บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

แบบโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ของการหาปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นภายใต้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครได้ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันของแต่ละชั่วโมง ซึ่งได้คำนวณเปรียบเทียบผลลัพธ์สมรรถนะที่ได้จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และ AHRI Standard 550/590 ว่ามีผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกันอย่างไร โดยการศึกษาได้ถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ดังนี้

- วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในสภาวะสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยนโดยโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์
- วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590
- วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 90 $^{\circ}$F ในทุกสัดส่วน
- วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตามงานวิจัยของทศพล [6]
- วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยรายปีตามอุณหภูมิอากาศที่ค่า 81.61 $^{\circ}$F ในทุกสัดส่วนตามที่เฉลี่ยได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์
- กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับผลจากสมการ AHRI Standard 550/590
- กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 90 $^{\circ}$F ในทุกสัดส่วน

- กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับผลจากสมการ IPLV ตามงานวิจัยของทศพล [6]
- กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 81.61 ^{o}F ในทุกสัดส่วนตามที่เฉลี่ยได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

4.1 วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในสภาวะสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยน โดยโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์นั้นจะนำโปรแกรม MS Excel มาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้ค่อนข้างง่าย และผู้ใช้งานส่วนใหญ่สามารถใช้โปรแกรมนี้ได้อย่างสะดวก กะทัดรัด แต่ก็ต้องมีพื้นฐานทางด้านโปรแกรมอยู่พอสมควร โดยรายละเอียดการคำนวณจะแสดงอยู่ส่วนของภาคผนวก แต่ได้ทำการสรุปผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์โดยคิดจากเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันที่เครื่องทำน้ำเย็นขนาด 2000 ตันความเย็นต่อตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งาน ตามโปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์

Month	Work Day	Cooling (tonh/year)	Energy (kWh/year)	Performance (kW/ton)
Jan	31	1,085,000.00	540,204.51	0.50
Feb	28.25	1,036,719.61	527,839.38	0.51
Mar	31	1,195,870.59	624,734.84	0.52
Apr	30	1,223,176.47	654,994.50	0.54
May	31	1,228,087.56	652,742.44	0.53
Jun	30	1,164,886.89	612,156.49	0.53
Jul	31	1,183,024.54	617,741.54	0.52
Aug	31	1,163,939.50	604,862.70	0.52

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งาน ตามแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

Month	Work Day	Cooling (tonh/year)	Energy (kWh/year)	Performance (kW/ton)
Sep	30	1,113,681.18	582,225.25	0.52
Oct	31	1,127,665.71	584,201.13	0.52
Nov	30	1,077,282.35	539,094.31	0.50
Dec	31	1057,884.71	513,535.86	0.49

ปริมาณพลังงานที่ใช้ (Energy Used): 7,054,332.96 kWh/year

ปริมาณการทำความเย็นรวม (Cooling Provided): 13,657,219.10 tonh/year

นำข้อมูล Cooling provided (tonh/year) และ Energy Used (kWh/year) ที่ได้ไปแทนค่าในสมการหาสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ดังสมการที่ 4 ในหัวข้อที่ 2.3.5 จะได้

$$\text{Efficiency of Chiller (kW/Ton)} = \frac{\text{Power of Chiller (kW)}}{\text{Ton of Chiller (Ton)}}$$

$$= \frac{7,054,332.96\ (\text{kWh/year})}{13,656,219.10\ (\text{Tonh/year})}$$

$$\text{Efficiency of Chiller (kW/Ton)} = 0.517\ \text{kW/ton}$$

ดังนั้น จะได้ผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานจากสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยน และโหลดของอาคารในกรุงเทพฯตลอดทั้งปี เท่ากับ 0.517 kW/ton

4.2 วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590

ในหัวข้อนี้จะนำสูตรการคำนวณค่าสมรรถนะ (IPLV) ตามมาตรฐาน AHRI 550/590 ดังสมการที่ 1 มาใช้ โดยจะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร และหาข้อสรุป

$$IPLV = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{12\%}{D}} \qquad (1)$$

เมื่อ IPLV คือ Integrated Part Load Value หรือค่าเฉลี่ย kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นตามข้อกำหนดของ AHRI

A คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 100% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 85 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า A ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.55 kW/ton

B คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 75% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 75 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า B ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.46 kW/ton

C คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 50% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 65 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า C ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.45 kW/ton

D คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 25% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 65 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า D ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.43 kW/ton

