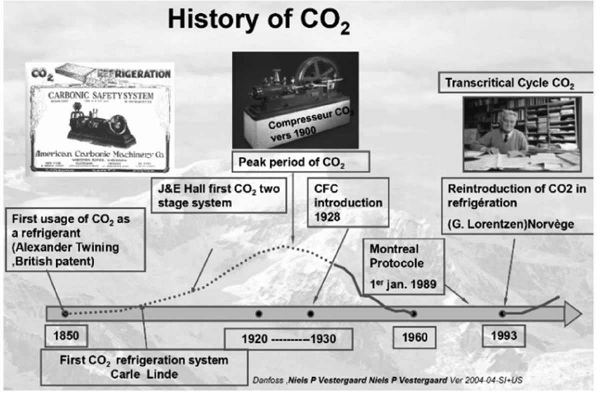
CO_2 Transcritical และ Low Charge System

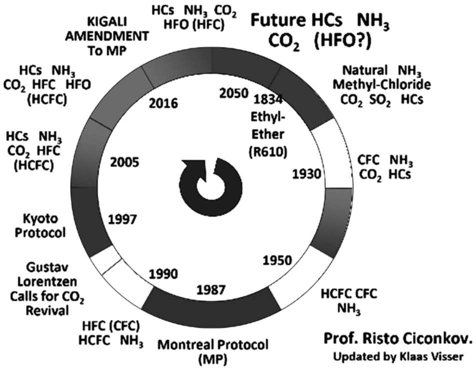
อภิชิต ล้ำเลิศพงศ์พนา
กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไอ.ที.ซี. (1993) จำกัด
apichit.lpana@itc-group.co.th

จากปัญหาของสารทำความเย็น ที่เกิดการเจาะทะลุชั้นบรรยากาศของโลก (ODP) และปัญหาโลกร้อนขึ้น (GWP) ตั้งแต่การประกาศของ Montreal Protocol เพื่อช่วยกันลดเลิกสารทำความเย็นที่มีปัญหาต่อชั้นบรรยากาศของโลกเมื่อปี ค.ศ.1989, 29 ปีที่ผ่านมานั้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์และนักวิชาการได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาสารทำความเย็นตัวใหม่ให้มาใช้ทดแทนอย่างเร่งด่วน จนขณะนี้ก็ยังหาข้อสรุปที่ดีไม่ได้ แต่ที่แน่นอนที่สุด กลุ่มน้ำยาธรรมชาติทั้ง 5 ตัวนี้จะคงอยู่อย่างถาวร คือ น้ำ(H_2O) อากาศ(Air) แอมโมเนีย(NH_3) คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) และกลุ่มไฮโดรคาร์บอน (HC) โดยในช่วงระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำสารทำความเย็น CO_2 ซึ่งมีค่า GWP=1 มาศึกษาเพิ่มเติมและพัฒนาอย่างจริงๆจังๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง จากประวัติการใช้ CO_2 เริ่มมีการใช้มาเมื่อปี ค.ศ.1850 (168 ปีที่แล้ว) ช่วง Peak สูงสุด อยู่ระหว่าง ค.ศ.1920-1930 ก่อนที่จะมีสาร CFC มาใช้ทดแทน (รูปที่ 1a) ดูแนวโน้มแล้วการย้อนกลับมาใช้(รูปที่ 1b) CO_2 น่าจะมีอนาคตที่สดใสและเป็นตัวเลือกอันดับต้นๆ และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในขณะนี้ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศยุโรป

ในช่วงแรกของการนำ CO_2 กลับมาใช้จะเป็นแบบ Cascade system คือจะใช้สารทำความเย็นสองชนิดที่แตกต่างกัน โดยมี Heat Exchanger เป็นตัวแยกสารทำความเย็นที่ต่างชนิดกัน ด้าน High Stage จะเป็นน้ำยาหนึ่งตัว ส่วนด้าน Low stage (Booster) ก็จะเป็นสารทำความเย็น CO_2 มีทั้งการใช้ CO_2 เป็นวัฏจักรทำความเย็น(Refrigeration Cycle) โดยตรง หรือนำมาเป็นลักษณะของ Brine หมุนเวียนตามรูปที่ 2a, 2b



