TSF-2004

สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเก่าเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น จาก R22 เป็น R422B

Performance of an existing air conditioner when switching refrigerant from R22 to R422B

รจนา ประไพนพ*, ณัฐกิตต์ ขันแสง, วิษณุ แสงสุรศักดิ์ และ สุทัศน์ นิยมวัน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
* ติดต่อ: E-mail sfengrcp@src.ku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-3835-4580 ต่อ 2844, เบอร์โทรสาร 0-3835-4849

บทคัดย่อ

สารทำความเย็น R22 ถูกใช้งานในระบบปรับอากาศแบบอัดไออย่างแพร่หลายแต่มีปัญหาการทำลายโอโซนทำให้ต้องถูกยกเลิกตามสนธิสัญญามอนทรีออล สำหรับเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ (ชุดอุปกรณ์ใหม่)ได้ถูกเปลี่ยนสารทำความเย็นเป็นสารไม่ทำลายโอโซน เช่น R410A แล้ว อย่างไรก็ตามสารชนิดนี้ไม่สามารถนำไปใช้กับเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่เคยใช้ R22 ได้โดยตรง หลายปีที่ผ่านมามีการเสนอสารที่สามารถใช้ทดแทน R22 ในระบบเดิมได้เช่น R407C แต่ยังมีปัญหาคือต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ทำให้มีการพัฒนาสารทำความเย็นที่สามารถทดแทน R22 ในชุดอุปกรณ์เดิมได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น (ดรอป-อิน, drop-in) ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ R422B (R125/R134a/R600a: 55/42/3% โดยน้ำหนัก) บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเก่า (ขนาด 12,000 BTU/h) หลังจากเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 เป็น R422B ด้วยการใช้ห้องปรับภาวะอากาศ (psychrometric test room) โดยทดสอบที่ค่าอุณหภูมิลมเข้าคอล์ยเย็นที่ 27°C DB/19°C WB และลมเข้าคอนเดนซิ่งยูนิตที่ 35°C และมีการปรับปริมาณบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบที่ 0.915, 1.15, 1.45 และ 1.65 กิโลกรัม ผลที่ได้คือที่ปริมาณสารทำความเย็นเท่ากัน R422B มีค่าวิสัยสามารถในการทำความเย็น (Q) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) น้อยกว่า R22 โดย Q ของ R422B น้อยกว่า R22 อยู่ระหว่าง 22.32-46.47% และ COP ของ R422B น้อยกว่า R22 อยู่ระหว่าง 23.76-49.97% ทั้งนี้ R422B จะสามารถให้ค่า Q ใกล้เคียงกับ R22 ได้เมื่อบรรจุปริมาณสารทำความเย็นมากกว่า R22

คำหลัก: การปรับอากาศ การเปรียบเทียบ การทดสอบ สารทำความเย็น สมรรถนะ, ดรอป-อิน

Abstract

Refrigerant 22 (or R22) has been used widely in air conditioning systems, however it still can deplete the ozone in the stratosphere, hence it is forced to be phased out by the Montreal Protocol. For new system design, R22 is normally replaced by R410A which has zero ozone depleting potential. Nevertheless, R410A cannot replace R22 in existing systems directly (or drop-in). For several years, R407C has been proposed as R22 retrofit replacement with the need of changing the lubricant oil. Then there are many efforts seeking for alternative refrigerants to replace R22 as drop-in without changing the lubricant oils. R422B (R125/R134a/R600a: 55/42/3%wt.) is one of suggested refrigerants for drop-in replacement.

This paper is to show the performance of R22 air conditioner when switching to R422B as drop-in. The nominal capacity of the testing unit is about 12000 BTH/h. The test was performed in the psychrometric test room by setting the indoor room temperature at 27°C DB/19°C WB and the outdoor room temperature at 35°C. The refrigerant was charged from 0.915 kg, 1.15 kg, 1.45 kg to 1.65 kg. It was found that at the same refrigerant quantity, the refrigeration capacity (Q) for R422B are smaller than those for R22 about 22.32-46.47% and the coefficient of performance (COP) for R422B are smaller than those for R22 about 23.76-49.97%. R422B can provide similar capacity as R22 only when charging more refrigerant than that for R22.