โดยจะนำตารางค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นที่ได้จากผู้ผลิต มาใช้คำนวณในสมการที่ (1) โดยนำค่าจากตารางสรุปค่าสมรรถนะ (ดังแสดงในตารางที่ 4.2) ไปแทนค่าในสมการดังกล่าว

ตารางที่ 4.2 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงการทำงาน Part Load และ Full Load

%Load	Condenser Entering Water Temperature (EWT) [°F]						
	70	**75**	**80**	**85**	**90**	**95**	**100**
10	0.61	0.66	0.71	0.76	0.82	0.87	0.92
20	0.48	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.68
30	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.62
40	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.60
50	0.48	0.51	0.55	0.58	0.62	0.65	0.68
60	0.46	0.49	0.53	0.56	0.59	0.63	0.66
70	0.44	0.47	0.51	0.54	0.57	0.61	0.64
80	0.43	0.47	0.50	0.53	0.56	0.60	0.63
90	0.44	0.47	0.50	0.54	0.57	0.60	0.64
100	0.44	0.48	0.52	**0.55**	**0.59**	0.63	0.66

จากนั้น นำค่าในตารางที่ 4.2 แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

IPLV Standard AHRI			
%Load	**EWT**	**kW/Ton**	**Load Portion**
75-100	85	0.55 (A)	1%
50-75	75	0.46 (B)	42%
25-50	65	0.45 (C)	45%
0-25	65	0.43 (D)	12%
IPLV			**0.455**

อุณหภูมิตามมาตรฐาน AHRI

สัดส่วนตามมาตรฐาน AHRI

ได้มาจากตารางที่ 4.2 โดยการเทียบ %Load กับEWT

แทนค่าในสมการ

$$IPLV_{Standard} = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{12\%}{D}}$$

$$IPLV_{Standard} = \frac{1}{\frac{1\%}{0.55} + \frac{42\%}{0.46} + \frac{45\%}{0.45} + \frac{12\%}{0.43}}$$

$$IPLV_{Standard} = 0.455\ \text{kW/ton}$$

ดังนั้น จะได้ผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่คำนวณตามสมการรูปแบบมาตรฐานของ AHRI Standard 550/590 เท่ากับ 0.455 kW/ton

4.3 วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 90 °F ในทุกสัดส่วน

ในทำนองเดียวกันกับกรณีในหัวข้อ 4.2 ซึ่งจะทำการคำนวณในรูปแบบเดียวกัน แตกต่างกันตรงที่จะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ให้เป็น 90 °F คงที่ที่ทุกภาระโหลดซึ่งใกล้เคียงกับสภาวะการทำงานจริงมากที่สุดสำหรับใช้งานในประเทศไทย [6] โดยจะนำค่าในตารางที่ 4.2 แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

IPLV ที่อุณหภูมิ 90 °F			
%Load	**EWT**	**kW/Ton**	**Load Portion**
75-100	90	0.59 (A)	1%
50-75	90	0.57 (B)	42%
25-50	90	0.62 (C)	45%
0-25	90	0.58 (D)	12%
IPLV			**0.591**

อุณหภูมิที่ปรับเปลี่ยน

สัดส่วนตามมาตรฐาน AHRI

ได้มาจากตารางที่ 4.2 โดยการเทียบ %Load กับ EWT

แทนค่าในสมการ

$$IPLV_{@90\circ F} = \frac{1}{\frac{1\%}{A}+\frac{42\%}{B}+\frac{45\%}{C}+\frac{12\%}{D}}$$

$$IPLV_{@90\circ F} = \frac{1}{\frac{1\%}{0.59}+\frac{42\%}{0.57}+\frac{45\%}{0.62}+\frac{12\%}{0.58}}$$

$$IPLV_{@90\circ F} = 0.591\,\text{kW/ton}$$

เมื่อ IPLV คือ Integrated Part Load Value หรือค่าเฉลี่ย kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นตามข้อกำหนดของ AHRI

A คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 100% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า A ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.59 kW/ton

B คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 75% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า B ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.57 kW/ton

C คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 50% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า C ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.62 kW/ton

D คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 25% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า D ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.58 kW/ton

ดังนั้น จะได้ผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่คำนวณตามสมการรูปแบบมาตรฐานของ AHRI Standard 550/590 ณ อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ 90 องศาฟาเรนไฮต์ เท่ากับ 0.591 kW/ton

4.4 วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตามงานวิจัยของทศพล [6]

