

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์คอยล์ทำความเย็นล่วงหน้า

การวิเคราะห์สภาวะอากาศหลังผ่านคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้า ในเบื้องต้นได้กำหนดให้คอยล์ที่พิจารณาเป็นคอยล์แห้งสนิท (Braun *et al.*, 1989) หรือไอน้ำในอากาศที่ไหลผ่านคอยล์ไม่เกิดการควบแน่นที่บริเวณผิวคอยล์ และใช้เทคนิคของนิวตัน-ราฟสันในการหาคำตอบของตัวแปรหรือค่าสภาวะที่สนใจดังนี้คือ อุณหภูมิอากาศบริเวณทางออกคอยล์ อุณหภูมิน้ำบริเวณทางเข้าและออกจากคอยล์ อัตราการไหลของน้ำที่ระบายความร้อนออกจากอากาศ ค่าประสิทธิผลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน HX-01 และค่าประสิทธิผลของคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้า

ผลการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง

การจำลองสภาวะที่บริเวณคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้านั้นได้แบ่งการจำลองทดสอบเป็น 2 ส่วน คือ จำลองสภาวะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 และ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง โดยที่สภาวะอากาศภายนอกที่ใช้ในการจำลองแตกต่างกันดังนี้

1. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 99FDB/80FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุดของกรุงเทพมหานคร (ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	71.0419	61.0419	85.5514	3.0283	0.3698	0.3543
75	70.0419	60.0419	84.5514	3.0283	0.3840	0.3543
50	69.0419	59.0419	83.5514	3.0283	0.3993	0.3543
25	68.0419	58.0419	82.5514	3.0283	0.4159	0.3543
0	67.0419	57.0419	81.5514	3.0283	0.4340	0.3543

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	76.3180	66.3180	86.1512	2.2712	0.3094	0.3931
75	75.3180	65.3180	85.1512	2.2712	0.3193	0.3931
50	74.3180	64.3180	84.1512	2.2712	0.3298	0.3931
25	73.3180	63.3180	83.1512	2.2712	0.3411	0.3931
0	72.3180	62.3180	82.1512	2.2712	0.3531	0.3931

2. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด
ของกรุงเทพมหานคร (ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	66.0419	56.0419	80.5514	3.0283	0.4537	0.3543
75	66.2919	56.2919	80.8014	3.0283	0.4486	0.3543
50	66.5419	56.5419	81.0514	3.0283	0.4436	0.3543
25	66.7919	56.7919	81.3014	3.0283	0.4387	0.3543
0	67.0419	57.0419	81.5514	3.0283	0.4340	0.3543

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	71.3180	61.3180	81.1512	2.2712	0.3661	0.3931
75	71.5680	61.5680	81.4012	2.2712	0.3627	0.3931
50	71.8180	61.8180	81.6512	2.2712	0.3595	0.3931
25	72.0680	62.0680	81.9012	2.2712	0.3563	0.3931
0	72.3180	62.3180	82.1512	2.2712	0.3531	0.3931

3. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็น
ที่สุดของกรุงเทพมหานคร(ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	54.0419	44.0419	68.5514	3.0283	0.9958	0.3543
75	57.2919	47.2919	71.8014	3.0283	0.7523	0.3543
50	60.5419	50.5419	75.0514	3.0283	0.6054	0.3543
25	63.7919	53.7919	78.3014	3.0283	0.5053	0.3543
0	67.0419	57.0419	81.5514	3.0283	0.4340	0.3543

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	59.3180	49.3180	69.1512	2.2712	0.6528	0.3931
75	62.5680	52.5680	72.4012	2.2712	0.5386	0.3931
50	65.8180	55.8180	75.6512	2.2712	0.4583	0.3931
25	69.0680	59.0680	78.9012	2.2712	0.3989	0.3931
0	72.3180	62.3180	82.1512	2.2712	0.3531	0.3931

4. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด
และแห้งของกรุงเทพมหานคร(ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	54.0419	44.0419	68.5514	3.0283	0.9958	0.3543
75	57.2919	47.2919	71.8014	3.0283	0.7523	0.3543
50	60.5419	50.5419	75.0514	3.0283	0.6045	0.3543
25	63.7919	53.7919	78.3014	3.0283	0.5053	0.3543
0	67.0419	57.0419	81.5514	3.0283	0.4340	0.3543

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	$T_{a,o}$	M_w	ε_1	ε_{dry}
100	59.3180	49.3180	69.1512	2.2712	0.6528	0.3931
75	62.5680	52.5680	72.4012	2.2712	0.5386	0.3931
50	65.8180	55.8180	75.6512	2.2712	0.4583	0.3931
25	69.0680	59.0680	78.9012	2.2712	0.3989	0.3931
0	72.3180	62.3180	82.1512	2.2712	0.3531	0.3931

เมื่อใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งสนิท (Dry coil analysis) เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว
คอยล์ ณ บริเวณทางออกจากคอยล์ ($T_{s,o}$) กับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ (T_{dew}) หากว่า
อุณหภูมิผิวคอยล์ ณ บริเวณทางออกจากคอยล์สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์จะถือว่า
ว่าคอยล์นั้นเป็นคอยล์ที่ไม่เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศตลอดความยาวของคอยล์ และหาก
อุณหภูมิผิวคอยล์ ณ บริเวณทางออกจากคอยล์ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์
จะต้องใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์ชื้นในการพิจารณาต่อไป (Braun *et al.*, 1989)

1. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 99FDB/80FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกอื่นที่ต่ำสุดของกรุงเทพมหานคร (ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห่งดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห่งสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกอื่นที่ต่ำสุด