***Keywords**: air conditioning, comparison, test, refrigerant, performance, drop-in*

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบอัดไอเป็นระบบทำความเย็นและปรับอากาศที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากสมรรถนะดีที่สุด สารทำความเย็นที่ใช้ในระบบอัดไอในอดีตเคยเป็น CFCs (chlorofluorocarbons) แต่เนื่องจาก CFCs มีศักยภาพในการทำลายโอโซนได้มากหากถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศจึงได้ถูกเลิกใช้ไปแล้วตามสนธิสัญญามอนทรีออล HCFCs (hydro-chlorofluorocarbons) ยังคงสามารถทำลายโอโซนได้แต่ในระดับที่น้อยกว่า CFCs จึงได้ถูกอนุโลมให้ใช้ต่อไปอีกระยะหนึ่ง HCFC22 หรือ R22 เป็นหนึ่งใน HCFCs ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่ถูกใช้งานสำหรับขนาดการทำความเย็นและการปรับอากาศหลากหลายขนาดอย่างแพร่หลาย แต่จากสนธิสัญญาดังกล่าวประเทศพัฒนาแล้วจึงได้ทยอยยกเลิกใช้ R22 มาตั้งแต่ พ.ศ. 2539 (ค.ศ.1996) แล้ว ส่วนประเทศกำลังพัฒนา (ซึ่งรวมถึงประเทศไทย) จะเริ่มทยอยยกเลิกการใช้ R22 ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2556 (ค.ศ. 2013) [1]

ตามกำหนดการในสนธิสัญญา แม้ยังอนุญาตให้ใช้สารนี้เติมในระบบเดิมได้บ้าง แต่เนื่องจากจะทยอยยกเลิกการผลิตสารออกมาใหม่ ดังนั้นในอนาคตสารนี้จะหาได้ยากขึ้น โดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานกว่า 15 ปี หากเพียงสารทำความเย็นรั่วจากระบบไป การเติมสารทำความเย็นทดแทนในระบบเดิมที่มีอยู่จะเป็นการประหยัดต้นทุนกว่าการเปลี่ยนเครื่องใหม่ทั้งชุดโดยต้องคำนึงถึงเรื่องขสมรรถนะของระบบให้ยังคงได้ค่าตามต้องการ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีสารทำความเย็นให้เลือกอยู่มากมาย การทำความเข้าใจการเปรียบเทียบสารทำความเย็นทั้งทางปฏิบัติและทฤษฎีจึงเป็นสิ่งจำเป็น

ที่ผ่านมามีการเปรียบเทียบ R22 กับสารทำความเย็นทดแทนหลายชนิด เช่น R407C [2], R417A [3], R422 series [4], R438A [5] เป็นต้น โดย R407C ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเป็น POE ซึ่งราคาแพงกว่าและเพิ่มความยุ่งยากในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน ส่วน R417A, R422 series, R438A มีส่วนประกอบของไฮโดรคาร์บอนอยู่เล็กน้อยจึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น

R422 series ประกอบด้วย HFC-125/ HFC-134a/HC-600a โดยชื่อท้าย A, B, C, D ต่างกันที่อัตราส่วนของส่วนประกอบ โดยเมื่อเทียบในสี่ตัว (R422A, R422B, R422C, R422D) นี้ R422B (ซึ่งมี HFC125/ HFC134a/HC600a อยู่ 55/42/3% โดยน้ำหนัก) มีค่า global warming potential ต่ำสุด [6] เมื่อเปรียบเทียบตามทฤษฎีที่อุณหภูมิใช้งานเท่ากัน R422B มีความดันไอใกล้เคียงกับ R22 อัตราส่วนการอัดไอ (pressure ratio) สูงกว่าแต่อุณหภูมิทางออกที่คอมเพรสเซอร์ต่ำกว่า R22 วิสัยสามารถ (cooling capacity) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ หรือ COP (coefficient of performance) น้อยกว่า R22 [6] อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจะมีผลจากอุปกรณ์ใช้และสภาวะที่แท้จริงทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองอาจต่างจากค่าตามทฤษฎี