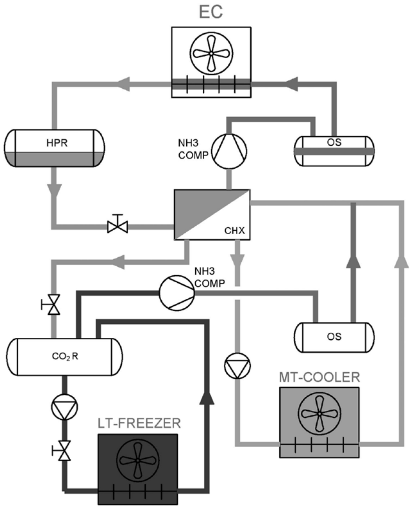
รูปที่ 1a History of CO_2



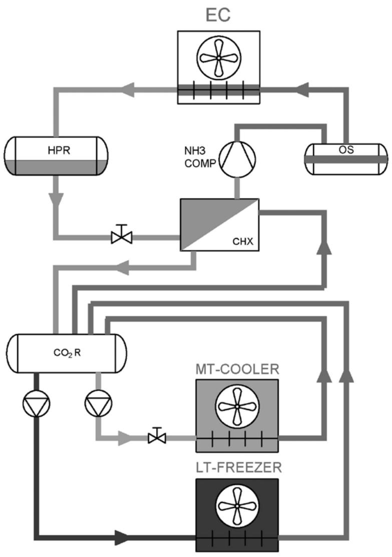
รูปที่ 1b Return Circle of CO_2

ในระยะแรก ได้มีการศึกษาค้นคว้าและพบว่าระบบ NH_3/CO_2 Cascade System จะมี COP ที่ดีกว่าระบบ Two Stage ที่ใช้น้ำยาแอมโมเนียเฉพาะช่วงที่มีอุณหภูมิของไอระเหยที่ต่ำกว่า -45 deg.C เท่านั้น น้ำยาแอมโมเนียนี้มีค่า GWP=0 ปกติจะใช้อยู่ในโรงงานที่ผลิตอาหารแช่แข็ง และโรงน้ำแข็งขนาดใหญ่เท่านั้น แต่การพัฒนาระบบ CO_2 ได้ดำเนินการต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง ทำให้ได้ค่า COP ดีขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ ช่วงของอุณภูมิไอระเหย จนทำให้มีการพัฒนาระบบ CO_2 Transcritical ขึ้นมาทดแทนระบบ CO_2 Subcritical มากขึ้นเรื่อยๆ แถมมีคำศัพท์เกิดขึ้นมาใหม่เรียกว่า Low Charge System เพื่อที่จะสามารถใช้ในที่ชุมชนได้โดยลดเกิดความเสี่ยงของน้ำยารั่วไหล โดยการจำกัดปริมาณน้ำยาที่มีกลิ่นฉุน เช่น NH_3 หรือน้ำยาที่ติดไฟได้ เช่น กลุ่ม HC ได้มีการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำยาของระบบที่แตกต่างกันดังนี้ ตามรูปที่ 3

ระบบ CO_2 ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นระบบโดยการร่วมกันระหว่างผู้ผลิต Compressor, ผู้ผลิต Fin Tube Heat exchanger, ผู้ผลิตวาล์วปิดเปิด วาล์วควบคุม ท่อทองแดงชนิดพิเศษ(K65) รวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถทนความดันได้สูง จนทำให้สามารถใช้ระบบ CO_2 Transcritical ได้สะดวกขึ้น นั่นหมายถึงระบบ CO_2 จะใช้สารทำความเย็นเพียงตัวเดียวตลอดทั้งวงจร ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน แต่จะมีความดันค่อนข้างสูงประมาณ 100 Barg (1,450



รูปที่ 2a NH_3/CO_2 Cascade



รูปที่ 2b NH_3/CO_2 Brine

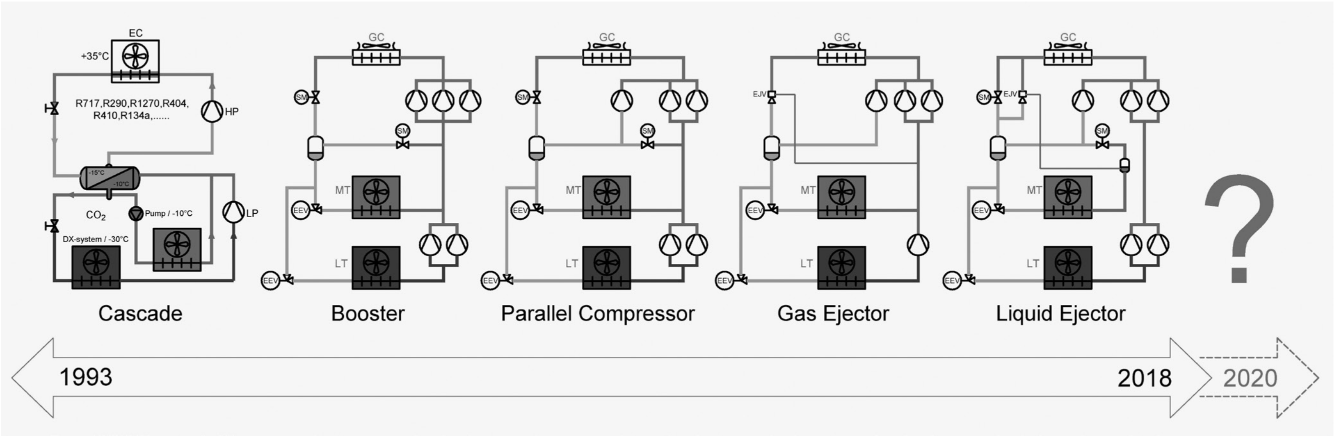
Expected energy savings, NH_3 charge reduction and other parameters.

