การเปลี่ยนสารทำความเย็น R-22 เป็นโปรเพน R-290

Replacement of R-22 with Propane (R-290)

รองศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน
(Associate Professor Richakorn Chirakalwasan) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร. 0-2218-6622, 08-1821-2183 โทรสาร 0-2252-2889, 0-2693-6754
E-Mail: richakorn.c@chula.ac.th หรือ richakorn@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นง่ายๆ ในทางทฤษฎี เพื่อใช้ในทางปฏิบัติในการเปลี่ยนสารทำความเย็นที่มีอยู่เป็นสารทำความเย็นอีกชนิดสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่ หรือในการผลิตเครื่องปรับอากาศใหม่ เพื่อเลือกใช้สารทำความเย็นที่เหมาะสม สิ่งที่สำคัญที่สุดคือประสิทธิภาพหรือ COP ถ้ายิ่งสูงก็ยิ่งได้เปรียบ และขนาดอัตราปริมาตรการอัดต่อหน่วยทำความเย็น ยิ่งต่ำก็ยิ่งได้เปรียบเพราะคอมเพรสเซอร์จะมีขนาดเล็ก สิ่งที่สำคัญอีกด้านที่อาจจะต้องพิจารณาเช่น กติกาโลก (Montreal Protocol) และในด้านความปลอดภัยสำหรับกฎหมายประเทศไทยซึ่งอาจจะสำคัญไม่น้อยกว่ากติกาโลก

จากการวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ดังแสดงในรายละเอียดภายในบทความนี้ พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่ซึ่งใช้ R-22 ถ้าเปลี่ยนมาใช้โปรเพน (R-290) ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างน้อย 2% หรือต้องเสียค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 2% ขณะเดียวกันขนาดทำความเย็นจะลดลงอย่างน้อยถึง 16% ดังนั้นเครื่องปรับอากาศเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็นแล้วเสร็จ วัดเฉพาะกำลังไฟฟ้าก็ปรากฏว่าลดลงประมาณ 15.7% จึงทำให้เข้าใจผิดว่าประหยัดไฟฟ้า

ABSTRACT

This article describes the principle of refrigeration to justify a replacement of a refrigerant with another in an existing air conditioner or to select a suitable refrigerant in production of air conditioners. The principles are Coefficient of Performance (COP) which is the higher the better and swept volume per unit time per unit refrigerating effect which is the lower the better since a smaller compressor required. Other important factors for selecting the right refrigerant are International Protocol eg. Motreal Protocol and Thai Safety Code which is not less important.

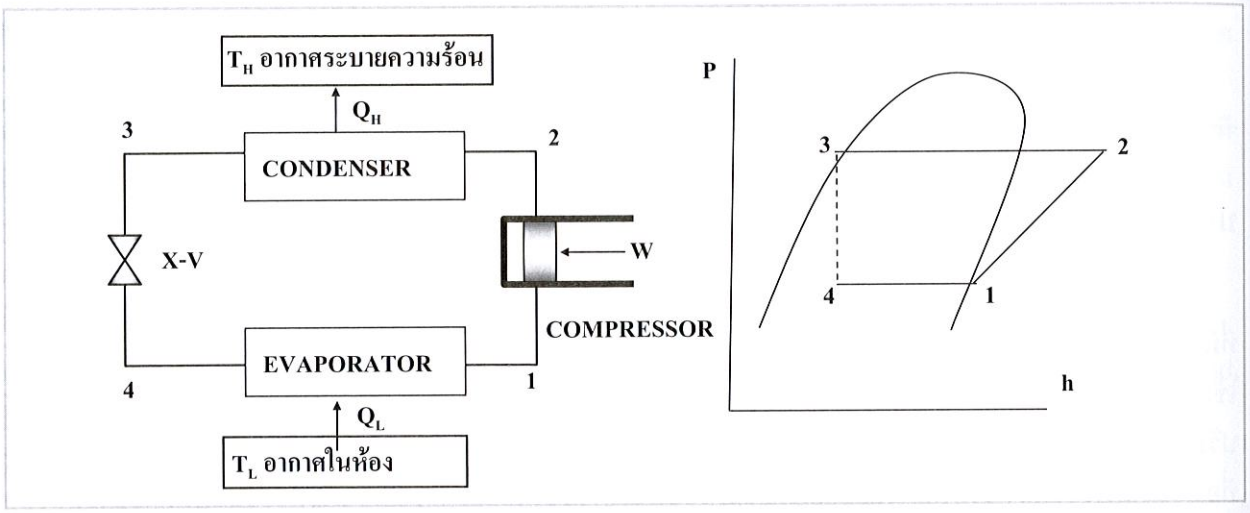
In the analysis based on references, it is concluded that in an existing air conditioner the replacement would result in reduction of COP by at least 2% or an increase of at least 2% annual electricity bill. The cooling capacity would be reduced by at least 16%. This result in an actual measured power reduces by about 15.7% which is the incorrect claim of power saving.