TSF-2004

บทความนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อแสดงผลทดสอบของสมรรถนะ (วิสัยสามารถการทำความเย็นและสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ เป็นต้น) ของเครื่องปรับอากาศเก่า (ผ่านการใช้งานมาประมาณ 10 ปีแล้ว) ก่อนและหลังการเปลี่ยนสารทำความเย็นแบบดรอป-อิน (drop-in) (ไม่ได้เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นหรืออุปกรณ์อื่นใดในระบบ เป็นการทดแทนสารทำความเย็นเท่านั้น) โดยทำการทดสอบในห้องปรับภาวะอากาศ (psychrometric test room) สารทำความเย็นที่ถูกทดสอบ คือ R22 และ R422B ที่ปริมาณสารทำความเย็นต่างๆกัน

2. สมบัติของสารทำความเย็น R22 และ R422B

สมบัติของสารทำความเย็น R22 และ R422B ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบสมบัติของสารทำความเย็น R22 กับ R422B [7]

คุณสมบัติต่างๆ	R-22	R-422B
ส่วนประกอบ	Chlorodifluoromethane	R125/R134a/R600a* (55.0/42.0/3.0% by mass)
น้ำหนักโมเลกุล (g/mol)	86.4684464	108.51787
จุดเดือด ณ ความดันบรรยากาศ (°C)	-40.8	-41.3
ความหนาแน่น ณ สภาวะของเหลวอิ่มตัว (kg/m^3)	1409	1398
ความหนาแน่น ณ ภาวะไออิ่มตัว (kg/m^3)	4.70	5.82
ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ที่ normal boiling point (kJ/kg)	233.8	195.7
ความดันไออิ่มตัว ณ 60 °C (KPa)	2427	2346
อุณหภูมิวิกฤติ (°C)	96.1	83.2
ความดันวิกฤติ (KPa)	4990	3958
มาตรฐานความปลอดภัย ASHRAE	A1	A1
ความสามารถในการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) 120 yr to CO_2	1810	2500

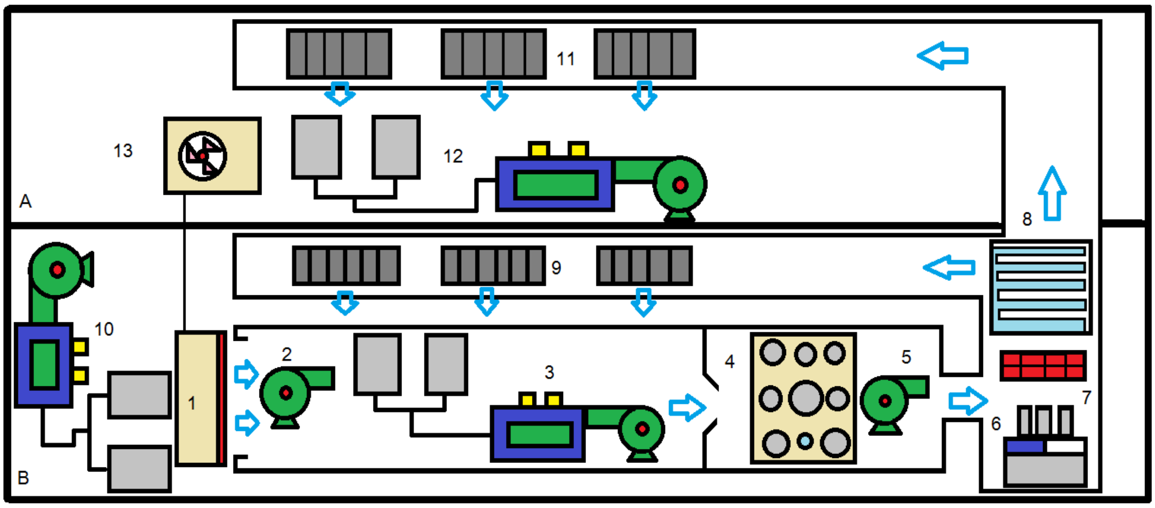
หมายเหตุ * boiling point ของ R125, R134a และ R600a เท่ากับ −48, −26.6 และ −11.6 °C ตามลำดับ

