลการคำนวณจากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์โดยวิธีเชิงตัวเลข และโดยวิเคราะห์จากสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น (kW/ton) เพื่อตอบคำถามสำหรับงานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ โดยการสร้างสูตรความสัมพันธ์ทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้คำสั่ง Lookup Table เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้งานของอาคาร (% Load อาคาร) และสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT_{cond}) ดังอธิบายในหัวข้อที่ 3.2 และ 3.3 ปริมาณภาระการทำความเย็นภายในอาคารจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของอุณหภูมิบรรยากาศ จากข้อมูลสถิติพยากรณ์อากาศของกรุงเทพฯ (กรมอุตุนิยมวิทยา 2560)

ในการหาค่าพลังงานรวมของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นเฉลี่ยจากผลรวมการทำงานตลอดปี (IPLV) จะถูกวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นในประเทศไทย โดยค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น (kW/ton) จะหาจากอัตราส่วนระหว่างค่าพลังงานรวมของทั้งปี (kWh/year) ที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 3.4 กับจำนวนตันความเย็นที่ใช้งานทั้งปี (tonh/year) ของอาคารที่พิจารณาในการคำนวณได้อธิบายในหัวข้อที่ 3.5

3.2 ภาระโหลดการใช้งานของอาคาร

รูปแบบของอาคารสำหรับการจำลองการถ่ายเทความร้อนในการศึกษาใช้วิธีการประมาณการแบบเบื้องต้นเพื่อความสะดวกสำหรับเป็นตัวอย่างกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ โดยภาระการทำความเย็นของอาคารแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ความร้อนจากภายนอกอาคาร (Internal Load) และความร้อนจากภายในอาคาร (External Load) ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.3 โดยประมาณถึงแหล่งที่มาของความร้อนของระบบปรับอากาศ จะพบว่าประมาณ 60% เป็นผลจากความร้อนที่ถูกถ่ายเทจากภายนอกอาคาร ผ่านผนังทึบและผนังโปร่งแสงเข้าสู่ภายในตัวอาคาร ส่วนที่เหลืออีก 40% เป็นภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในตัวอาคารเอง (สัดส่วนภาระความเย็นอาจจะไม่แน่เสมอไปขึ้นอยู่กับลักษณะอาคาร และการใช้งาน) เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า อุปกรณ์ สำนักงาน และความร้อนจากผู้อยู่ในอาคารดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งการคำนวณภาระทำความเย็นโดยละเอียดของแต่ละอาคารสามารถนำมาผนวกเข้าเพิ่มเติมได้ หากมีข้อมูลจากผู้ออกแบบเพื่อประเมินผลการคำนวณการใช้พลังงานได้แม่นยำขึ้นสำหรับแต่ละอาคาร



รูปที่ 3.1 ภาระการทำความเย็นทั้งภายใน และภายนอก [8]

ในการประมาณการคำนวณหาภาระโหลดการใช้งานของอาคารในที่นี้ ดังแสดงในสมการที่ (1) กำหนดให้ภาระการทำความเย็นภายในอาคาร (Internal Load) มีค่าคงที่ ในขณะที่ปริมาณการใช้งานของอาคาร ภาระการทำความเย็นจากภายนอก (External Load) มีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ได้จากข้อมูลสถิติพยากรณ์อากาศของกรุงเทพฯ (T_{atm}) โดยใช้ค่าอุณหภูมิฐาน (T_{Basc}) ที่ 64.4 °F [11] และอุณหภูมิออกแบบ (T_{Dsg}) ที่ 95 °F [6] จากการคำนวณจะได้ % Load อาคารของช่วงเวลาต่างๆ เป็นรายชั่วโมงของเครื่องทำน้ำเย็นทำงานภายในหนึ่งวัน (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1)

$$\%\text{Load}_{buiding} = \%\ \text{Load Int.}_{\text{const.}} + \%\ \text{Load Ext.}\left[\frac{T_{atm} - T_{base}}{T_{dsg} - T_{base}}\right] \qquad (1)$$

โดยที่

% Load int. คือ ร้อยละของภาระจากภายในอาคาร (Internal Load)

% Load ext. คือ ร้อยละของภาระจากภายนอกอาคาร (External Load)

T_{atm} คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก Dry bulb (°F) เป็นข้อมูลที่ได้จากสถิติพยากรณ์อากาศของกรุงเทพฯ

T_{base} คือ อุณหภูมิฐาน 64.4 °F

T_{dsg} คือ อุณหภูมิออกแบบ 95 °F

3.3 สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

เนื่องจากค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ แปรเปลี่ยนตามภาระการทำความเย็น และอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ดังนั้นการคำนวณเพื่อวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton) นั้นจำเป็นต้องทราบถึงอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT_{cond}) ที่ใช้งานเสียก่อน ซึ่งการคำนวณหาค่า EWT_{cond} ที่ใช้งานจริงสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$EWT_{cond} = T_{wb} + \Delta T_{approach} \qquad (2)$$