1. ทฤษฎีที่ใช้ในการเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศ

วัฏจักรทำความเย็นอุดมคติ (Ideal Refrigeration Cycle) เป็นวัฏจักรง่ายๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ เช่น เปลี่ยนสารทำความเย็น หรือเปลี่ยนขนาดคอนเดนเซอร์ จนทำให้อุณหภูมิอิ่มตัวที่เครื่องควบแน่นลดลงเป็นต้น จะมีผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพหรือซีโอพี และขนาดอัตราปริมาตรการอัดต่อหน่วยทำความเย็น

จากทฤษฎีพื้นฐานง่ายๆ นี้ สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R-22 เป็นโปรเพน (R-290) ตารางอ้างอิงที่ 1 จากเอกสารอ้างอิงที่ 1 (ASHRAE) กำหนดให้เครื่องทำงานที่อุณหภูมิอิ่มตัวในEVAPORATOR 277K (4°C) และอุณหภูมิอิ่มตัวใน CONDENSER 310K (37°C) จะพบว่า:

R-22 กำลังที่ต้องการ 0.142 kW ต่อ kWR หรือ COP = 7.04225



ประสิทธิภาพ (Coefficient of Performance=COP)

$COP = Q_L / W_C = q_L / w_C = (h_1-h_3) / (h_1-h_2)$ หรือ

$EER = 3.412\ COP = 3.412*(h_1-h_3) / (h_1-h_2)$

ประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ที่จะบอกได้ว่าระบบหรือเครื่องอนุรักษ์พลังงานได้หรือไม่ ถ้าสารทำความเย็นชนิดหนึ่งผลออกมาว่า COP สูงกว่าอีกชนิดย่อมจะอนุรักษ์พลังงานได้มากกว่าแน่นอน

อัตราปริมาตรคอมเพรสเซอร์ดูด-อัดต่อ kW ความเย็น = $Vol/Q_L = v_1/ (h_1-h_3)$ จะเป็นสิ่งสำคัญที่บอกให้ทราบว่า ถ้าต้องสร้างเครื่องปรับอากาศขนาดทำความเย็นเท่ากันจะต้องใช้คอมเพรสเซอร์ขนาดอัตราปริมาตรดูดอัดต่างกันอย่างไร เช่น ถ้าต้องการผลิตเครื่องปรับอากาศขนาดหนึ่ง ใช้สารทำความเย็นหนึ่งที่มีค่าอัตราปริมาตรดูดอัดนี้มากกว่าอีกชนิดหนึ่งก็หมายถึง ต้องลงทุนคอมเพรสเซอร์ใหญ่ขึ้น หรือในกรณีมีเครื่องปรับอากาศใช้งานอยู่ปกติ ถ้าเปลี่ยนสารทำความเย็นชนิดใหม่พบว่า ค่านี้มีค่ามากกว่า ก็แสดงว่าเครื่องจะทำความเย็นได้น้อยลง

R-290 กำลังที่ต้องการ 0.145 kW ต่อ kWR หรือ COP = 6.89655

นั่นหมายถึง การจะสร้างเครื่องปรับอากาศใหม่หรือเปลี่ยนสารทำความเย็น ทำให้ใช้พลังงานมากขึ้น 2.1% สำหรับกรณีที่เปลี่ยนสารทำความเย็น ความสามารถในการทำความเย็นจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นดูจาก อัตราปริมาตรคอมเพรสเซอร์ดูด-อัดต่อ kW ความเย็น (Compressor displacement per kWR)