3. ห้องทดสอบ อุปกรณ์ และภาวะที่ใช้ทดสอบ

ห้องปฏิบัติการที่ใช้ทดสอบเครื่องปรับอากาศในงานวิจัยนี้คือห้องทดสอบปรับภาวะอากาศ (Psychrometric test room) โดยผลิตภัณฑ์ที่ถูกทดสอบเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

ภายในห้องทดสอบนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 โซน คือ ภายในห้องปรับอากาศ (ด้านคอล์ยเย็น) และภายนอกห้องปรับอากาศ (ด้านคอนเดนซิ่งยูนิต) ค่าที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ วิสัยสามารถในการทำความเย็น (cooling capacity), กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (work input), กระแสไฟฟ้า (current), แรงดันไฟฟ้า (voltage), ความ

ดัน (pressure) และอุณหภูมิ (temperature) ของสารทำความเย็นและอากาศ ณ จุดต่างๆ



รูปที่ 1 ห้องทดสอบปรับภาวะอากาศ (psychrometric test room)

หมายเลขต่างๆในรูปที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ 1. คอล์ยเย็น 2. เครื่องดูดอากาศจากคอล์ยเย็น 3. เครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง 4. ปากท่อ (nozzle) 5. เครื่องดูดอากาศจากปากท่อ 6. เครื่องเพิ่มความชื้น 7. เครื่องทำความร้อน 8. เครื่องทำน้ำเย็น 9. ดิฟฟิวเซอร์ (diffuser) ในห้องปรับอากาศ 10. เครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งภายในห้องปรับอากาศ 11. ดิฟฟิวเซอร์ (diffuser) นอกห้องปรับอากาศ 12. เครื่องวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง 13. คอนเดนซิ่งยูนิต (condensing unit)

หมายเหตุ ห้อง A คือ ภายนอกห้องปรับอากาศ (ด้านคอนเดนซิ่งยูนิต) และ ห้อง B คือ ภายในห้องปรับอากาศ (ด้านคอล์ยเย็น) ภาวะที่ทดสอบคืออุณหภูมิลมกลับเข้าคอล์ยเย็นเท่ากับ 27°C DB , 19°C WB และอุณหภูมิลมกลับเข้าคอนเดนซิ่งยูนิตเท่ากับ 35°C DB

การปรับปริมาณบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบที่ 0.915, 1.15, 1.45 และ 1.65 กิโลกรัม (หมายเหตุ แปรค่าจากค่าที่ระบุในฉลากบนเครื่องปรับอากาศซึ่งได้แนะนำปริมาณบรรจุสารทำความเย็น R22 ไว้ที่ 1.15 กิโลกรัม)