System	NH_3 charge	Power installed	Investment cost	Maintenance cost
Pump Circulation	23 lb/TR	2.5 kW/TR	$7,000/TR	-
Direct Expansion	7.5 lb/TR	2.5 kW/TR	$6,800/TR	Even
NH_3/CO_2 Cascade	6 lb/TR	2.5 kW/TR	$7,400/TR	Even
NH_3/CO_2 Brine	6 lb/TR	2.5 kW/TR	$7,400/TR	Even
DX-Package Air cooled	4.3 lb/TR	2.6 kW/TR	$7,400/TR	Less
DX-Package Water cooled	0.51 lb/TR	2.4 kW/TR	$7,200/TR	Less

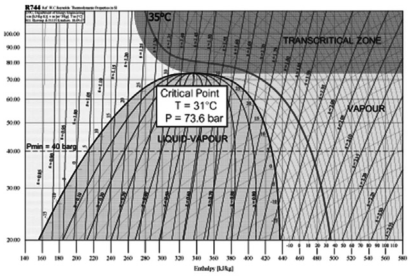
รูปที่ 3

psig) ส่วนเครื่องอัดน้ำยาและอุปกรณ์ต่างๆ ก็ได้ออกแบบการทนความดันไว้ที่ 150 Barg (2,175 psig) การที่ COP สูงขึ้นจนเท่ากับหรือดีกว่าสารทำความเย็นชนิด CFC, HCFC และ HFC เดิมจึงเกิดการพัฒนาของระบบ CO_2 ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4

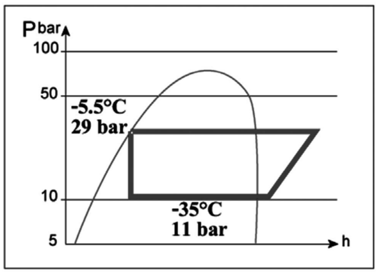
ความแตกต่างของการพัฒนาจาก Subcritical ที่เป็น NH_3/CO_2 Subcritical, CO_2 Subcritical ไปสู่ CO_2 Transcritical ตาม Graph ของ P-h diagram ดังรูปที่ 5a, 5b, 5c