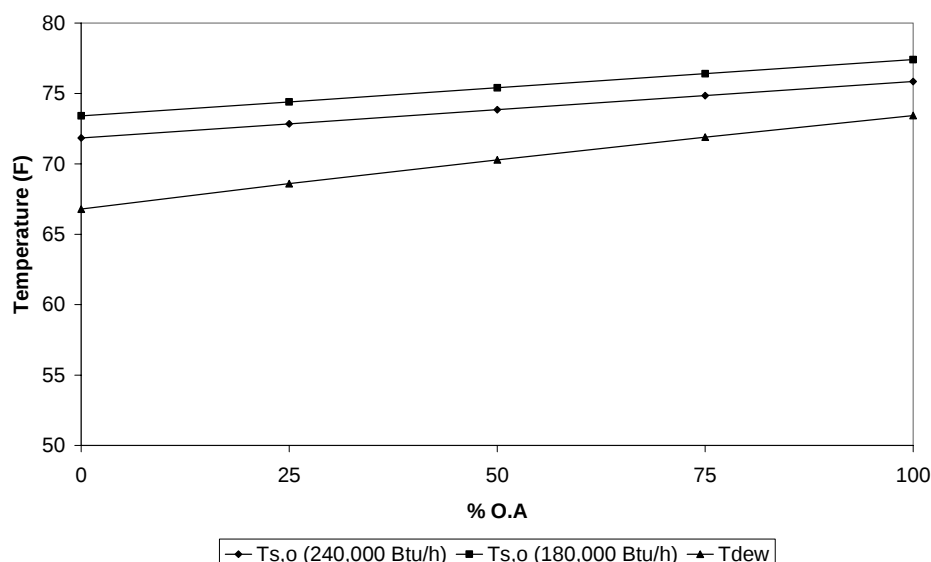
% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	75.8476	73.4340
75	74.8476	71.9020
50	73.8476	70.2900
25	72.8476	68.5900
0	71.8476	66.7930

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห่งดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห่งสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกอื่นที่ต่ำสุด

% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	77.4077	73.4340
75	76.4077	71.9020
50	75.4077	70.2900
25	74.4077	68.5900
0	73.4077	66.7930

เมื่อนำอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ ($T_{s,o}$) จากตารางที่ 13 และตารางที่ 14 มาพล็อตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้าจะแสดงได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้า กับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 กับ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุด

จากภาพที่ 18 จะเห็นว่า แม้อัตส่วนของปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบจะมากหรือน้อยเท่าใดก็ตาม อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออก $T_{s,o}$ สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ ดังนั้นถือว่าในกรณีนี้บริเวณผิวคอยล์จะไม่เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศเลย

2. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุดของกรุงเทพมหานคร (ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด

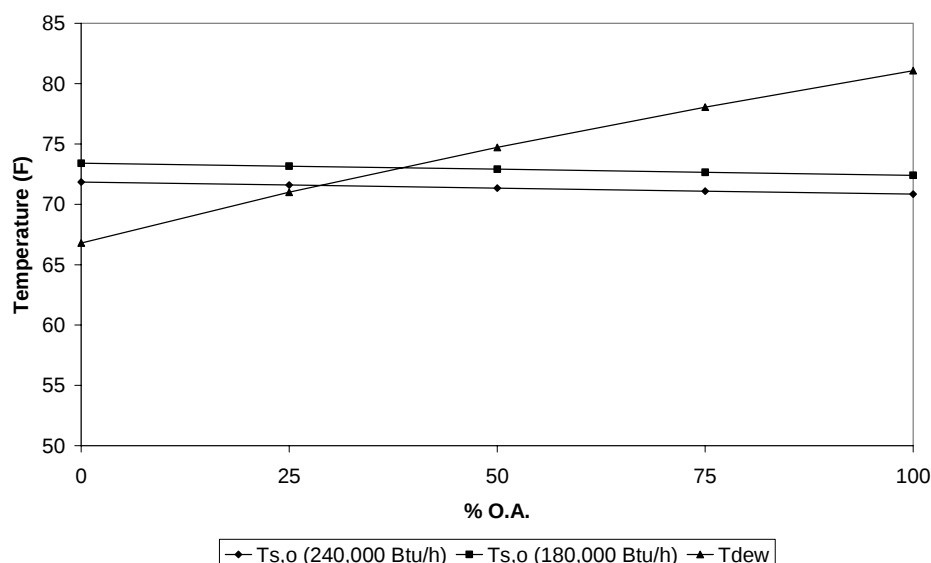
% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	70.8476	81.0760
75	71.0976	78.0560
50	71.3476	74.7240
25	71.5976	71.0050
0	71.8476	66.7930

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด

% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	72.4077	81.0760
75	72.6577	78.0560
50	72.9077	74.7240
25	73.1577	71.0050
0	73.4077	66.7930

เมื่อนำอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ $T_{s,o}$ จากตารางที่ 15 และตารางที่ 16 มาพล็อตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ทำความเย็นแล้วหน้าจะแสดงได้ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ทำความเย็น ล่วงหน้ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 กับ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด

จากภาพที่ 19 ในกรณีนี้อากาศภายนอกมีความชื้นสูง เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบในปริมาณมาก จะดึงให้อากาศผสมมีอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกจะต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ ดังนั้นจะเกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่บริเวณผิวคอยล์ทำความเย็นที่บริเวณทางออกคอยล์ ในกรณีที่เกิดการควบแน่นจะต้องการวิเคราะห์แบบคอยล์ชื้นต่อไป

3. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดของกรุงเทพมหานคร(ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

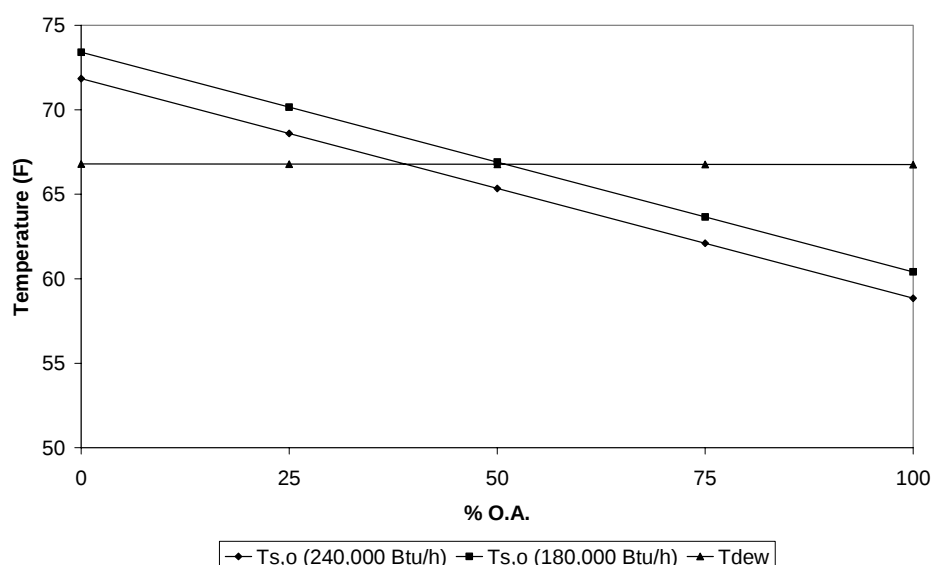
% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	58.8476	66.7570
75	62.0976	66.7660
50	65.3476	66.7750
25	68.5976	66.7840
0	71.8476	66.7930

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	60.4077	66.7570
75	63.6577	66.7660
50	66.9077	66.7750
25	70.1577	66.7840
0	73.4077	66.7930

เมื่อนำอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ $T_{s,o}$ จากตารางที่ 17 และตารางที่ 18 มาพล็อตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ทำความเย็นแล้วจะแสดงได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ทำความเย็น ล่วงหน้ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 กับ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

จากภาพที่ 20 จะเห็นว่า เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับในปริมาณมาก อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกคอยล์ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ แสดงว่าในกรณีที่นำอากาศภายนอกเข้าในระบบมากจะเกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่ผิวคอยล์ด้านทางออกคอยล์

4. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้งของกรุงเทพมหานคร(ASHRAE, 2001)

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

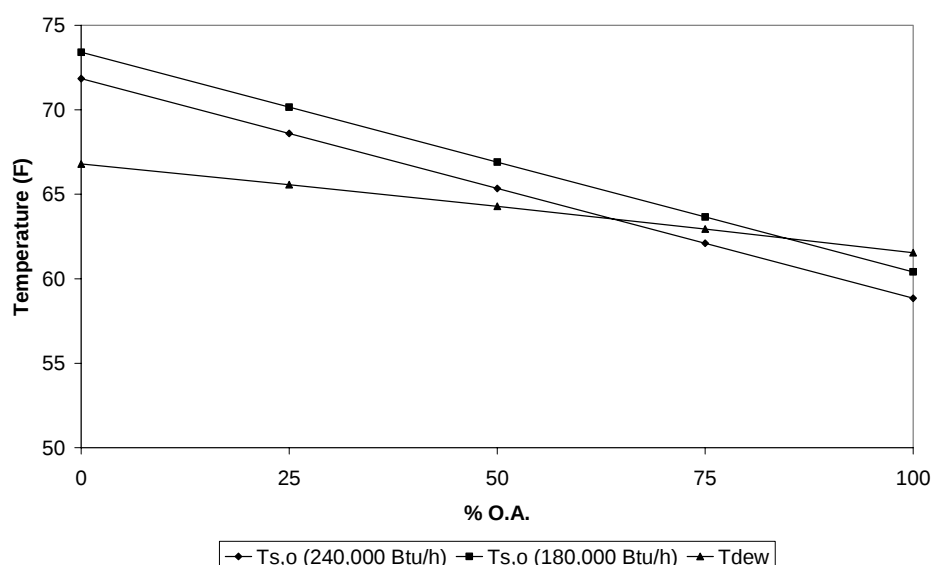
% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	58.8476	61.5480
75	62.0976	62.9490
50	65.3476	64.2870
25	68.5976	65.5660
0	71.8476	66.7930

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้ง สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ กรณีสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

% O.A.	$T_{s,o}$	T_{dew}
100	60.4077	61.5480
75	63.6577	62.9490
50	66.9077	64.2870
25	70.1577	65.5660
0	73.4077	66.7930

เมื่อนำอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกจากคอยล์ $T_{s,o}$ จากตารางที่ 19 และตารางที่ 20 มาพล็อตเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ทำความเย็นแล้วหน้าจะแสดงได้ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกของคอยล์ทำความเย็น ล่วงหน้ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 กับ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

จากภาพที่ 21 จะเห็นว่า เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับในปริมาณมาก อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกคอยล์ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ ดังนั้นในกรณีนี้จะเกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่บริเวณผิวคอยล์ทำความเย็นด้านทางออกคอยล์ สำหรับกรณีที่เกิดการควบแน่นจะต้องใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์ชื้นต่อไป

จากการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งเพื่อหาค่าคำตอบและเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวคอยล์บริเวณทางออกจากคอยล์ ($T_{s,o}$) กับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์ (T_{dew}) จะเห็นว่า สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง จะมี 8 สภาวะที่อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกจากคอยล์ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์คือ ที่สภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุด (94FDB/84FWB) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100, 75 และ 50 % ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์ ที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด (82FDB/60%RH) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100 , 75 และ 50 % ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์ และที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง (82FDB/50%RH) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100 และ 75 % ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง จะมี 6 สภาวะที่อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางออกจากรอยต่อต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่ผ่านเข้าคอยล์คือ ที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด (94FDB/84FWB) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100, 75 และ 50% ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์ ที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด (82FDB/60%RH) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100 และ 75 % ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์ และที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง (82FDB/50%RH) เมื่อนำอากาศภายนอกเข้ามา 100% ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ผ่านเข้าคอยล์ ดังนั้นในกรณีเหล่านี้จะต้องใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นในการหาคำตอบ โดยผลการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น

จากผลการวิเคราะห์คอยล์ทำความเย็นล่วงหน้าแบบคอยล์แห้ง พบว่าสำหรับการจำลองการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 240,000 บีทียูต่อชั่วโมงจะมี 8 สภาวะที่เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่บริเวณทางออกคอยล์ และสำหรับการจำลองทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 180,000 บีทียูต่อชั่วโมงมี 6 สภาวะที่เกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่บริเวณทางออกคอยล์ จึงต้องใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเพื่อหาคำตอบ และเพื่อให้ทราบว่าเกิดการควบแน่นของไอน้ำลดความยาวคอยล์หรือควบแน่นเฉพาะบริเวณปลายคอยล์เท่านั้น โดยได้ผลการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเป็นดังนี้

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง มีคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นในแต่ละกรณีดังตารางที่ 21 ถึงตารางที่ 23

ตารางที่ 21 คำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	72.4451	62.4451	3.0283	0.3515	0.1581	44.8768
75	70.1207	60.1207	3.0283	3.3828	0.1650	42.4503
50	67.6513	57.6513	3.0283	0.4228	0.1724	40.0238

ตารางที่ 22 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	58.0899	48.0899	3.0283	0.7097	0.2002	31.9498
75	59.1560	49.1560	3.0283	0.6598	0.1973	32.7550
50	60.1937	50.1937	3.0283	0.6175	0.1944	33.5603

ตารางที่ 23 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	54.3885	44.3885	3.0283	0.9626	0.2096	29.3178
75	56.4890	46.4890	3.0283	0.8007	0.2044	30.7810

สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง
มีค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นดังตารางที่ 24 ถึงตารางที่ 26

ตารางที่ 24 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	75.6469	65.6469	2.2712	0.3160	0.1702	45.0208
75	73.3534	63.3534	2.2712	0.3407	0.1776	42.5943
50	70.9226	60.9226	2.2712	0.3714	0.1857	40.1678

ตารางที่ 25 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	61.5814	51.5814	2.2712	0.5688	0.2167	32.0938
75	62.6164	52.6164	2.2712	0.5372	0.2134	32.8990

ตารางที่ 26 ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาด
การทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH

% O.A.	$T_{w,1}$	$T_{w,2}$	M_w	ε_1	ε_{wet}	$h_{a,o}$
100	58.0029	48.0029	2.2712	0.7141	0.2278	29.4618

เมื่อใช้การวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้า
คอยล์ ($T_{s,i}$) กับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ (T_{dew}) หากอุณหภูมิผิวคอยล์ ณ บริเวณ
ทางเข้าคอยล์สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ หมายถึงจะเกิดการควบแน่นของไอน้ำ
ในอากาศที่บริเวณปลายคอยล์เท่านั้น ส่วนบริเวณทางเข้าคอยล์จะไม่เกิดการควบแน่น และผลที่ได้
จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเป็นดังตารางที่ 27 ถึงตารางที่ 32

ตารางที่ 27 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับ
การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง
ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	85.9610	81.076
75	83.7409	78.056
50	81.3840	74.724

ตารางที่ 28 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	72.2553	66.757
75	73.2752	66.766
50	74.2670	66.775

ตารางที่ 29 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	68.7038	61.548
75	70.7212	62.949

ตารางที่ 30 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FDB

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	85.1228	81.076
75	82.9218	78.056
50	80.5920	74.724

ตารางที่ 31 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	71.6486	66.757
75	72.6400	66.766

ตารางที่ 32 อุณหภูมิผิวคอยล์ที่บริเวณทางเข้าคอยล์ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้น สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH

% O.A.	$T_{s,i}$	T_{dew}
100	68.2158	61.548

จะเห็นว่า ผลจากการจำลองการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 และ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง อุณหภูมิผิวคอยล์ ณ บริเวณทางเข้าคอยล์ ($T_{s,i}$) ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศที่เข้าคอยล์ ($T_{s,i} > T_{dew}$) ทุกกรณี ดังนั้นแสดงว่า จะเกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศที่ช่วงปลายของคอยล์เท่านั้น (Partly wet) ซึ่ง Braun *et al.* (1989) แนะนำให้ใช้ค่าคำตอบจากการวิเคราะห์ที่ให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนค่าที่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งและการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนจากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นมีค่ามากกว่า ดังนั้นจะใช้ค่าคำตอบหรือสภาวะที่ได้จากการวิเคราะห์แบบคอยล์ขึ้นเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณขนาดของอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก

การวิเคราะห์ขนาดของอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก

เพื่อให้สภาวะในการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบที่กำหนดจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก ซึ่งเป็นชุดอุปกรณ์ที่ปรับให้อากาศมีสภาวะเหมาะสมสำหรับการทดสอบ ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์หาขนาดที่เหมาะสมของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักเพื่อให้สามารถ

ควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องทดสอบได้ในทุกสภาวะแวดล้อมในการทดสอบที่เปลี่ยนแปลง โดยการคำนวณอัตราการทำความเย็นของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังนี้

อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก

จากการจำลองสภาวะของคอยล์ทำความเย็นล่วงหน้าด้วยการวิเคราะห์แบบคอยล์แห้งและคอยล์ชื้นจะทราบถึงสภาวะอากาศหลังออกจากคอยล์ดังกล่าว ซึ่งสภาวะดังกล่าวนี้จะกลายเป็นสภาวะก่อนเข้าอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก

ผลการคำนวณอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักที่ทำให้อากาศที่ส่งเข้าสู่ห้องทดสอบเป็นไปตามที่ออกแบบ สำหรับกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกแตกต่างกันแสดงได้ดังนี้

1. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 99FDB/80FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุดของกรุงเทพมหานครเป็นดังนี้

สำหรับการจำลองการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	464813
75	377375
50	289857
25	202282
0	114658

สำหรับการจำลองสภาวะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของ อุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอก ร้อนที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	375229
75	306202
50	237112
25	167977
0	98803

2. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 94FDB/84FWB หรือสภาวะอากาศภายนอกชื้นที่สุดของกรุงเทพมหานครเป็นดังนี้

สำหรับการจำลองสภาวะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิที่อุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอก ชื้นที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	790936
75	623092
50	455032
25	281098
0	114658

สำหรับการจำลองสภาวะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของ อุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	632176
75	499700
50	367043
25	230197
0	98803

3. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดของกรุงเทพมหานครเป็นดังนี้

สำหรับการจำลองสภาวะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของ อุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	-107651
75	-51129
50	5360
25	57439
0	114658

สำหรับการจำลองสถานะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	-77095
75	-32514
50	8465
25	53632
0	98803

4. กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/50%RH หรือสภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้งของกรุงเทพมหานครเป็นดังนี้

สำหรับการจำลองสถานะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	-291422
75	-188803
50	-90355
25	12208
0	114658

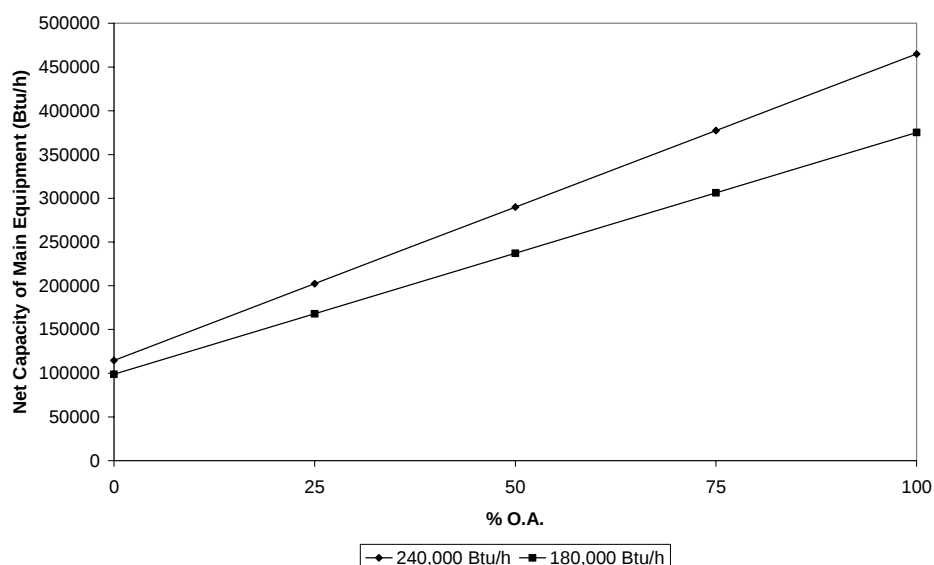
สำหรับการจำลองสถานะในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศภายนอกแตกต่างกัน อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักแสดงได้ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีอัตราการทำความเย็น 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง กรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

% O.A.	Net Capacity of Main Equipment (Btu / h)
100	-222184
75	-144104
50	-63042
25	17925
0	98803

เมื่อนำปริมาณอากาศภายนอกกับอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักมาพล็อตกราฟหาความสัมพันธ์ สำหรับการจำลองการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดแตกต่างกันคือ อัตราการทำความเย็น 240,000 และ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง ที่สภาวะอากาศภายนอกแตกต่างกันแสดงได้ดังนี้