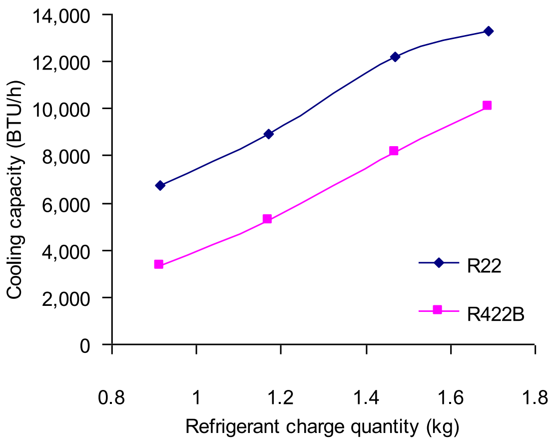
รูปที่ 2 ห้องทดสอบด้านคอล์ยเย็น

รูปที่ 3 ห้องทดสอบด้านคอนเดนซิ่งยูนิต

4. ผลทดสอบและอภิปรายผล

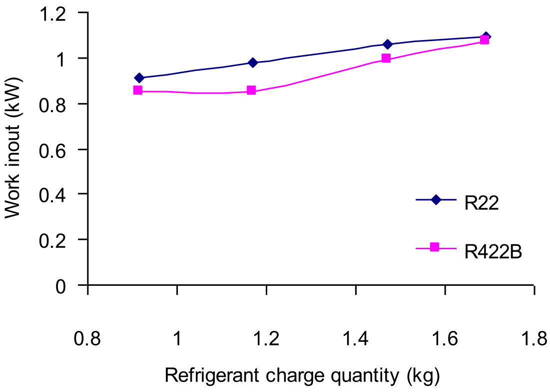
หลังจากเดินเครื่องห้องทดสอบจนได้อุณหภูมิลมเข้าคอล์ยเย็นและคอนเดินซิ่งยูนิตตามที่ต้องการแล้ว จึงบันทึกผลและบันทึกค่าต่าง ๆอีกสองครั้งเมื่อเวลาผ่านไปอีกครั้งละ 5 นาที รวมเป็นบันทึก 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ผลการทดสอบดังนี้

วิสัยสามารถในการทำความเย็น (cooling capacity) ซึ่งเป็นการประเมินจากด้านอากาศ (ในการทดสอบนี้อากาศมีอัตราการไหลประมาณ 386.68-389.50 cfm) ถูกแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่าที่ปริมาณสารทำความเย็นเท่ากัน R422B มีค่าวิสัยสามารถในการทำความเย็นต่ำกว่า R22 ประมาณ 22.32-46.47%



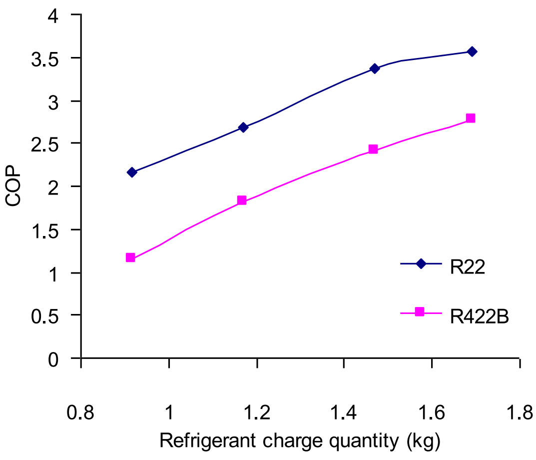
รูปที่ 4 วิสัยสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเมื่อใช้ R22 และ R422B ที่ปริมาณสารทำความเย็นต่าง ๆกัน

กำลังงานที่ใช้ในระบบถูกแสดงในรูปที่ 5 จะเห็นกำลังงานที่ใช้ในระบบที่ใช้ R422B มีค่าน้อยกว่า (บางช่วงมีค่าใกล้เคียง) กับงานที่ถูกใช้ในระบบที่ใช้ R22



รูปที่ 5 กำลังงานที่ใช้ของระบบที่บรรจุ R22 และ R422B ที่ปริมาณสารทำความเย็นต่าง ๆกัน

สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ (COP) ถูกแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นค่าจากการคำนวณโดยนำค่าวิสัยสามารถในการทำความเย็นมาหารด้วยกำลังงานที่ในหน่วยที่เหมือนกัน พบว่าค่า COP ของระบบที่ใช้ R422B จะน้อยกว่าระบบที่ใช้ R22 ประมาณ 23.76-49.97% ถึงแม้กำลังที่ใช้ในระบบของ R422B จะน้อยกว่าของ R22 (รูปที่ 5) ก็ตามเนื่องจากวิสัยสามารถมีค่าน้อยกว่าเช่นกัน



