

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญกราฟ	ฉ
ลำดับสัญลักษณ์	ผ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างของโครงการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณที่ใช้	3
1.7 กิจกรรมดำเนินงาน	4
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ	5
2.2 สมมติฐานในการวิเคราะห์ระบบปรับอากาศแบบอัดไอ	7
2.3 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบระเหย	9
2.4 ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย	10
2.5 วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน	11

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	
3.1 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง	14
3.2 ตำแหน่งการวัดและเก็บข้อมูล	18
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน	20
3.4 สถานที่ทำโครงงาน	24
3.5 การทดสอบเครื่องปรับอากาศปรกติ	24
3.6 วิธีการทดสอบเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งชุดทดลอง	25
3.7 ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	
4.1 การทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบระเหย	29
4.2 เปรียบเทียบผลการใช้วัสดุ	30
4.3 ผลของอุณหภูมิทางเข้าคอนเดนเซอร์ที่มีต่อเครื่องปรับอากาศ	31
4.4 ผลของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)	35
4.5 ผลของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยที่มีต่ออัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า	37
4.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลโครงงาน	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างผลการทดสอบ	45
ภาคผนวก ข การคำนวณหาขนาดของปั๊มที่ใช้จริง	174
ภาคผนวก ค ตารางและกราฟอ้างอิง	180
ภาคผนวก ง แบบเครื่องทำความเย็นแบบระเหย	184
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	189

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1.1	รายการอุปกรณ์และราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย	3
ตาราง 1.2	กิจกรรมดำเนินงาน	4
ตาราง 2.1	อัตราใช้ปริมาณน้ำต่ออากาศ	10
ตาราง 3.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	20
ตาราง 4.1	การลดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของแต่ละอุปกรณ์	30
ตาราง 4.2	อัตราการใช้พลังงานของแต่ละอุปกรณ์	37
ตาราง ก.1	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งมุ้งลวด (วันที่ 26 มีนาคม 2545)	45
ตาราง ก.2	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งผ้าคลุมโรงเพาะชำ (วันที่ 27 มีนาคม 2545)	49
ตาราง ก.3	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งผ้าตาข่ายมุ้ง (วันที่ 28 มีนาคม 2545)	54
ตาราง ก.4	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยน้ำตกโดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 27 มีนาคม 2545)	59
ตาราง ก.5	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยน้ำตกโดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 1 เมษายน 2545)	64
ตาราง ก.6	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศปกติ (วันที่ 2 เมษายน 2545)	69
ตาราง ก.7	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศปกติ (วันที่ 3 เมษายน 2545)	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง ก.8	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยน้ำตกโดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 4 เมษายน 2545)	79
ตาราง ก.9	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิด-ปิดน้ำ (วันที่ 11 เมษายน 2545)	84
ตาราง ก.10	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิดน้ำมาก-น้ำน้อย (วันที่ 12 เมษายน 2545)	89
ตาราง ก.11	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิด-ปิดน้ำ (วันที่ 18 เมษายน 2545)	94
ตาราง ก.12	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิดน้ำ1-2 แถว (วันที่ 19 เมษายน 2545)	99
ตาราง ก.13	ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งมุ้งลวด (วันที่ 26 มีนาคม 2545)	101
ตาราง ก.14	ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งผ้าคลุม โรงเพาะชำ (วันที่ 27 มีนาคม 2545)	109
ตาราง ก.15	ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ติดตั้งผ้าตาข่ายมุ้ง (วันที่ 28 มีนาคม 2545)	115
ตาราง ก.16	ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยให้ น้ำตกโดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 29 มีนาคม 2545)	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง ก.17 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยให้ น้ำตก โดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 1 เมษายน 2545)	127
ตาราง ก.18 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศปกติ (วันที่ 2 เมษายน 2545)	133
ตาราง ก.19 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ปกติ (วันที่ 3 เมษายน 2545)	139
ตาราง ก.20 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย ปล่อยให้ น้ำตก โดยไม่ผ่านวัสดุใด (วันที่ 4 เมษายน 2545)	145
ตาราง ก.21 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิด - ปิด ป้อนน้ำ (วันที่ 11 เมษายน 2545)	151
ตาราง ก.22 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิดน้ำมาก - นำน้อย (วันที่ 12 เมษายน 2545)	157
ตาราง ก.23 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิด - ปิด ป้อนน้ำ (วันที่ 18 เมษายน 2545)	163
ตาราง ก.24 ตัวอย่างปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหย เปิดน้ำ 1 - 2 แกว (วันที่ 19 เมษายน 2545)	169
ตาราง ค.1 Operating Characteristics of various direct evaporative coolers	180
ตาราง ค.2 Equivalent length in feet to be added to run owing to valve and fittings	181

