ผลของขนาดอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นและการเปลี่ยนแปลงความถี่ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 3 เฟส ขนาด 36,000 BTU.

The Effect of Size in Expansion Valve and Frequency Change on Air Conditioning System 3 Phase 36,000 BTU.

อานนท์ พ่วงชิงงาม[1*] สุรพล โรจนประดิษฐ[1] และ วิสุทธิ์ ตันติรุ่งเรือง[1]

Arnon Phungching-ngam[1*], Surapol Rochanapratishtha[1] and Wisut Tantirungruang[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาผลของขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นต่อการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 3 เฟส ขนาด 36,000 บีทียู โดยในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ 3 ขนาด ได้แก่ 1.2 , 1.8 และ 2.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของค่าทางกลและค่าทางไฟฟ้าที่ความเร็วรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เปลี่ยนแปลงที่ระดับความถี่ไฟฟ้า 30 Hz ถึง 50 Hz ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นขนาด 2.1 มิลลิเมตรใช้งานที่ความถี่ 30 Hz สามารถลดอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลง 20.97%

คำสำคัญ : อุปกรณ์ควบคุมการไหล ; เครื่องปรับอากาศ ; อินเวอร์เตอร์

Abstract

This paper presents the effect of size in expansion valve on air conditioning system 3 phase 36,000 BTU. This experiment uses diameters of expansion valve three sizes 1.2, 1.8 ,and 2.1 mm respectively. The experiment was to study the effect of changes on the mechanical and the electrical power by motor compressor changes the frequency 30 Hz to 50 Hz. The result showed that the expansion valve size 2.1 mm at frequency 30 Hz decreases 20.97% of electric power for cooling system.

Keywords : Expansion Valve, Air Conditioner, Inverter

บทนำ

ระบบปรับอากาศที่นิยมใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบแยกส่วน (Split Type) มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในปัจจุบันตามสำนักงานและที่อยู่อาศัย จะมีการแยกระหว่าง Condensing Unit (CDU) ติดตั้งอยู่ด้านในตัวอาคารและ Fun – Coil Unit (FCU) ติดอยู่ด้านนอกตัวอาคาร โดยจะทำความเย็นด้วยระบบอัดไอซึ่งมีอุปกรณ์หลักๆได้แก่ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ วาล์วลดความดันและอีวาปอเรเตอร์ ซึ่งมีสารทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความความร้อนจากภายในห้องของอาคารออกไปทิ้งด้านนอกห้องของอาคารโดยมีมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เป็นหัวใจในการดูดและอัดสารทำความเย็นให้เปลี่ยนสถานะและเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน

การประหยัดพลังงานของระบบการปรับอากาศจะมีแนวทางการอนุรักษ์พลังงานคือ 1.ลดภาระการปรับอากาศจากภายนอกให้เหลือน้อยที่สุดและลดภาระการปรับอากาศจากภายในให้เหลือน้อยที่สุด(Cooling Load) 2.

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

* Corresponding author.E-mail : arnon_suphan@hotmail.com

เพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะของการแลกเปลี่ยนความร้อนให้สูงที่สุด (COP : Coefficient of Performance) 3.เพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ขับเครื่องอัดไอให้สูงที่สุด (η_m : Motor Efficiency) 4.ลดชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (Operating Time) ซึ่งในปัจจุบันวิธีที่ 3 มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยการนำระบบอินเวอร์เตอร์เข้ามาควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้ต่ำลงในช่วงเวลาที่ห้องปรับอากาศได้ความเย็นระดับที่ต้องการแทนระบบตัดต่อแบบเดิม แต่เนื่องจากการลดความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์นี้ส่งผลทำให้การอัดความดันของสารทำความเย็นในระบบมีค่าลดลงอาจส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการทดลองเพื่อหาค่าของขนาดของอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่เหมาะสมกับความเร็วรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ที่ลดลง