โดยที่

T_{wb} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°F) ที่ได้จากข้อมูลสถิติพยากรณ์อากาศของกรุงเทพฯ

$\Delta T_{approach}$ คือ อุณหภูมิความแตกต่างของน้ำที่ได้จากหอระบายความร้อน (°F)

โดยทั่วไปค่า $\Delta T_{approach}$ ของน้ำที่ได้จากหอระบายความร้อนจะสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอยู่ไม่เกิน 4-6 °F [10] ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่า ($\Delta T_{approach}$) เท่ากับ 5 °F (แสดงวิธีการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1)

เมื่อทราบค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ใช้งานแล้ว (EWT_{cond}) ในส่วนต่อไปจะนำค่าที่ได้จากตารางแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วง Full Load และ Part Load (แสดงตารางข้อมูลไว้ในภาคผนวก ก-3.) นำไปคิดเทียบเป็นค่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (kW/ton) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT) ตั้งแต่ 70 °F ถึง 90 °F ที่ได้จากผู้ผลิต ในการคำนวณค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้แปลงค่าที่ระบุไว้ในตารางสมรรถนะจากข้อมูลผู้ผลิตสำหรับเครื่องตัวอย่างที่มีคอมเพรสเซอร์แบบ Centrifugal และการควบคุมแบบ VSD โดยแปลงค่าสมรรถนะที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ (%Load และ EWT) เป็นค่าร้อยละของค่าสมรรถนะที่สภาวะอ้างอิง โดยการแปลงค่าเป็นค่า %kW/ton จะทำให้มีความสะดวกในการคำนวณสมรรถนะที่แปรผันของ Chiller รุ่นอื่น ๆ ที่มี Compression แบบ VSD และ Centrifugal ในลักษณะเดียวกัน โดยการใช้ค่า kW/ton ของรุ่นที่สภาวะอ้างอิงมาเป็นตัวคูณกับ %kW/ton

ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ไว้ที่ 90 °F ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงของประเทศไทย และค่าสมรรถนะที่สภาวะการทำงาน Full Load (กำหนดให้เป็นสภาวะอ้างอิงที่ให้ค่า %kW/Ton = 100%) ซึ่งนำมาค่าทั้งสองมาคิดสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อดูค่าสมรรถนะการทำงานในแต่ละช่วงเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยจะคำนวณโดยวิธีการ Interpolate เทียบกับอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่อุณหภูมิ 90 °F ทำงานที่ Full Load (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-2.)

จากนั้นเมื่อได้ค่าการคำนวณเปอร์เซ็นต์โหลดของอาคาร ($\%Load_{buiding}$) จากข้อที่ 3.2 และค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ใช้งาน (EWT_{cond}) จากข้อที่ 3.3 จะสามารถนำมาคำนวณเพื่อหาค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามภาระโหลดของอาคารได้ โดยวิธีการคำนวณจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ภาระความเย็นของอาคาร และค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ใช้งานเทียบกัน จากนั้นใช้สูตร Lookup Table ในโปรแกรมฯ จะได้ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามภาระความเย็นของอาคาร (%kW/ton) ของทุก ๆ ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งจะทราบว่าในแต่ละชั่วโมงเครื่องทำน้ำเย็นมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงสมรรถนะอย่างไร (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1.)

การหาปริมาณพลังงานรวมได้ จำเป็นต้องแปลงค่า %kW/ton ที่ได้กลับให้อยู่ในรูปของค่าสมรรถนะ kW/ton ของเครื่อง Chiller ที่ทำการวิเคราะห์ทำได้โดยนำค่าเปอร์เซ็นต์สมรรถนะ (%kW/ton) ที่ได้ไปคูณกับค่าสมรรถนะ kW/ton ที่ 100% Load และ EWT ที่ 90 ^{o}F (0.59 kW/ton ได้จากตารางข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วง Full Load และ Part Load) (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1.)