R-22 ใช้เพียง 0.258 L/s ต่อ kWR แต่ R-290 ใช้ 0.308 L/s ต่อ kWR นั่นหมายถึงการเปลี่ยนสารทำความเย็นจะทำให้ความสามารถทำความเย็นลดลง = (1-0.258/0.308)*100 = 16.23%

กำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ก็จะต้องลดลง = 16.23*(1-2.1/100) = 15.9% ซึ่งมิได้หมายถึงอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานต้องดูจาก COP เท่านั้น ตัวอย่างเช่น ห้องปรับอากาศห้องหนึ่งใช้เครื่องขนาด 4 kWR เปลี่ยนเครื่องให้ใหญ่เป็น 2 เท่าคือ 8 kW ถ้า COP เท่าเดิม พลังงาน (kWh) ที่ใช้ทั้งปี ย่อมประมาณเท่าเดิม ส่วนที่มากขึ้นเล็กน้อยก็คือ จากมอเตอร์พัดลมของ

EVAPORATOR ซึ่งมันเดินตลอดเวลาแม้เทอร์มอสแตตจะหยุดคอมเพรสเซอร์

ตารางอ้างอิงที่ 2 จากเอกสารอ้างอิงที่ 2 จากประเทศเดนมาร์ก ซึ่งเป็นวัฏจักรเครื่องปรับอากาศจริง (Actual Cycle) ทำงานที่อุณหภูมิอิ่มตัวใน EVAPORATOR 5°C และอุณหภูมิอิ่มตัวใน CONDENSER 45°C โดยสมมุติให้เครื่องมีความสูญเสียต่างๆ เหมือนจริง เช่น คอมเพรสเซอร์ประสิทธิภาพ 75% เครื่องปรับอากาศขนาด 5 kWR จะพบว่า:

ถ้าใช้ R-22 COP = 4.122 หรือใช้กำลัง 0.2426 kW/kWR อัตราปริมาตรคอมเพรสเซอร์ดูด 4.86 m^3/h

ถ้าใช้ R-290 COP =4.037 หรือใช้กำลัง 0.2477 kW/kWR อัตราปริมาตรคอมเพรสเซอร์ดูด 5.77 m^3/h

แสดงว่าพลังงาน (kWh) ที่ต้องใช้ต่อปีจะเพิ่มขึ้น = (0.2477-0.2426)/ 0.2426*100 = 2.1%

ถ้าเป็นเครื่องเดิมเปลี่ยนสารทำความเย็นขนาดทำความเย็นลดลง (1-4.86/5.77)*100 = 15.77%

2. อาศัยข้อมูลผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์ใช้ในการเปรียบเทียบเครื่องปรับอากาศ

ตารางอ้างอิงที่ 3 จากเอกสารอ้างอิงที่ 3 ซึ่งเป็นการใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบยี่ห้อ MYCOM ขนาดอัตราดูด-อัด 64.6 m^3/h ทำงานที่ภาวะคู่เดียวกัน คือ อุณหภูมิอิ่มตัวใน EVAPORATOR 5°C และอุณหภูมิอิ่มตัวใน CONDENSER 45°C ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า :

ใช้ R-22 ทำความเย็นได้ 58 kW (16.5 TR) ใช้ไฟฟ้า 12.8 kW = 0.22069 kW/kWR หรือ COP = 4.53

ถ้าใช้ R-290 ทำความเย็นได้ 46.7 kW (13.3 TR) ใช้ไฟฟ้า 11.7 kW = 0.25054 kW/kWR หรือ COP = 3.98

แสดงว่าพลังงาน (kWh) ที่ต้องใช้ต่อปีจะเพิ่มขึ้น = (0.25054-0.22069)/ 0.22069*100 = 13.5%