วิธีการศึกษา

ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

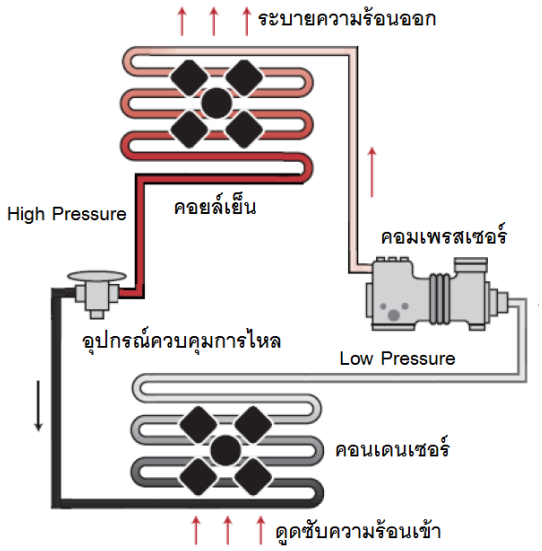

Figure 1 ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอยล์เย็น (Evaporator) คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) และ อุปกรณ์ควบคุมการไหล(Expansion Valve) ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

คอยล์เย็น ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากพื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการทำความเย็นไปใช้ในการเดือดกลายเป็นไอของน้ำยาคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ดูดน้ำยาให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอน้ำยาที่มีความดันต่ำให้เป็นไอน้ำยาที่มีความดันสูงอุณหภูมิสูง

คอนเดนเซอร์ ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอน้ำยาที่มีอุณหภูมิสูงออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำยาเหลว

อุปกรณ์ควบคุมการไหล ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ไหลเข้าคอยล์เย็น

อินเวอร์เตอร์

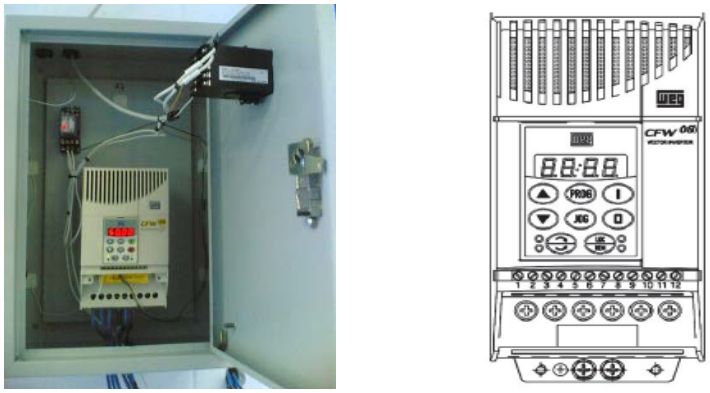

Figure 2 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดลองรุ่น CWF-08

อินเวอร์เตอร์คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ที่ใช้ในการปรับความถี่ โดยจะสามารถเปลี่ยนความเร็วรอบของ 3-Phase Induction Motor โดยวิธีการปรับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ หรืออาจเรียกว่า V/F Control โดยความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนโดยประมาณ ดังสมการที่ 1 ซึ่งอินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าทั่วไปที่มีแรงดันไฟฟ้าและความถี่คงที่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยวงจรคอนเวอร์เตอร์จากนั้นไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันไฟฟ้าและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่นและผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์

$$Ns = \frac{120\,f}{P} \qquad (1)$$

เมื่อ Ns = ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน

f = ความถี่

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น

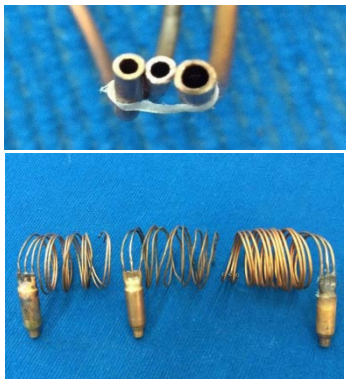

Figure 3 อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นแบบอัตราการไหลคงที่