ในทำนองเดียวกันกับกรณีในหัวข้อ 4.3 ซึ่งจะทำการคำนวณในรูปแบบเดียวกัน โดยแตกต่างกันตรงที่จะเปลี่ยนแปลงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของแต่ละช่วงการทำงานให้เป็นที่ใช้ในกรุงเทพมหานคร [6] ซึ่งได้สัดส่วนมาจากบทความวิจัยของคุณทศพล โดยจะนำค่าในตารางที่ 4.2 แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

IPLV [6]			
%Load	EWT	kW/Ton	Load Portion
75-100	90	0.59 (A)	94%
50-75	90	0.57 (B)	5%
25-50	90	0.62 (C)	0%
0-25	90	0.58 (D)	1%
IPLV			0.589

อุณหภูมิที่ปรับเปลี่ยน

สัดส่วนที่ปรับเปลี่ยน

ได้มาจากตารางที่ 4.2 โดยการเทียบ %Load กับ EWT

แทนค่าในสมการ

$$IPLV_{@Totsaphon} = \frac{1}{\frac{94\%}{A} + \frac{5\%}{B} + \frac{0\%}{C} + \frac{1\%}{D}}$$

$$IPLV_{@Totsaphon} = \frac{1}{\frac{94\%}{0.59} + \frac{5\%}{0.57} + \frac{0\%}{0.62} + \frac{1\%}{0.58}}$$

$$IPLV_{@Totsaphon} = 0.589 \text{ kW/ton}$$

เมื่อ IPLV คือ Integrated Part Load Value หรือค่าเฉลี่ย kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นตามข้อกำหนดของ AHRI

A คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 100% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า A ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.59 kW/ton

B คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 75% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า B ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.57 kW/ton

C คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 50% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า C ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.62 kW/ton

D คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 25% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 90 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า D ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.58 kW/ton

ดังนั้น จะได้ผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่คำนวณตามสมการรูปแบบมาตรฐานของ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้งาน และอุณหภูมิตามบทความวิจัยของคุณทศพล จะได้ค่าเท่ากับ 0.589 kW/ton

4.5 วิเคราะห์ถึงสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจากสมการ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยรายปีที่ 81.61 °F ในทุกสัดส่วนตามที่เฉลี่ยได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

ในทำนองเดียวกันกับกรณีในหัวข้อ 4.3 ซึ่งจะทำการคำนวณในรูปแบบเดียวกัน แตกต่างกันตรงที่จะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ให้เป็น 81.61 °F คงที่ที่ทุกภาระโหลดซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เฉลี่ยรายปีจากค่าอุณหภูมิอากาศ โดยจะนำค่าในตารางที่ 4.2 แทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

IPLV ที่อุณหภูมิ 81.61 °F			
%Load	EWT	kW/Ton	Load Portion
75-100	81.61	0.53 (A)	1%
50-75	81.61	0.52 (B)	42%
25-50	81.61	0.57 (C)	45%
0-25	81.61	0.53 (D)	12%
	IPLV		**0.540**

อุณหภูมิที่ปรับเปลี่ยน

สัดส่วนตามมาตรฐาน AHRI

ได้มาจากตารางที่ 4.2 โดยการเทียบ %Load กับ EWT

แทนค่าในสมการ

$$IPLV_{@81.61^{\circ}F} = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{12\%}{D}}$$

$$IPLV_{@81.61^{\circ}F} = \frac{1}{\frac{1\%}{0.53} + \frac{42\%}{0.52} + \frac{45\%}{0.57} + \frac{12\%}{0.53}}$$

$$IPLV_{@81.61^{\circ}F} = 0.540 \text{ kW/ton}$$

เมื่อ IPLV คือ Integrated Part Load Value หรือค่าเฉลี่ย kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นตามข้อกำหนดของ AHRI

A คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 100% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 81.61 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า A ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.53 kW/ton

B คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 75% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 81.61 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า B ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.52 kW/ton

C คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 50% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 81.61 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า C ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.57 kW/ton

D คือ kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นที่ภาระโหลด 25% และที่อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (Entering Condenser Water Temperature) เท่ากับ 81.61 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งค่า D ในที่นี้เมื่อหาจากตารางที่ 4.2 แล้วจะได้เท่ากับ 0.53 kW/ton

ดังนั้น จะได้ผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่คำนวณตามสมการรูปแบบมาตรฐานของ AHRI Standard 550/590 ณ อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ 81.61 $^{\circ}$F เท่ากับ 0.540 kW/ton