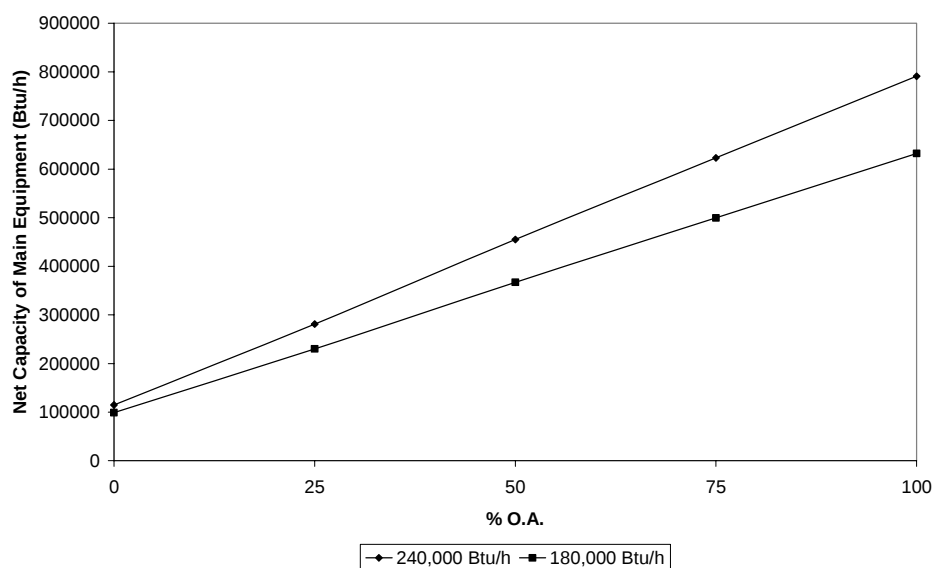
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกในกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกอื่นที่แสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกที่สภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุด

จากภาพที่ 22 จะเห็นว่า ในกรณีนี้อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง หากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในระบบมีปริมาณมากจะทำให้อากาศผสมมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการทำความเย็นสุทธิของคอยล์ทำความเย็นของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักจะสูงขึ้น เพื่อให้อากาศป้อนมีสภาวะเป็นไปตามที่ออกแบบ ดังนั้นขนาดของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักในส่วนของคอยล์ทำความเย็นจะแปรผันตามปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบ

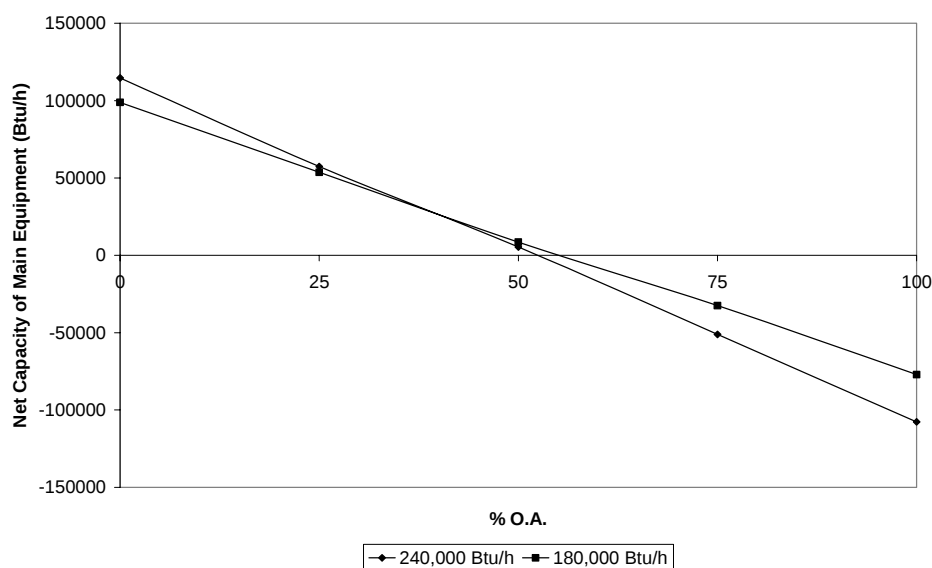
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกในกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุดแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกที่สภาวะอากาศภายนอกขึ้นที่สุด

จากภาพที่ 23 จะเห็นว่า ในกรณีนี้อากาศภายนอกมีความชื้นสูงมาก หากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในระบบมีปริมาณมาก จะทำให้อากาศผสมมีความชื้นสูง อัตราการทำความเย็นสุทธิของคอยล์ทำความเย็นของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักจะสูงด้วย เพื่อให้อากาศป้อนมีสภาวะตามที่ออกแบบไว้ นั่นคือ ในกรณีที่อากาศภายนอกมีความชื้นสูง อัตราทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในระบบ

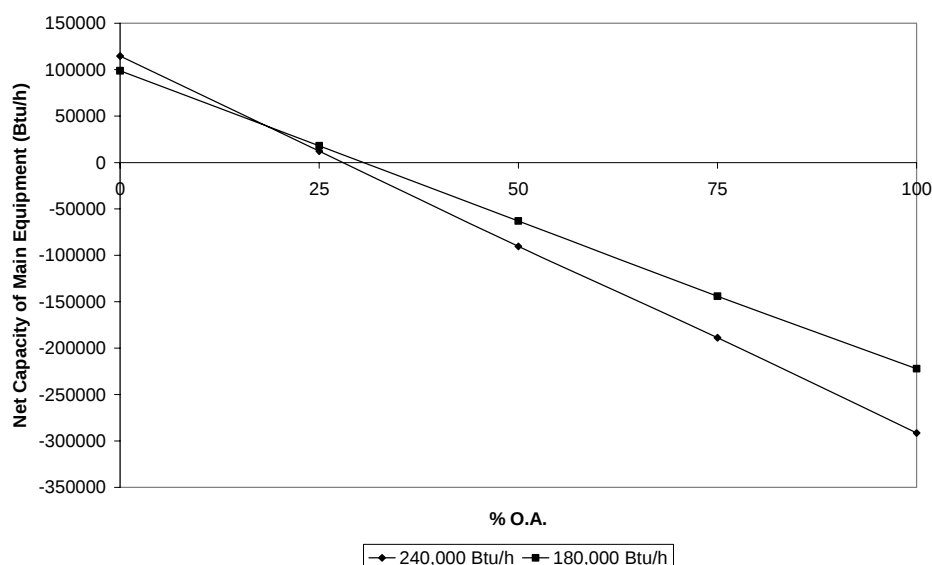
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกในกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอก ที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุด

จากภาพที่ 24 จะเห็นว่า อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักมีทั้งส่วนที่มีค่าเป็นลบและบวก ซึ่งค่าลบหมายถึง ระบบต้องการความร้อนจากอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก ส่วนค่าบวกหมายถึง ระบบต้องการการทำความเย็นจากอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก จะเห็นว่า ที่ปริมาณอากาศภายนอกที่เหมาะสม อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักจะเท่ากับศูนย์ ซึ่งก็คือ ตำแหน่งที่เส้นกราฟตัดแกนนอน

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักกับปริมาณอากาศภายนอกในกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้งแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลัก กับปริมาณอากาศภายนอก ที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นที่สุดและแห้ง

จากภาพที่ 25 จะเห็นว่า อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักมีทั้งส่วนที่มีค่าเป็นลบและบวก เช่นเดียวกับกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเป็น 82FDB/60%RH ที่ปริมาณอากาศภายนอกปริมาณหนึ่ง อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักจะเท่ากับศูนย์ ซึ่งก็คือ ตำแหน่งที่เส้นกราฟตัดแกนอน

จากผลการคำนวณอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักพบว่า หากทำการทดสอบในระบบปิดคือ ไม่มีการนำอากาศภายนอกเข้ามาภายในระบบ อัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักสำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่มีขนาดการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมงจะเท่ากับ 114,658 บีทียูต่อชั่วโมง ดังนั้นหากทำการทดสอบในระบบปิดตลอดเวลา อุปกรณ์ปรับอากาศหลักที่มีขนาดการทำความเย็น 120,000 บีทียูต่อชั่วโมงหรือ 10 ตัน ความเย็นก็เพียงพอที่จะปรับให้สภาวะในการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน แต่ในความเป็นจริง หากเครื่องทำน้ำเย็นที่นำมาทดสอบมีประสิทธิภาพไม่ดี ซึ่งความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นดังกล่าวอาจจะน้อยกว่าค่าที่ออกแบบไว้ รวมทั้งอาจจะระบายความร้อนออกมาในปริมาณมาก ซึ่งทำให้ภาระการทำความเย็นของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักเพิ่มสูงขึ้นกว่าที่ได้ประเมินไว้ ดังนั้นจะเลือกใช้คอยล์ทำความเย็นหลักที่มีขนาดการทำความเย็นเท่ากับ 180,000 บีทียูต่อชั่วโมง เพื่อให้มั่นใจว่า จะสามารถควบคุมสภาวะอากาศของห้องทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานได้ตลอดการทดสอบ

นอกจากคอยล์ทำความเย็นหลักแล้ว ผลการคำนวณอัตราการทำความเย็นสุทธิของอุปกรณ์ปรับอากาศหลักที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ ในกรณีที่สภาวะอากาศภายนอกเย็นและแห้ง ทำให้ทราบว่าอุปกรณ์ปรับอากาศหลักควรจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทำความร้อนที่มีขนาด 36,000 บีทียูต่อชั่วโมงและอุปกรณ์เพิ่มความชื้นให้กับอากาศ เพื่อให้อากาศมีสภาวะเหมาะสมที่จะเป็นอากาศป้อนให้กับห้องทดสอบ

การวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็น

คอยล์ทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศหลักเป็นคอยล์น้ำเย็นที่รับน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศเพื่อใช้ลดอุณหภูมิของอากาศก่อนจะป้อนเข้าสู่ห้องทดสอบ โดยเครื่องทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ดังนั้นหากสามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นลงได้ ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้มีการนำอากาศภายนอกที่มีสภาวะเหมาะสมเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบเพื่อช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น โดยในการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานเนื่องจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับเพื่อให้อากาศผสมมีอุณหภูมิต่ำลงและทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงนั้น มีข้อกำหนดในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีปริมาณการทำความเย็น 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง
2. ระบบทำงานเพื่อปรับให้สภาวะในการทดสอบเข้าสู่สมดุลระหว่างเวลา 9.00 -12.00 น.
3. ทำการทดสอบจริงระหว่างเวลา 12.00-15.00 น.
4. ทำการทดสอบ 5 วันต่อสัปดาห์และ 52 สัปดาห์ต่อปี

เพื่อความแม่นยำและสะดวกต่อการควบคุมสภาวะอากาศของห้องทดสอบในระหว่างที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น จะกำหนดให้การทดสอบทำในระบบปิด คือจะไม่มี การนำอากาศภายนอกเข้ามาภายในระบบ ดังนั้นการจะนำอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามา

ใช้ประโยชน์ในการลดภาระการทำความเย็นของคอยล์ปรับอากาศนั้นจะทำได้เฉพาะในช่วงการเดินเครื่องก่อนที่สภาวะในการทดสอบจะเข้าสู่สมดุลเท่านั้น ดังนั้นการประหยัดพลังงานเนื่องจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบจะเกิดขึ้นในช่วงที่เดินเครื่องก่อนระบบเข้าสู่สมดุลเท่านั้น