เป็นอุปกรณ์ลดความดัน โดยจะทำหน้าที่ควบคุมสารทำความเย็นให้ไหลผ่านไปในอัตราที่พอเหมาะเพื่อให้สารทำความเย็นกลายเป็นแก๊สในคอยล์เย็นและเป็นการควบคุมไม่ให้สารทำความเย็นแปรสภาพจากของเหลวเป็นไอมากเกินไปจนทำให้เกิดแรงดันในระบบสูง อุปกรณ์ลดความดันสามารถแบ่งตามวิธีการปรับความดันได้ 2 แบบ คือแบบอัตราการไหลคงที่และแบบอัตราการไหลแปรเปลี่ยนเพื่อปรับอัตราการไหลให้เหมาสมกับความดันและการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็น

วิธีดำเนินการวิจัย

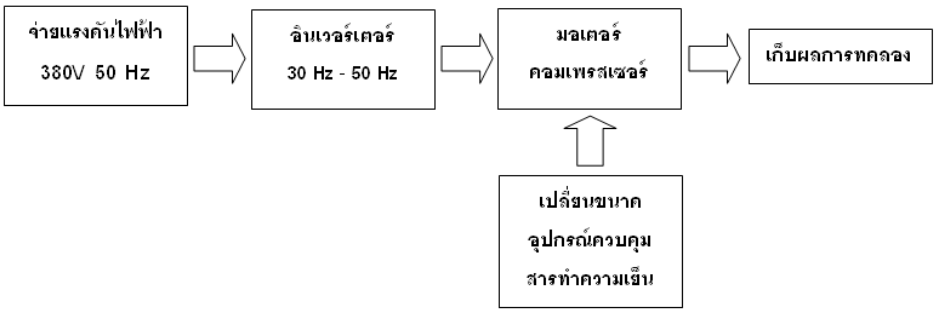

Figure 4 ไดอะแกรมหลักการทำงาน

ขั้นตอนในการทดลองเพื่อศึกษาขนาดความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นที่มีผลต่อค่าทางไฟฟ้าและค่าทางกลในเครื่องปรับอากาศแบบ 3 เฟส ขนาด 36,000 บีทียู เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ไฟฟ้า เริ่มต้นจากจ่ายแรงดันไฟฟ้าพิกัด 380 V , 50 Hz ให้กับอินเวอร์เตอร์พิกัด 5 HP,10 Aเพื่อทำการปรับความถี่ตั้งแต่ 30 Hz – 50 Hz โดยแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากอินเวอร์เตอร์จ่ายให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ทำการเก็บผลการทดลอง จากนั้นทำการเปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นอีก 2 ขนาดทำการทดลองและเก็บผลการทดลองในรูปแบบเดิมอีกครั้ง

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น 3 ขนาด ได้แก่ 1.2 , 1.8 และ 2.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยแบ่งเงื่อนไขการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1.การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับพลังงานไฟฟ้าโดยจะใช้เครื่องวัด METEIX รุ่น MX 240 2.การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการทำงานทางกลของเครื่องปรับอากาศโดยการวัดอุณหภูมิจะใช้เครื่องวัด CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 861และการวัดแรงดันน้ำยาของเครื่องปรับอากาศโดยใช้เกจวัดน้ำยา KAWA

(ก) (ข) (ค)

Figure 5 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง (ก) เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า METEIX รุ่น MX 240 (ข) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 861 (ค) เกจ์วัดความดันน้ำยา KAWA

การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลต่อค่าทางไฟฟ้าที่ค่าความถี่ไฟฟ้าต่าง ๆ

Table 1 ผลของค่าความสัมพันธ์ของขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลต่อค่าทางไฟฟ้าที่ค่าความถี่ไฟฟ้าต่างๆ