4.6 กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590

ผลลัพธ์ค่าสมรรถนะที่ได้ของทั้งสองรูปแบบการคำนวณ จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาข้อสรุป แสดงดังแสดงตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์	ค่าสมรรถนะที่ได้จาก AHRI Standard 550/590
0.517 kW/ton	0.455 kW/ton

จากผลลัพธ์จากสูตร IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 ที่ได้นั้นจะเห็นได้ว่ามีค่าสมรรถนะ (kW/ton) น้อยกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ โดยจะมีปัจจัยสำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ (1) อัตราการเกิดภาระความร้อน ณ Part Load ต่าง ๆ (2) อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ (EWT) ซึ่งอัตราการเกิดโหลดความร้อน และอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นจากสูตร IPLV นั้นได้ถูกวิเคราะห์ขึ้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสภาวะการใช้งานจะมีความแตกต่างกันกับการใช้งานในประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ และอาคารที่แตกต่างกัน โดยอัตราการเกิดโหลดความร้อนกับอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์นี้ก็จะมีผลทำให้ค่าสมรรถนะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์การใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นจากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ จะวิเคราะห์ค่าสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นเป็นรายชั่วโมงตามสถิติสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ โดยในแต่ละชั่วโมงค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพอากาศ จึงมีผลทำให้ในแต่ละชั่วโมงการทำงานนั้น ค่าสมรรถนะจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งแตกต่างจากสูตร IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยจะให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เป็นค่าคงที่ในแต่ละช่วงการทำงาน ซึ่งจะขัดกับความเป็นจริงดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้น ซึ่งหากนำสูตร IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 มาวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในประเทศไทยแล้ว อาจจะได้ค่าผลลัพธ์ที่ไม่เหมาะสม จึงไม่สมควรนำมาใช้วิเคราะห์ค่าสมรรถนะในประเทศไทย

4.7 กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 90 °F ในทุกสัดส่วน

ผลลัพธ์ค่าสมรรถนะที่ได้ของทั้งสองรูปแบบการคำนวณ จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาข้อสรุป แสดงดังแสดงตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์	ค่าสมรรถนะที่ได้จากสูตร IPLV ตามมาตรฐาน AHRI @ 90 °F
0.517 kW/ton	0.591 kW/ton

จากผลลัพธ์การเปรียบเทียบสมรรถนะ จะพบว่า หากคำนวณโดยใช้สูตรตาม AHRI Standard 550/590 นั้น โดยเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เป็น 90 °F ในทุก ๆ สัดส่วนภาระความร้อนที่เกิดขึ้นตามการทำงานในช่วง Full Load และ Part Load ค่าสมรรถนะที่ได้จะเห็นได้ว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์นั้น โดยเฉลี่ยแล้วอุณหภูมิของน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ทั้งปีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 81.61 °F ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าค่าที่นำมาวิเคราะห์นั้นมีค่าไม่ถึง 90 °F จึงจะมีผลทำให้ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์นั้นมีค่าน้อยกว่าที่ได้จาก สูตร IPLV @90 °F ที่ทุก ๆ สัดส่วนการใช้งาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์นั้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาของทั้งปี ซึ่งมีผลมาจากสภาพอากาศของพื้นที่นั้น ๆ ที่แปรเปลี่ยน และค่าเฉลี่ยยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงานของเครื่องในแต่ละวันด้วย ซึ่งหากกำหนดให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เป็นค่าคงที่ที่ 90 °F ในทุก ๆ สัดส่วน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์มีค่าน้อยกว่า

IPLV ตาม AHRI Standard นั้นโดยทั้งสัดส่วนการใช้งาน และอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์นั้นได้ถูกวิเคราะห์มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่หากนำมาเปลี่ยนค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ให้เป็น 90 °F ในทุก ๆ สัดส่วนนั้นอาจจะไม่เหมาะสมต่อสัดส่วนการใช้งานที่ได้วิเคราะห์มา

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า IPLV จากการคำนวณโดยใช้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์คงที่ที่ค่า 90 ^{o}F [6] นั้นอาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ค่าสมรรถนะในประเทศไทย ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ให้มีค่าใกล้เคียงกับการใช้งานที่ประเทศไทยก็ตาม เพราะถึงอย่างไรค่าอุณหภูมิที่ปรับเปลี่ยนนั้นก็อาจจะยังไม่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

4.8 กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ IPLV ตามงานวิจัยของทศพล [6]