รูปที่ 6 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเมื่อใช้ R22 และ R422B ที่ปริมาณสารทำความเย็นต่าง ๆ กัน

หมายเหตุ การแปลงหน่วย: 12,000 BTU/h เท่ากับ 3.517 kW, สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ (coefficient of performance) หรือ COP เท่ากับวิสัยสามารถในการทำความเย็น ในหน่วย W ต่อ กำลังงานที่ใช้ ในหน่วย W แต่อัตราส่วนประสิทธิภาพด้านพลังงาน (energy efficiency ratio) หรือ EER เท่ากับวิสัยสามารถในการทำความเย็น ในหน่วย BTU/h ต่อกำลังงานที่ใช้ ในหน่วย W ในที่นี้แสดง cooling capacity ในรูปที่ 3 ในหน่วย BTU/h แต่แสดง COP ในรูปที่ 6 เพราะได้ทำการแปลงหน่วยให้ค่าวิสัยสามารถและกำลังที่ใช้ให้เป็นหน่วยเดียวกันแล้ว (หากผู้อ่านต้องการทราบค่า EER สามารถทำได้โดยการคูณ COP ด้วย 3.412)

5. สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศเก่าเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็นแบบดรอป-อิน (drop-in) (ไม่เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นหรืออุปกรณ์ใดๆ) จาก R22 เป็น R422B ที่ภาวะ R422B มีค่าวิสัยสามารถในการทำความเย็น (Q) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) น้อยกว่า R22 โดย Q ของ R422B น้อยกว่า R22 อยู่ระหว่าง 22.32-46.47% และ COP ของ R422B น้อยกว่า R22 อยู่ระหว่าง 23.76-49.97% ทั้งนี้ R422B จะสามารถให้ค่า Q ใกล้เคียงกับ R22 ได้เมื่อบรรจุปริมาณสารทำความเย็นมากกว่า R22

อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ยังไม่ได้พิจารณาผลกระทบจากความสามารถในการทำให้โลกร้อน (GWP) ของสารทำความเย็นนี้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ เนื่องจาก R422B มีค่า GWP ที่สูงกว่า R22 หากต้องใช้ปริมาณสารทำความเย็นที่มากกว่า R22 อาจยิ่งส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนทางตรง กรณีเกิดการปล่อยหรือรั่วสู่ชั้นบรรยากาศซึ่งควรทำการศึกษาต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา และได้รับการอนุเคราะห์ในการอนุญาตให้ยืมใช้ห้องทดสอบจากบริษัทบิตไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

7. เอกสารอ้างอิง

[1] UNEP (2012). Handbook for the Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer, Ninth edition, Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme.

[2] Devotta, S., Padalkar, A.S. and Sane, N.K. (2005). Performance assessment of HCFC-22 window air conditioner retrofitted with R-407C, *Applied Thermal Engineering*, vol. 25, pp. 2937-2949.

[3] Aprea, C. and Renno, C. (2004). Experimental comparison of R22 with R417A performance in a vapour compression refrigeration plant subjected to a cold store, *Energy Conversion and Management*, vol. 45, pp. 1807-1819.

[4] Aprea, C. and Maiorino, A. (2011). An experimental investigation of the global environmental impact of the R22 retrofit with R422D, *Energy*, vol. 36(2), pp. 1161-1170.

[5] Allgood, C.C. and Lawson, C.C. (2010). Performance of R-438A in R-22 refrigeration and air conditioning system, *International refrigeration and air conditioning conference*, Purdue University, Purdue.

[6] Arora, A. and Sachdev, H.L. (2009). Thermodynamic analysis of R422 series refrigerants as alternative refrigerants to HCFC22 in a vapour compression refrigeration system. *International Journal of Energy Research*, vol. 33(8), pp. 753-765.

[7] Calm, J. (2008) Properties and efficiencies of R410A, R421A, R422B and R422D compared to R22. URL: http://www.certifiedrefrigerant.com/rms_engineering_comparison_report%20r421a.pdf, access on 12/06/2013.