ความสามารถในการทำความเย็นลดลง

= (58-46.7)/58*100 = 19.48%

3. บทสรุป

จากข้อมูลทั้งหมด จะเห็นว่าการสร้างเครื่องปรับอากาศใช้ R-22 เทียบกับการใช้โปรเพน ประสิทธิภาพมีโอกาสลดลงหรือเสียค่าไฟฟ้าตลอดปีเพิ่มขึ้น 2% ถึง 13.5% โดยที่การทำความเย็นลดลงประมาณ 16% ถึง 20% ส่วนในกรณีเครื่องปรับอากาศเดิมใช้ R-22 เปลี่ยนเป็นใช้โปรเพน เนื่องจากขนาดทำความเย็นลดลง 16% ก็เปรียบเหมือนทำให้พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของ Evaporator และ Condenser เพิ่มขึ้นอย่างละ 16% การเพิ่มนี้จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้เชื่อว่าการเพิ่มไม่น่าจะเกิน 5% นั่นก็หมายถึงว่ามีความเป็นไปได้ว่า การเปลี่ยนเป็นโปรเพนอาจจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้สูงสุดประมาณ 5-2 = 3% ซึ่งเป็นค่าไม่มาก ด้วยเหตุผลนี้ผู้เขียนไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งที่จะเปลี่ยนเป็นโปรเพน นอกจากเป็นเชื้อเพลิงที่อันตรายมากมาย เมื่อเทียบกับ R-22 ยิ่งไปกว่านั้นการเปลี่ยนมักจะปล่อย R-22 ทิ้งให้ไปทำลายโอโซนทันทีถ้าไม่เปลี่ยนมันยังอยู่ในระบบและมีโอกาสจะอยู่ได้นานถึง 10 ปี ซึ่งเมื่อถึงเวลานั้น เราอาจจะมีเทคโนโลยีใหม่ที่มีราคาถูกมากๆ ในการทำลายมันหรือป้องกันไม่ให้มันออกไปทำลายโอโซน ถ้าพูดถึง GWP (Global Warming Potential) 1700-1900 มันอยู่ในเครื่องของมันอยู่แล้วจึงไม่เกี่ยวโดยตรง แต่ทางอ้อมก็คือ COP ซึ่งมันดีกว่าโปรเพนหรือถ้าด้อยกว่าก็ไม่เกิน 3% จึงไม่สมควรนำมาเป็นขออ้างในการเปลี่ยน สิ่งที่สำคัญอีกอย่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนอายุการใช้งานประมาณ 8-10 ปี ซึ่งไม่มีเหตุผลที่จะไปเปลี่ยนเลย

ในการพิสูจน์ความจริงง่ายมากเพียงหาเครื่องขนาดประมาณ 1-2 TR(3.5-7.0 kWR) ส่งให้สถาบันที่เชื่อถือได้ทดสอบในห้องทดสอบ (Calory Meter Room) ตามมาตรฐาน โดยตอนแรกใช้ R-22 ทดสอบหาค่าขนาดทำความเย็นและ COP จากนั้นเปลี่ยนเป็นโปรเพนทดสอบหาค่าดังกล่าวเช่นกัน ก็จะได้ความจริงที่ต้องการ การทดสอบที่มักจะเชื่อถือไม่ได้คือ การสร้างเครื่องมือทดสอบตามใจชอบ หรือทดลองจากสถานที่จริง

เอกสารอ้างอิง

1] ASHRAE Handbook, Fundamentals : 2001

2] CoolPack version 1.46, Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark

3] MYCOM copressor recipro copressor single stage

4] Comsel-Grasso Compressor selection software version 3.4.00

5] Propane properties, CATT2 Coputer-Aided Thermodynamic Tables by R. Sonntag/ C.Borgnakke/G.V. Wylen

ตารางอ้างอิงที่ 1

Table 8 Comparative Refrigerant Performance per Kilowatt at Various Evaporating and Condensing Temperatures *(Continued)*