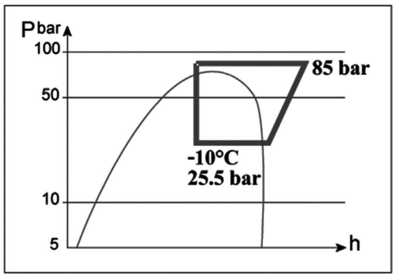
รูปที่ 4



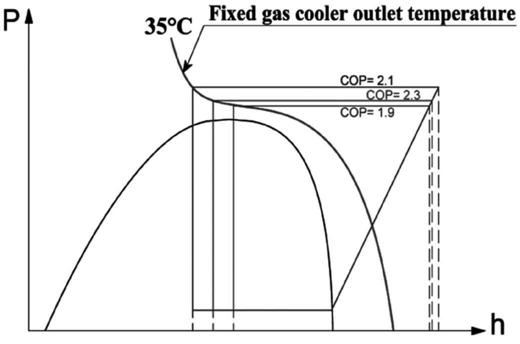
รูปที่ 5a



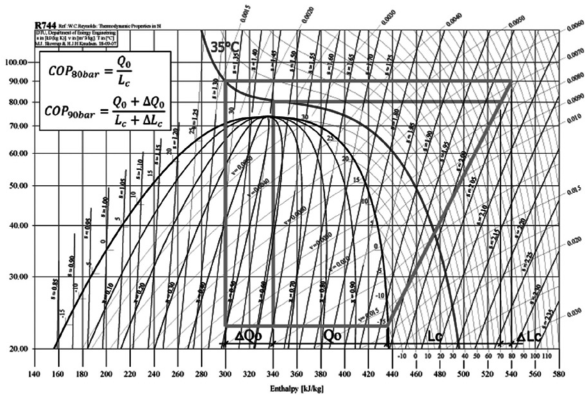
รูปที่ 5b



รูปที่ 5c



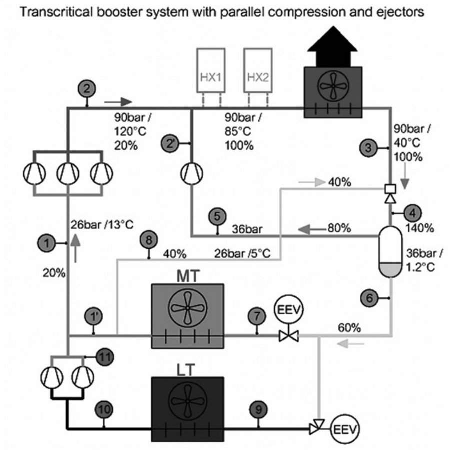
รูปที่ 6a

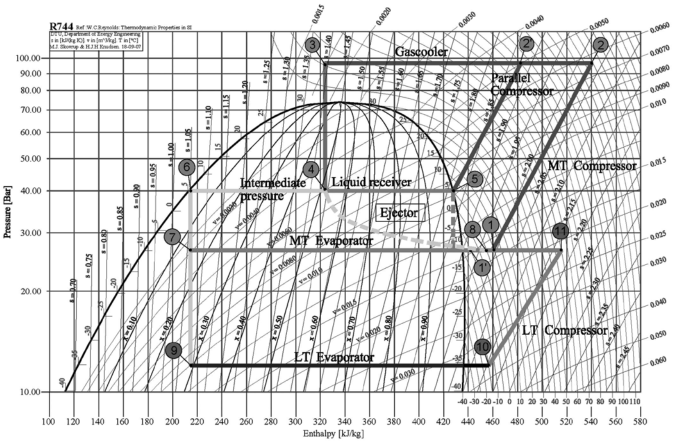


รูปที่ 6b

จากการพัฒนายังพบว่าระบบ CO_2 Transcritical ค่าความดันของ Discharge ที่มีความดันต่ำกลับพบว่า COP มิได้ดีขึ้น หรือแม้แต่ค่าความดันของ Discharge ที่สูงขึ้นก็กลับแย่ลงเช่นกัน ดังนั้น CO_2 จะมีค่า Optimum ของ COP อยู่ดังรูปที่ 6a จะเห็นว่าค่าของความต่างของ Compression Work (ΔL_c) มีค่าน้อยกว่าความต่างของค่า Refrigeration effect (ΔQ_0) ดังรูปที่ 6b

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าการพัฒนาของระบบ CO_2 ที่เป็นระบบ Gas Ejector ก็พอที่จะเขียนให้อยู่ในรูปของ P-h Diagram เพื่อให้เข้าใจง่ายว่า พลังงานที่ใช้จะลดลงได้เมื่อใช้ระบบ Gas Ejector ร่วมกับ Parallel Compressor ตามรูปที่ 7a และ 7b เนื่องจากสามารถช่วยลดขนาดของ Compressor ด้าน High Stage (Medium temp) ลงได้





รูปที่ 7a และ 7b

จากการที่ผู้ผลิตและนักวิทยาศาสตร์ร่วมกันพัฒนาที่ไม่หยุดยั้ง ทำให้ระบบ CO_2 Transcritical มิได้หยุดเพียงเท่านี้ ยังได้มีการพัฒนาต่อไปโดยการใช้ Liquid Ejector, การใช้ระบบ Heat Exchangers มาทำการ Sub-cooled Gas/Liquid CO_2 ให้ขนานไปกับเส้น Saturated Liquid ก็จะทำให้มี COP ที่สูงขึ้นได้อีก คงอีกไม่นานเกินรอแล้วที่จะมีสารทำความเย็นที่เป็นธรรมชาติอย่าง CO_2 ที่มีค่า ODP=0 และ GWP=1 เข้ามาใช้ทดแทนสารทำความเย็นที่เป็น Interim อยู่ในขณะนี้ อย่างเช่น R-134a, R-410a, R-404a/R-507, R-407F ฯลฯ ได้ในที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1) Low Ammonia Charge Refrigeration Sytems for Cold Storge October 2014 (Version 1), IARW & IACSC
2) Danfoss Company's CO_2 transcritical and Subcritical Catalog and Brochure.
3) Carel Company's CO_2 transcritical and Subcritical Catalog and Brochure
4) PPT of Mr.Klaas Visser, KAV Consulting PTY. LTD. .Australia
5) PPT of Mr.Inderpal Saund, Beijer Ref Australia