ผลลัพธ์ค่าสมรรถนะที่ได้ของทั้งสองรูปแบบการคำนวณ จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาข้อสรุป แสดงดังแสดงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์	ค่าสมรรถนะที่ได้จาก การปรับเปลี่ยนตามบทความวิจัยทศพล [6]
0.517 kW/ton	0.589 kW/ton

จากผลลัพธ์สมรรถนะที่ได้จะเห็นว่า หากคำนวณโดยใช้สูตรตามบทความวิจัยของคุณทศพล [6] แล้วนั้น ค่าสมรรถนะที่ได้จะเห็นได้ว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ พบว่ามีค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมมีค่ามากกว่า ในการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะนี้ การที่เปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดโหลดความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นให้เป็นไปตามบทความวิจัยของคุณทศพล ซึ่งได้วิเคราะห์ถึงสัดส่วนของเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงใช้งานของกรุงเทพมหานคร ณ อาคารแห่งหนึ่ง และได้นำมาวิเคราะห์ภายใต้ข้อมูลสูตรของ IPLV ตาม AHRI Standard 550/590 โดยจะสามารถสรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้ค่าสมรรถนะที่ได้ของคุณทศพลมีค่ามากกว่านั้นมาจากอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ โดยได้ใช้เป็นค่าคงที่ที่ 90 ^{o}F ในทุก ๆ การทำงาน Full Load และ Part Load ซึ่งต่างจากอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ โดยจะวิเคราะห์จากสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้น ๆ ในราย

ชั่วโมง จึงทำให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ได้มีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่ตลอดเวลาโดยเฉลี่ยแล้วทั้งปีจะอยู่ที่ 81.61 ^{o}F ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่น้อยกว่า 90 ^{o}F จากของคุณทศพลที่นำมาวิเคราะห์ เหตุนี้จึงทำให้ค่าสมรรถนะที่ได้มีค่ามากกว่า และถึงแม้ว่าคุณทศพลจะทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดโหลดความร้อนของเครื่องทำน้ำเย็นให้มีค่าที่ใช้งานในกรุงเทพมหานครแล้วก็ตาม ซึ่งหากสังเกตจะเห็นว่าอัตราการเกิดโหลดความร้อนของคุณทศพลในช่วงที่ 75% - 10% Load (Part Load) จะถ่วงน้ำหนักเปอร์เซ็นต์ของการทำงานมีค่าน้อยมาก ๆ ซึ่งแถบจะไม่เกิดการทำงานขึ้นในช่วง Part Load เลย ซึ่งหมายความว่าไปเน้นให้น้ำหนักการทำงานอยู่ในช่วง Full Load ในความเป็นจริงแล้วนั้นเครื่องทำน้ำเย็นไม่ได้ทำงานอยู่ในช่วง Full Load เพียงอย่างเดียวโดยจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ และโหลดของอาคารที่แปรเปลี่ยนตามสภาพอากาศที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้น ๆ อย่างเช่นในช่วงเช้าอากาศมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเครื่องทำน้ำเย็นอาจจะทำงานอยู่ในช่วง Part Load เป็นส่วนใหญ่ แต่ในช่วงสายถึงบ่าย ๆ เครื่องทำน้ำเย็นอาจทำงานถึงจุด Full Load ด้วยเหตุนี้จากการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของคุณทศพลอาจจะยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในประเทศไทยสำหรับทุก ๆ อาคารซึ่งแต่ละอาคารมีลักษณะภาระการทำความเย็นที่แตกต่างกันไป ถึงแม้ว่ายังมีผู้ใช้งานส่วนใหญ่นำไปใช้เนื่องจากเป็นสูตรที่มีความกะทัดรัด ใช้งานง่าย ก็อาจจะได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนสำหรับรูปแบบอาคาร และลักษณะการใช้งานที่ต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า IPLV ของคุณทศพลนั้นอาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นในประเทศไทย โดยหากใช้โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นภายใต้สถิติอุณหภูมิของกรุงเทพฯ ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละชั่วโมงของทั้งปี ซึ่งอาจจะมีความเหมาะสมมากกว่า

4.9 กรณีศึกษาการเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่าง โปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ กับ ผลจากสมการ AHRI Standard 550/590 โดยเปลี่ยนให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยรายปีที่ 81.61 °F ในทุกสัดส่วนภาระการทำความเย็น