ความถี่ (Hz)	แรงดันไฟฟ้า (V)			กระแสไฟฟ้า (A)			กำลังไฟฟ้า (kW)		
	1.2 (mm)	1.8 (mm)	2.1 (mm)	1.2 (mm)	1.8 (mm)	2.1 (mm)	1.2 (mm)	1.8 (mm)	2.1 (mm)
50	370	370	370	7.21	7.3	6.73	4.24	4.26	3.76
45	336	336	336	7.39	7.34	6.77	3.9	3.83	3.36
40	300	300	300	7.24	7.44	6.18	3.44	3.45	2.88
35	264	264	264	7.27	7.31	6.11	2.99	3.01	2.50
30	227	227	227	7.26	7.5	6.01	2.63	2.67	2.11

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 3 เฟส ขนาด 36,000 BTU. เริ่มแรกติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 mm. ที่ค่าความถี่ไฟฟ้า 50 Hz ซึ่งเป็นค่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศในสภาวะปกติ ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ได้เท่ากับ 370 V ค่ากระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 7.3 A และค่ากำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 4.26 kW จากนั้นปรับอินเวอร์เตอร์ลดความถี่ไฟฟ้าลงเหลือ 45 Hz ทำการวัดแรงดันได้เท่ากับ 336 V ตามหลักการ V/F ของอินเวอร์เตอร์คือเมื่อลดความถี่ลงแรงดันไฟฟ้าจึงลดลงด้วย ค่ากระแสไฟฟ้าจากการทดลองเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้เท่ากับ 7.34 A แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์มีค่าลดลงเหลือ 3.83 kW จากนั้นทำการทดลองและเก็บผลที่ค่าความถี่ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงทีละ 5 Hz โดยในการทดลองนี้จะใช้ความถี่ต่ำสุดที่ 30 Hz จากนั้นทำการเปลี่ยนขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 mm และ 2.1 mm ทำการทดลองและเก็บผลการทดลองได้ค่าตามตารางที่ 1 โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นแบบต่างๆ มีค่าเท่ากันและในส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ที่อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นขนาด 2.1 mm ทำการวัดได้เท่ากับ 6.01 Aและ 2.11kW

การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลต่อค่าทางกลที่ค่าความถี่ไฟฟ้าต่าง ๆ

Table 2 ผลของค่าความสัมพันธ์ของขนาดอุปกรณ์ควบคุมการไหลต่อค่าทางกลที่ค่าความถี่ไฟฟ้าต่างๆ

ความถี่ (Hz)	ความดันHigh Pressure (psi)			ความดัน Low Pressure (psi)			อุณหภูมิผ่านคอยล์เย็น (°C)		
	1.2 (mm.)	1.8 (mm.)	2.1 (mm.)	1.2 (mm.)	1.8 (mm.)	2.1 (mm.)	1.2 (mm.)	1.8 (mm.)	2.1 (mm.)
50	345	350	265	70	70	70	17.7	15.3	20.3
45	340	335	270	74	72	76	16.8	16.4	20.6
40	315	320	245	76	79	78	17.3	16.3	21.1
35	300	310	240	82	82	82	18.0	16.7	22.5
30	285	290	225	88	88	86	19.0	17.5	23.6