สารบัญรูปลูกภาพ

	หน้า
รูป 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอเบื้องต้น	5
รูป 2.2 ไดอะแกรมความดันและเอนทาลปีของสารทำความเย็น	6
รูป 2.3 ไดอะแกรมอุณหภูมิและเอนโทรปีของสารทำความเย็น	6
รูป 2.4 กลจักรความร้อนที่ดำเนินภายใต้วัฏจักรคาร์โนต์	9
รูป 2.5 กลจักรความเย็นตามวัฏจักรคาร์โนต์	10
รูป 2.6 กระบวนการทำความเย็นแบบระเหย	11
รูป 3.1 หลักการทำงานของคอนเดนเซอร์ที่ปรับปรุง	14
รูป 3.2 โครงสร้างหลักของชุดทดลอง	15
รูป 3.3 การออกแบบท่อน้ำในเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเมื่อติดวัสดุ	16
รูป 3.4 ถาดรองน้ำในระบบเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเมื่อไม่ติดวัสดุ	17
รูป 3.5 ระบบท่อน้ำที่จ่ายให้กับระบบระบบปล่อยให้น้ำโดยไม่ผ่านวัสดุใด	17
รูป 3.6 ตำแหน่งการวัดและเก็บข้อมูลของความดันและอุณหภูมิสารทำความเย็น	18
รูป 3.7 ตำแหน่งการวัดและเก็บข้อมูลของอุณหภูมิอากาศ	19
รูป 3.8 เครื่องปรับอากาศใช้ในการทดสอบ	21
รูป 3.9 เครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิ	21
รูป 3.10 เครื่องมือวัดความเร็วลม	22
รูป 3.11 เครื่องมือวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า	22
รูป 3.12 เกจวัดความดันของสารทำความเย็น R-22	23
รูป 3.13 ปิมน้ำที่เลือกใช้ในการทดลอง	23
รูป 3.14 ชุดทำความเย็นแบบระเหยก่อนทำการติดตั้งที่ชุดคอนเดนเซอร์	28
รูป 3.15 ชุดทำความเย็นแบบระเหยขณะติดตั้งที่ชุดคอนเดนเซอร์	28

สารบัญกราฟ

		หน้า
กราฟ 4.1	แสดงผลต่างของอุณหภูมิเมื่อปิดเปิดเครื่องทำความเย็นแบบระเหย	29
กราฟ 4.2	ผลการทดสอบเปรียบเทียบในการใช้วัสดุต่าง ๆ กับอุณหภูมิที่ลดได้	30
กราฟ 4.3	แสดงเส้นแนวโน้มกลุ่มข้อมูล ของอากาศภายนอก ผลต่างของอุณหภูมิ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่พิจารณา ในช่วง 25 ($^{\circ}\text{C}$)	31
กราฟ 4.4	แสดงเส้นแนวโน้มประสิทธิภาพการระเหยของแต่ละวัสดุ เทียบกับ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และอุณหภูมิกระเปาะเปียกพิจารณา ในช่วง 25 ($^{\circ}\text{C}$)	32
กราฟ 4.5	แสดงเส้นแนวโน้มสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง และอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิหลังออกชุดทดลอง	33
กราฟ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของ คอมเพรสเซอร์กับอุณหภูมิกระเปาะแห้งหลังออกชุดทดลอง และอุณหภูมิห้อง	34
กราฟ 4.7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเมื่อปิด-เปิด เครื่องทำความเย็นแบบระเหย	35
กราฟ 4.8	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(COP) กับ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศสิ่งแวดล้อมพิจารณาอุณหภูมิ กระเปาะเปียกในช่วง 24 ($^{\circ}\text{C}$)	36
กราฟ 4.9	แสดงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้ง เครื่องทำความเย็นแบบระเหย	37
กราฟ 4.10	เปรียบเทียบการใช้กำลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ เครื่องปรับอากาศ เมื่อติดตั้งเครื่องทำความเย็นแบบระเหยกับเครื่องปรับอากาศปกติ	38
กราฟ 4.11	การเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าโดยรวมของปั้มน้ำ	38

ลำดับสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน	(m^2)
Bhp	=	แรงม้า (กำลังงานส่งออก)	Hp
COP	=	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ	
h_1	=	เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็น ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์	(kJ/kg)
h_2	=	เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์	(kJ/kg)
h_3	=	เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์	(kJ/kg)
h_4	=	เอนทัลปีจำเพาะของสารทำความเย็นออกจากแอกแฟนชั้นวาล์ว	(kJ/kg)
h_{a1}	=	เอนทัลปีจำเพาะของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง	(kJ/kg)
h_{a2}	=	เอนทัลปีจำเพาะของอากาศหลังผ่านชุดทดลอง	(kJ/kg)
h_{w1}	=	เอนทัลปีจำเพาะของน้ำก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง	(kJ/kg)
h_{w2}	=	เอนทัลปีจำเพาะของน้ำหลังผ่านชุดทดลอง	(kJ/kg)
m_a	=	อัตราการระเหยโดยมวลอากาศ	(kg/s)
m_r	=	อัตราการไหลของสารทำความเย็น	(kg/s)
m_w	=	อัตราการระเหยของน้ำ	(kg/s)
m_{a1}	=	อัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง	(kg/s)
m_{a2}	=	อัตราการไหลของอากาศหลังผ่านชุดทดลอง	(kg/s)
m_{w1}	=	อัตราการระเหยของน้ำก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง	(kg/s)
m_{w2}	=	อัตราการระเหยของน้ำหลังผ่านชุดทดลอง	(kg/s)
P_1	=	ความดันของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์	(Pa)
P_2	=	ความดันของสารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์	(Pa)
P_3	=	ความดันของสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์	(Pa)
P_4	=	ความดันของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาโปเรเตอร์	(Pa)
Q_c	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกจากระบบ	(kW)
Q_{cond}	=	อัตราความร้อนทิ้งของคอนเดนเซอร์	(kW)
Q_e	=	ประมาณการทางความเย็น	(kW)
Q_{Evap}	=	อัตราการดึงความร้อนของอีวาโปเรเตอร์	(kW)
Q_H	=	อัตราความร้อนทิ้งของคอนเดนเซอร์	(kW)
Q_{in}	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าในระบบ	(kW)

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

Q_L	= อัตราความร้อนที่ดูดจากฮีวปโปเรเตอร์	(kW)
Q_{out}	= ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกนอกระบบ	(kW)
T_1	= อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์	(°C)
T_2	= อุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์	(°C)
T_3	= อุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากคอนเดนเซอร์	(°C)
T_4	= อุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากแอคเพนชันวาล์ว	(°C)
$T_{db \text{ ก่อนเข้าสู่หตุทดลอง}}$	= อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนเข้าสู่หตุทดลอง	(°C)
$T_{db \text{ หลังผ่านหตุทดลอง}}$	= อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนหลังผ่านหตุทดลอง	(°C)
T_H	= แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง	(°C)
T_L	= แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ	(°C)
T_{room}	= อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศภายในห้องทดลอง	(°C)
$T_{wb \text{ ก่อนเข้าสู่หตุทดลอง}}$	= อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนเข้าสู่หตุทดลอง	(°C)
$T_{wb \text{ หลังผ่านหตุทดลอง}}$	= อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศหลังผ่านหตุทดลอง	(°C)
W_c	= งานของคอมเพรสเซอร์	(kW)
W_o	= อัตราส่วนความชื้นของอากาศก่อนผ่านระบบระเหย	(kg _{น้ำ} /kg _{อากาศ})
$\mathcal{E}$	= ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระเหย	
ρ_{air}	= ความหนาแน่นของอากาศ	(kg/m ³)
U	= อัตราการไหล โดยมวลของอากาศ	(kg/s)