ผลลัพธ์ค่าสมรรถนะที่ได้ของทั้งสองรูปแบบการคำนวณ จะนำมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาข้อสรุป แสดงดังแสดงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าสมรรถนะที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์	ค่าสมรรถนะที่ได้จากสูตร IPLV ตามมาตรฐาน AHRI @ 81.61 °F
0.517 kW/ton	0.540 kW/ton

จากผลลัพธ์การเปรียบเทียบสมรรถนะ จะพบว่าหากคำนวณโดยใช้สูตรตาม AHRI Standard 550/590 นั้นโดยเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เป็น 81.61 °F ในทุก ๆ สัดส่วนภาระความร้อนที่เกิดขึ้นตามการทำงานในช่วง Full Load และ Part Load ค่าสมรรถนะที่ได้จะเห็นได้ว่ามีค่าเข้าใกล้กับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งก็ยังมีความแตกต่างอยู่ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์นั้นเป็นการวิเคราะห์สมรรถนะจากอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่แปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาของทั้งปี ส่งผลให้ค่าสมรรถนะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาด้วยเช่นกัน และถึงแม้ว่าจะนำค่าเฉลี่ยโดยรวมของอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์จากโปรแกรมมาวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบของสูตร IPLV แล้วก็ตาม ผลลัพธ์สมรรถนะที่ได้ก็ยังมีค่าที่แตกต่างกัน ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมอยู่ดี สาเหตุก็เพราะว่า สูตร IPLV นั้นเป็นสูตรกึ่งคำนวณสำเร็จรูป ที่กำหนดให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากับ 81.61 °F ในทุก ๆ การทำงานภายใต้ภาระความร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมที่จะวิเคราะห์ให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพภูมิอากาศในเวลานั้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณทางคอมพิวเตอร์อาจจะมีความเป็นไปได้มากกว่า เพราะในการทำงานจริงสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาส่งผลให้ค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งต่างจากสูตร IPLV ที่กำหนดให้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์เท่ากันหมดในทุก ๆ ช่วงการทำงานในสภาวะ Full Load และ Part Load ทำให้ขัดกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.7 ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ และสัดส่วนในการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักต่อค่า kW/ton ของเครื่องทำน้ำเย็นในแต่ละรูปแบบ

%Load	IPLV Standard AHRI			IPLV ที่อุณหภูมิ EWT 90 °F			IPLV โดยนำสัดส่วนของคุณทศพล			IPLV ที่อุณหภูมิ EWT 81.61 °F		
	EWT	kW/Ton	Load Portion	EWT	kW/Ton	Load Portion	EWT	kW/Ton	Load Portion	EWT	kW/Ton	Load Portion
75-100	85	0.55	1%	90	0.59	1%	90	0.59	94%	81.61	0.53	1%
50-75	75	0.46	42%	90	0.57	42%	90	0.57	5%	81.61	0.52	42%
25-50	65	0.45	45%	90	0.62	45%	90	0.62	0%	81.61	0.57	45%
0-25	65	0.43	12%	90	0.58	12%	90	0.58	1%	81.61	0.53	12%
IPLV	0.455			0.591			0.589			0.540		
$[kW/ton]_{Prog}$	0.517			0.517			0.517			0.517		
Δ IPLV	0.062			0.074			0.072			0.023		

ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับผลลัพธ์อุณหภูมิท้องถิ่นมากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะที่เกิดขึ้นในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันออกไปตามการกำหนดค่าอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ และสัดส่วนภาระความเย็นของแต่ละช่วงการทำงานในสภาวะ Full Load และ Part Load ซึ่งจากการนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณคอมพิวเตอร์เท่ากับ 81.61 ^{o}F มาวิเคราะห์ในสูตร IPLV แล้วนั้นจะแสดงให้เห็นว่าค่าสมรรถนะที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมมากที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหากประสงค์ใช้รูปแบบสมการมาตรฐาน AHRI ในการประเมินค่าสมรรถนะ การใช้ค่าเฉลี่ย EWT จากอุณหภูมิอากาศท้องถิ่นจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกว่าการใช้ค่าที่สภาวะมาตรฐาน

การใช้โปรแกรมคำนวณตามที่พัฒนาในที่นี้มีความยืดหยุ่นที่สามารถผนวกปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาระทำความเย็นเป็นรายชั่วโมง ตามสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น อย่างไรก็ตามความแม่นยำในการประเมินผลขึ้นอยู่กับ รูปแบบลักษณะความละเอียดภาระทำความเย็นของอาคารที่นำมาใช้ รวมถึงลักษณะการควบคุมเครื่องทำความเย็นในสภาวะการทำงานต่าง ๆ