3.4 กำลังงานที่เปลี่ยนแปลงตามโหลดของอาคารในแต่ละชั่วโมง (kW)

ค่ากำลังงาน (Power) ที่ใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงที่ทำงานจริงในแต่ละชั่วโมง (kW) โดยหาได้จากสมการ (3)

$$kW = (Ton) \times \left(\frac{kW}{Ton} \right) \tag{3}$$

โดยที่

Ton คือ ตันความเย็นที่ใช้งานจริงของเครื่องทำน้ำเย็น

kW/ton คือ ค่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้จริง

โดยการที่จะหาค่ากำลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงที่ทำงาน จำเป็นต้องทราบค่าภาระการทำความเย็นของอาคาร หรือ ตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงานเต็มสมรรถนะ (Ton) ก่อน โดยการหาจากสมการ (4)

**หมายเหตุ: ค่าตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้ในการคำนวณจะได้ค่ามาจากผู้ผลิต ซึ่งในการใช้งานจริงค่าอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามโหลดของอาคาร

$$\text{Ton} = (\%\text{Load}_{\text{building}}) \times (\text{Load Full}) \qquad (4)$$

โดยที่

$\%\text{Load}_{\text{building}}$ คือ สภาวะโหลดของอาคารที่แปรเปลี่ยนตามสภาพภูมิอากาศ

Load Full คือ ตันความเย็นที่ใช้งานเต็มสมรรถนะ (ขนาดตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น)

เมื่อทราบค่าตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามโหลดของอาคารแล้ว นำค่าที่ได้ (Ton) ไปแทนค่าในสมการที่ (3) จะพบว่าในแต่ละชั่วโมงมีกำลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปตามโหลดของอาคาร (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1.)

3.5 ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามโหลดของอาคาร (kWh)

ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับกำลัง และเวลาที่ใช้ โดยทำการคำนวณหาค่าพลังงานของแต่ละเดือน (kWh/month) และค่าพลังงานรวมของทั้งปี (kWh/year)

3.5.1 ค่าพลังงานรวมของแต่ละเดือน (kWh/month)

วิธีการคำนวณคือ การนำผลรวมค่ากำลังงาน (kW) ที่ได้ในแต่ละชั่วโมงในแต่ละวันจากข้อที่ 3.4 ไปคูณกับจำนวนวันทั้งหมดของแต่ละเดือน จากนั้นจะได้ค่าพลังงานรวมของแต่ละเดือนออกมา โดยค่า kW ในแต่ละชั่วโมงนั้นคือค่า kWh นั่นเอง ดังนั้นเมื่อต้องการทราบว่าในเดือนนั้น ๆ มีการใช้พลังงานเท่าไหร่ก็ให้นำเอาจำนวนวันไปคูณ เช่น ในเดือนมกราคมมี 31 วัน จะได้

$(654.31\,\text{kW}) \times (31\,\text{day})$ = 20,283.55 kWh/month เป็นต้น โดยจะทำการคำนวณแบบนี้จึงครบทั้ง 12 เดือน เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาพลังงานรวมของทั้งปี (kWh/year) (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1.)

3.5.2 ค่าพลังงานรวมของทั้งปี (kWh/year)

เมื่อทราบค่าพลังงานรวมของแต่ละเดือน (kWh/month) แล้วจะนำค่าพลังงานที่ได้ของแต่ละเดือนมาคิดผลรวมเป็นค่าพลังงานรวมที่เกิดขึ้นของทั้งปี (kWh/year) (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-1.)

3.6 ตันความเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะโหลดของอาคารที่แปรเปลี่ยน

ตันความเย็นจะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะโหลดของอาคารที่แปรเปลี่ยนตามสภาพภูมิอากาศจากภายนอก และภายใน ซึ่งจะส่งผลให้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นตลอดทั้งปี ค่าตันความเย็นจะไม่คงที่ตลอดเวลา โดยจะหาได้จากสมการที่ (5) (แสดงผลการคำนวณไว้ในภาคผนวก ก-3.)

$$\text{Ton Load} = \%\,\text{Load}_{\text{building}} \times \text{Ton}_{\text{Chiller}} \qquad (5)$$

โดยที่

$\text{Ton}_{\text{chiller}}$ คือ ขนาดพิกัดตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่เต็มสมรรถนะ

3.7 สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ยตลอดทั้งปี

สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะภูมิอากาศตลอดทั้งปีตามแนวทาง IPLV จะสามารถหาได้จากสมการที่ (6) (แสดงวิธีการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 4.2.)

$$[\text{kW/ton}]_{\text{Prog}} = \left[\frac{\text{Energy Used (kWh/year)}}{\text{Cooling Provided (tonh/year)}}\right] \quad (6)$$

โดยที่

Energy Used คือ พลังงานจากเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานตลอดทั้งปี

Cooling Provided คือ ตันความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นที่ผลิตตลอดทั้งปี

3.8 เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของแต่ละรูปแบบ และสรุปผล

เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่ได้จากโปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์กับทั้ง 4 รูปแบบ (1, 2, 3, 4) ดังนี้ (แสดงวิธีการคำนวณไว้ในหัวข้อที่ 4.6 – 4.9)

1. ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590
2. ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 90 °F ในทุกสัดส่วน[6]
3. ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ IPLV ตามงานวิจัยของทศพล [6]
4. ศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 81.61 °F ในทุกสัดส่วนตามที่เฉลี่ยได้จากข้อมูลอากาศท้องถิ่น