Refrigerant No.	Chemical Name or Composition (% by mass)	Suction Temp., K	Evaporator Pressure, MPa	Condenser Pressure, MPa	Compression Ratio	Net Refrigerating Effect, kJ/kg	Refrigerant Circulated, g/s	Specific Volume of Suction Gas, m^3/kg	Compressor Displacement, L/s	Power Consumption, kW
C. 213 K Saturated Evaporating, 0 K Suction Superheat, 258 K Saturated Condensing *(Concluded)*										
404A	R125/143a/134a (44/52/4)	213	0.049	0.368	7.51	151.76	6.59	0.357	2.361	0.258
507A	R125/143a (50/50)	213	0.052	0.381	7.33	147.54	6.78	0.333	2.265	0.258
508A	R-23/116 (39/61)	213	0.392	1.847	4.71	81.95	12.20	0.0401	0.490	0.311
508B	R-23/116 (46/54)	213	0.392	1.862	4.75	88.90	12.49	0.0421	0.475	0.307
D. 233 K Saturated Evaporating, 0 K Suction Superheat, 293 K Saturated Condensing										
744	Carbon dioxide	233	1.005	5.726	5.70	179.50	5.57	0.0383	0.213	0.469
125	Pentafluoroethane	233	0.150	1.202	8.03	87.16	11.47	0.1021	1.171	0.416
290	Propane	233	0.110	0.835	7.57	277.61	3.60	0.3821	1.376	0.354
22	Chlorodifluoromethane	233	0.105	0.910	8.65	164.21	6.09	0.2048	1.247	0.341
717	Ammonia	233	0.071	0.853	11.99	1114.5	0.90	1.5860	1.400	0.335
12	Dichlorodifluoromethane	233	0.064	0.567	8.84	114.91	8.70	0.2426	2.112	0.339
134a	Tetrafluoroethane	233	0.051	0.569	11.23	146.7	6.82	0.3645	2.485	0.339
410A	R-32/125 (50/50)	233	0.176	1.440	8.18	173.09	5.78	0.142	0.834	0.348
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	233	0.097	0.957	9.87	163.61	6.11	0.225	1.375	0.344
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	233	0.134	1.096	8.18	114.82	8.71	0.140	1.220	0.368
507A	R-125/143a (50/50)	233	0.141	1.127	7.99	110.89	9.02	0.131	1.187	0.370
E. 250 K Saturated Evaporating, 0 K Suction Superheat, 310 K Saturated Condensing										
124	Chlorotetrafluoroethane	250	0.062	0.543	8.74	105.75	9.46	0.2379	2.250	0.340
134a	Tetrafluoroethane	250	0.115	0.934	8.09	133	26.4	0.1678	4.433	0.328
12	Dichlorodifluoromethane	250	0.134	0.891	6.64	105.80	9.45	0.1221	1.154	0.330
717	Ammonia	250	0.165	1.423	8.63	1077.23	3.27	0.7345	2.367	0.309
22	Chlorodifluoromethane	250	0.218	1.390	6.37	150.09	6.66	0.1033	0.698	0.326
502	R-22/115 (48.8/51.2)	250	0.260	1.563	6.01	91.91	10.88	0.0662	0.720	0.391
125	Pentafluoroethane	250	0.301	1.867	6.21	73.70	13.57	0.0525	0.712	0.444
410A	R-32/125 (50/50)	250	0.353	2.286	6.48	150.49	6.64	0.0733	0.488	0.355
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	250	0.205	1.551	7.57	145.26	6.88	0.111	0.765	0.345
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	250	0.269	1.731	6.43	96.80	10.33	0.0721	0.747	0.385
507A	R-125/143a (50/50)	250	0.280	1.776	6.34	92.94	10.76	0.0681	0.734	0.389
F. 250 K Saturated Evaporating, 41 K Suction Superheat (Including Refrigeration Effect), 310 K Saturated Condensing										
123	Dichlorotrifluoroethane	291	0.010	0.139	13.5	157.07	22.38	1.5302	34.25	0.291
11	Trichlorofluoromethane	291	0.013	0.158	11.73	167.61	20.97	1.3140	27.55	0.291
124	Chlorotetrafluoroethane	291	0.062	0.543	8.74	133.95	7.47	0.2800	2.090	0.312
134a	Tetrafluoroethane	291	0.155	0.934	8.09	166.58	21.10	0.1998	4.217	0.313
12	Dichlorodifluoromethane	291	0.134	0.891	6.64	130.33	7.67	0.1451	1.113	0.318
717	Ammonia	291	0.164	1.423	8.63	1162.31	3.02	0.8503	2.567	0.335
22	Chlorodifluoromethane	291	0.218	1.390	6.37	177.29	5.64	0.1237	0.698	0.330
502	R-22/115 (48.8/51.2)	291	0.260	1.563	6.01	119.81	8.35	0.0796	0.665	0.361
125	Pentafluoroethane	291	0.301	1.867	6.21	105.80	9.45	0.0636	0.601	0.366
410A	R-32/125 (50/50)	291	0.353	2.286	2.28	187.23	5.34	0.0898	0.481	0.351
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	291	0.205	1.551	7.57	180.22	5.55	0.1330	0.741	0.336
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	291	0.269	1.731	6.43	133.24	7.51	0.0878	0.660	0.347
507A	R-125/143a (50/50)	291	0.280	1.776	6.34	129.23	7.74	0.0830	0.644	0.349
G. 277 K Saturated Evaporating, 0 K Suction Superheat, 310 K Saturated Condensing										
125	Pentafluoroethane	277	0.756	1.858	2.46	84.51	11.83	0.0210	0.249	0.165
290	Propane	277	0.533	1.272	2.39	279.91	3.57	0.0863	0.308	0.145
22	Chlorodifluoromethane	277	0.566	1.390	2.46	160.57	6.23	0.0415	0.258	0.142
717	Ammonia	277	0.494	1.423	2.88	1120.41	3.13	0.2606	0.817	0.137
500	R-12/152a (73.8/26.2)	277	0.413	1.053	2.55	141.50	7.07	0.0501	0.354	0.145
12	Dichlorodifluoromethane	277	0.352	0.891	2.53	117.99	8.48	0.0493	0.417	0.145
134a	Tetrafluoroethane	277	0.336	0.934	2.78	149.15	23.57	0.0608	1.433	0.144
124	Chlorotetrafluoroethane	277	0.188	0.543	2.89	126.55	7.90	0.0840	0.663	0.141
600a	Isobutane	277	0.181	0.493	2.73	270.81	3.69	0.2072	0.765	0.145
600	Butane	277	0.119	0.347	2.91	301.82	3.31	0.3170	1.050	0.141
11	Trichlorofluoromethane	277	0.047	0.156	3.33	158.67	22.15	0.3484	7.717	0.133
123	Dichlorotrifluoroethane	277	0.039	0.139	3.57	146.61	23.97	0.3750	9.083	0.135
113	Trichlorotrifluoroethane	277	0.018	0.070	3.87	127.46	7.85	0.6720	5.274	0.134
410A	R-32/125 (50/50)	277	0.916	2.286	2.5	160.67	6.22	0.0284	0.177	0.153
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	277	0.581	1.551	2.67	159.54	6.27	0.0404	0.254	0.148