ในการทำงานของเครื่องปรับอากาศสภาวะปกติใช้ทำงานที่ความถี่ไฟฟ้า 50 Hz และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น 1.8 mm ทำการวัดความดันสารทำความเย็นทางด้าน High Pressure ได้เท่ากับ 350 psi ความดันสารทำความเย็นทางด้าน Low Pressure เท่ากับ 70 psi สามารถทำอุณหภูมิที่หน้าคอยล์เย็นได้เท่ากับ 15.3 °C จากนั้นทำการปรับความถี่ไฟฟ้าลดลงเหลือ 45 Hz ทำให้ความดันสารทำความเย็นทางด้าน High Pressure ลดลงเหลือ 335 psi เนื่องมาจากค่าความถี่ลดลงทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ลดลงตามสมการที่ 1 จึงส่งผลให้การฉีดสารทำความเย็นในวงจรทางกลของเครื่องปรับอากาศมีค่าลดลงตามด้วย ในส่วนของความดันสารทำความเย็นทางด้าน Low Pressure มีค่าเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยมีค่าเท่ากับ 72 psi เนื่องมาจากความดันของสารทำความเย็นจากการฉีดสารทำความเย็นลดลงส่งผลให้สภาวะการระเหยของสารทำความเย็นไม่สามารถกลายเป็นสถานะไอได้หมดภายในคอยล์เย็นทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีค่าลดลงส่งผลให้อุณหภูมิหน้าคอยล์เย็นเพิ่มขึ้นทำการวัดได้เท่ากับ 16.4 °C จากนั้นทำการทดลองและเก็บผลที่ค่าความถี่ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงที่ละ 5 Hz ซึ่งในการทดลองนี้ทำการทดลองที่ความถี่ต่ำที่สุดคือ 30 Hz ทำการวัดอุณหภูมิที่หน้าคอยล์เย็นได้เท่ากับ 17.5 °C จากนั้นทำการเปลี่ยนขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นเป็นขนาด 1.2 mm และ 2.1 mm ทำการทดลองและเก็บผลการทดลองได้ค่าตามตารางที่ 2 โดยค่าความดันสารทำความเย็นทางด้าน High Pressure ของขนาดอุปกรณ์ความคุมสารทำความเย็นขนาด 2.1 mm มีค่าต่ำที่สุดที่ความถี่ 30 Hz ทำให้ความสามารถในการทำความเย็นลดลงซึ่งวัดค่าอุณหภูมิได้เท่ากับ 23.6 °C เนื่องมาจากการลดความดันของสารทำความเย็นในตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอของสารทำความเย็นในตำแหน่งนี้ลดลง

สรุป

จากการทดลองศึกษาผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นขนาด 1.2 mm , 1.8 mm และ 2.1 mm ที่ความถี่ไฟฟ้า 30 Hz ถึง 50 Hz เห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับความถี่ไฟฟ้า 30 Hz ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดในการทดลองนี้และใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.1 ทำให้อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศลดลง 20.97% เมื่อเทียบกับระดับความถี่ 50 Hz ซึ่งเป็นความถี่ปกติที่ใช้งานทั่วไป แต่ส่งผลให้ความสามารถในอัดแรงดันของสารทำความเย็นลดลงทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลดลง 34.85 %

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่ให้การสนับสนุนทางด้านสถานที่ที่ใช้ในการทดลองจนทำให้การทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สนอง อิ่มเอม “เครื่องทำความเย็นและระบบปรับอากาศ” พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์อมรพริ้นติ้งกรุ๊พ , 2530

กระทรวงพลังงาน , กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน “ความรู้พื้นฐานด้านการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ” 2555

กระทรวงพลังงาน , กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน “เอกสารเผยแพร่ความรู้ตัวปรับความเร็วมอเตอร์”

สุนันทนี กลิ่นคล้ายกัน , สุวัฒน์ กุลธนปรีดา , วีระ จันทร์วัฒนะ“ การหาเอกลักษณ์และควบคุมเครื่องปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , ปีที่ 12 , ฉบับที่ 2 , มิ.ย 2545

ธงไชย เดิมดาและนุภาพ แย้มไตรพัฒน์ “การศึกษาสมรรถนะเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งแผ่นลดอุณหภูมิร่วมกับอินเวอร์” วิศวสารลาดกระบัง , ปีที่ 27 , ฉบับที่ 4 , ธันวาคม 2553

นิมิตร์ จิตนาฤทัยกุล “การศึกษาการเพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อร่องเกลียวเพื่อลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องควบแน่น” วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2557