โดยในการคำนวณการประหยัดพลังงานเนื่องจากการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมนั้นจะใช้สภาวะอากาศภายนอกเป็น 99FDB/80FWB ซึ่งเป็นสภาวะอากาศภายนอกร้อนที่สุดเป็นสภาวะอ้างอิงในการคำนวณ เนื่องจากว่าสภาวะอากาศของกรุงเทพมหานครนั้นอยู่ในเกณฑ์ร้อนเกือบตลอดทั้งปี แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของอากาศไม่ได้เท่ากันตลอดทั้งวัน ช่วงที่อากาศร้อนที่สุดจะเป็นเวลาประมาณ 15.00 น. โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกในแต่ละชั่วโมงจะถูกสมมติให้เปลี่ยนแปลงในลักษณะของเส้นโค้ง (McQuiston *et al.*, 2005) ซึ่งแสดงได้ด้วยสมการ

$$t_o = t_d - DR(X) \quad (88)$$

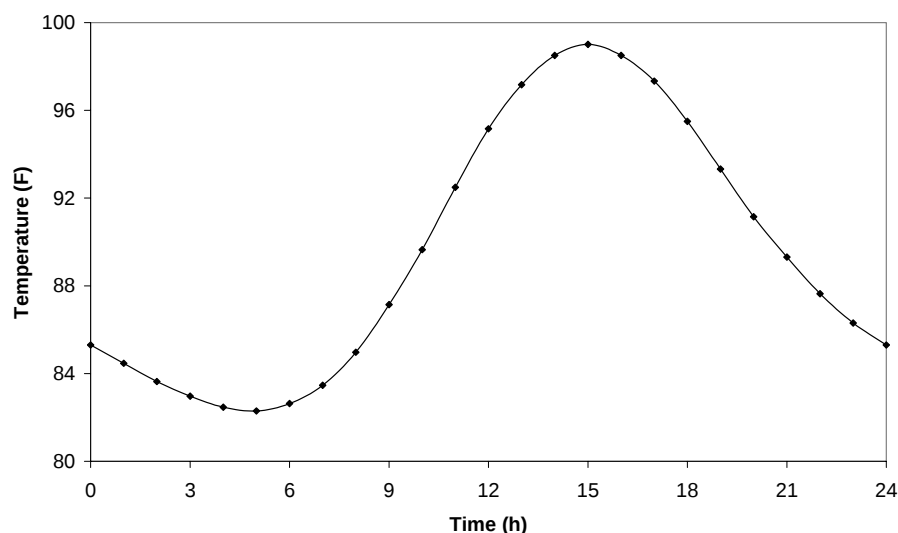
เมื่อ t_d = อุณหภูมิกระเปาะแห้งที่ใช้ในการออกแบบ
 DR = อุณหภูมิแตกต่างสูงสุดระหว่างวัน (Daily range)
 X = อัตราร้อยละของ DR แสดงดังตารางที่ 41 และค่าในตารางต้องหารด้วย 100

ตารางที่ 41 อัตราร้อยละของอุณหภูมิแตกต่างสูงสุดระหว่างวัน

Time, hr	Percent	Time, hr	Percent	Time, hr	Percent	Time, hr	Percent
1	87	7	93	13	11	19	34
2	92	8	84	14	3	20	47
3	96	9	71	15	0	21	58
4	99	10	56	16	3	22	68
5	100	11	39	17	10	23	76
6	98	12	23	18	21	24	82

ที่มา: McQuiston *et al.* (2005)

โดยที่ช่วงอุณหภูมิแตกต่างสูงสุดระหว่างวันสำหรับสภาวะอากาศของกรุงเทพมหานครนั้น เป็น 16.7 องศาฟาเรนไฮต์ (ASHRAE, 2001) เมื่อพล็อตอุณหภูมิอากาศภายนอกที่เปลี่ยนแปลงกับ ช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันจะเป็นดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละชั่วโมงของกรุงเทพมหานคร

จากเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลาของวัน จะเห็นว่า ช่วงเวลา 3 ชั่วโมงในการเดินเครื่องก่อนการทดสอบจะสามารถนำอากาศภายนอกเข้ามาใช้ ประโยชน์ได้ เนื่องจากอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของห้องทดสอบ โดยอากาศ ภายนอกในช่วงเวลานั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 91 องศาฟาเรนไฮต์ ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าว สามารถดึงอากาศภายนอกเข้ามา 100 % ของปริมาณอากาศทั้งหมดที่ส่งเข้าห้องทดสอบ

เมื่อสมมติว่า เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่จ่ายน้ำเย็นให้กับคอยล์ทำ ความเย็นของเครื่องปรับอากาศหลักมีประสิทธิภาพสูงคือ ประสิทธิภาพกิโวลต์ต่อตันความเย็น เท่ากับ 1.2 กิโวลต์ต่อตัน (U.S. Department of Energy, 2000)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อทำการทดสอบใน ระบบปิด พบว่าปริมาณการทำความเย็นเท่ากับ 114,658 บีทียูต่อชั่วโมง หรือ 9.55 ตันความเย็น ส่วนปริมาณการทำความเย็นโดยประมาณเมื่อมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมเท่ากับ 57,000 บีทียู ต่อชั่วโมง หรือ 4.75 ตันความเย็น ดังนั้นจะสามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ได้ประมาณ 4.8 ตันความเย็น ซึ่งจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ

$$1.2 \frac{kW}{ton} \times 4.8 tons \times 3 hrs. \times 5 days \times 52 weeks = 4493 kWh$$

ดังนั้นสรุปได้ว่าการนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศย้อนกลับจากห้องทดสอบจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 4,493 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี สำหรับการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีขนาดการทำความร้อน 240,000 บีทียูต่อชั่วโมง จำนวน 260 เครื่องต่อปี