ตารางอ้างอิงที่ 2

CYCLE SPECIFICATION

TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGE		REFRIGERANT
T_E [°C] : 5.0	ΔT_{SH} [K] : 5	Δp_{SL} [K] : 0.5		No SGHX	0.30	R22
T_C [°C] : 45.0	ΔT_{SC} [K] : 2	Δp_{DL} [K] : 0.5				

CYCLE CAPACITY					
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]	5	$\dot{Q}_E$: 5 [kW]	$\dot{Q}_C$: 6.136 [kW]	$\dot{m}$: 0.03183 [kg/s]	$\dot{V}_S$: 4.86 [m^3/h]
COMPRESSOR PERFORMANCE					
Isentropic efficiency η_{IS} [-]	0.76	η_{IS} : 0.760 [-]	$\dot{W}$: 1.22 [kW]		
COMPRESSOR HEAT LOSS					
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 76.5 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$: 0.122 [kW]	
SUCTION LINE					
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	$\dot{Q}_{SL}$: 29 [W]	T_8 : 11.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]	COP : 4.098

CYCLE SPECIFICATION

TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGE		REFRIGERANT
T_E [°C] : 5.0	ΔT_{SH} [K] : 5	Δp_{SL} [K] : 0.5		No SGHX	0.30	R290
T_C [°C] : 45.0	ΔT_{SC} [K] : 2	Δp_{DL} [K] : 0.5				

CYCLE CAPACITY					
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]	5	$\dot{Q}_E$: 5 [kW]	$\dot{Q}_C$: 6.163 [kW]	$\dot{m}$: 0.01825 [kg/s]	$\dot{V}_S$: 5.77 [m^3/h]
COMPRESSOR PERFORMANCE					
Isentropic efficiency η_{IS} [-]	0.75	η_{IS} : 0.750 [-]	$\dot{W}$: 1.238 [kW]		
COMPRESSOR HEAT LOSS					
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 58.4 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$: 0.1238 [kW]	
SUCTION LINE					
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	$\dot{Q}_{SL}$: 39 [W]	T_8 : 11.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]	COP : 4.037

ตารางอ้างอิงที่ 3

MYCOM RECIPRO COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE(BOOSTER)

REFRIGERANT	R22	
		1
MODEL	F2WA2	B
CAPACITY	[kW]	58.0
CAPACITY	[TR]	16.5
ABSORBED POWER	[kW]	12.8
SPEED	[Rpm]	1000
LOAD	[%]	100
CONDENSING TEMP.	[degC]	45.0
EVAPORATIVE TEMP.	[degC]	5.00
SUCTION SUPERHEAT	[degC]	5.00
LIQUID SUBCOOLING	[degC]	2.00
SUCTION TEMP.	[degC]	10.0
SUCTION PRES.	[MPaA]	0.584
DISCHARGE PRES.	[MPaA]	1.73
SUCTION PRES.LOSS	[MPaA]	0.000
DISCHARGE PRES.LOSS	[MPaA]	0.000
SWEPT VOLUME	[m3/h]	64.6
DISCHARGE TEMP.	[degC]	76.1
REFRIG. FLOW RATE(SUC.)	[m3/h]	56.8
REFRIG. FLOW RATE(DIS.)	[m3/h]	22.5
REFRIG. FLOW RATE(SUC.)	[Kg/h]	1370
REFRIG. FLOW RATE(DIS.)	[Kg/h]	1370
OIL HEAT REJECTION	[kW]	0.35
COP	[-]	4.53

--- SUPERHEAT in not counted in refrigeration capacity ---

--- WITH DIRECT-EXPANSION OIL COOLER ---

--- "B" IN MODEL MEANS BALL BEARING TYPE EXECUTION. ---

ตารางอ้างอิงที่ 3 (ต่อ)

MYCOM RECIPRO COMPRESSOR PERFORMANCE SINGLE STAGE(BOOSTER)

REFRIGERANT	PROPANE	
		1
MODEL	P2WA	B
CAPACITY	[kW]	46.7
CAPACITY	[TR]	13.3
ABSORBED POWER	[kW]	11.7
SPEED	[Rpm]	1000
LOAD	[%]	100
CONDENSING TEMP.	[degC]	45.0
EVAPORATIVE TEMP.	[degC]	5.00
SUCTION SUPERHEAT	[degC]	5.00
LIQUID SUBCOOLING	[degC]	2.00
SUCTION TEMP.	[degC]	10.0
SUCTION PRES.	[MPaA]	0.547
DISCHARGE PRES.	[MPaA]	1.55
SUCTION PRES.LOSS	[MPaA]	0.000
DISCHARGE PRES.LOSS	[MPaA]	0.000
SWEPT VOLUME	[m3/h]	64.6
DISCHARGE TEMP.	[degC]	57.1
REFRIG. FLOW RATE(SUC.)	[m3/h]	54.0
REFRIG. FLOW RATE(DIS.)	[m3/h]	21.1
REFRIG. FLOW RATE(SUC.)	[Kg/h]	618
REFRIG. FLOW RATE(DIS.)	[Kg/h]	618
OIL HEAT REJECTION	[kW]	0.35
COP	[-]	3.98

--- SUPERHEAT in not counted in refrigeration capacity ---

--- WITH WATERCOOLED OIL COOLER ---

--- "B" IN MODEL MEANS BALL BEARING TYPE EXECUTION. ---