

การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยการระบายความร้อนของคอยล์ร้อน

SAVING THE AIR CONDITION'S ENERGY BY COOLING
THE CONDENSOR



T119471



นายทักษะ ปภาสีขันธ์
นายนิกร เกียรติเฝ้า
นายพิชย ขยันการนาวิ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....119471
วัน,เดือน,ปี.....- 8 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2553

SAVING THE AIR – CONDITION’S ENERGY BY COOLING

THE CONDENSOR



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

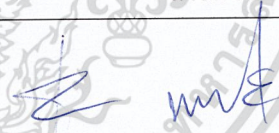
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ACADEMIC YEAR 2010** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยการระบายความร้อนของคอยล์ร้อน

SAVING THE AIR – CONDITION’S ENERGY BY COOLING THE CONDENSOR

นักศึกษาผู้จัดทำ นายทักษะ ปภาพสิขุ รหัสนักศึกษา 50010573
นายนิกร เกียรติเผ่า รหัสนักศึกษา 50010814
นายพิชย ขันการนาวิ รหัสนักศึกษา 50011093
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
ผศ. เชื้อ นกอยู่	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญาานิพนธ์ การประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยการระบายความร้อนของคอยล์ร้อน

SAVING THE AIR – CONDITION’S ENERGY BY COOLING
THE CONDENSOR

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายทักษะ	ปภาพลิชฐ	รหัสนักศึกษา	50010573
	นายนิกร	เกียรติเผ่า	รหัสนักศึกษา	50010814
	นายพิชช	ขยันการนาวิ	รหัสนักศึกษา	50011093
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. เชื้อ นกอยู่			
ปีการศึกษา	2553			

บทคัดย่อ

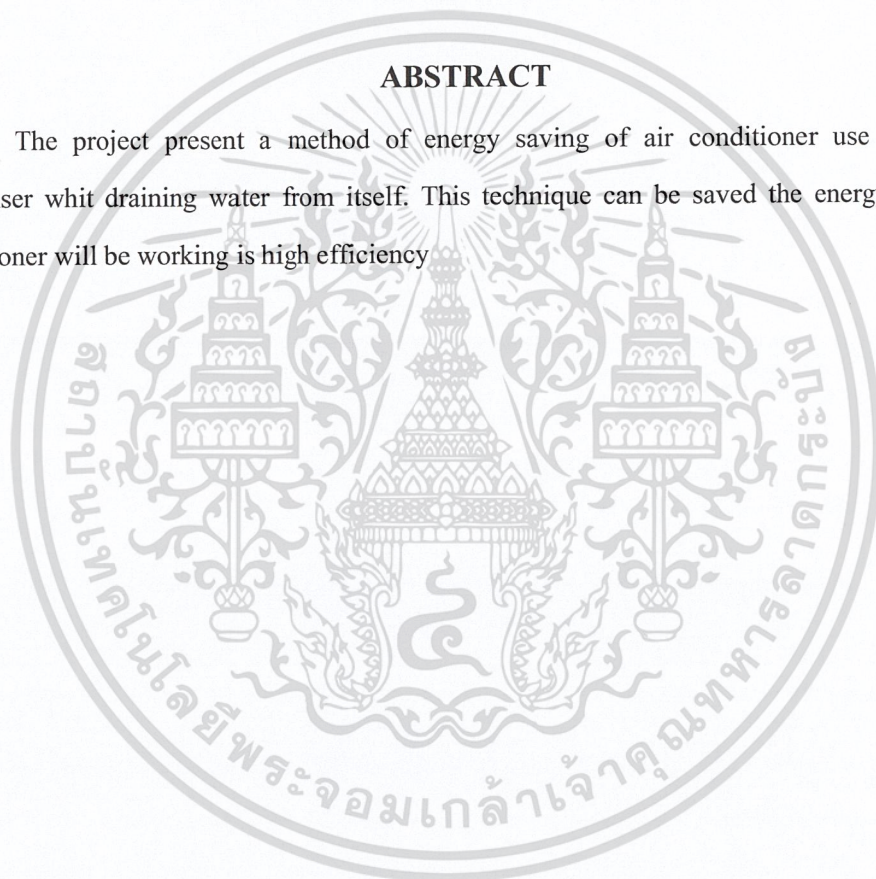
วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงการนี้ คือ ศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศโดยการนำน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศมาระบายความร้อนที่ตัวคอยล์ร้อน ด้วยการสร้างชุดควบคุมปริมาณการปล่อยน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศขึ้นมาเพื่อให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Saving the air – Condition’s Energy by cooling the condenser	
Authors	Mr. Taksa	Paphapasad
	Mr. Nikorn	Kiatphao
	Mr.Pichaya	Kayankanavee
Thesis Advisor	Asst. Prof. Chuae Nokyoo	
Year	2010	

ABSTRACT

The project present a method of energy saving of air conditioner use cooling the condenser whit draining water from itself. This technique can be saved the energy, so the air conditioner will be working is high efficiency



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้จัดทำสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร ที่ได้ให้คำแนะนำมาโดยตลอด อีกทั้งเอื้อเพื่ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญาบัตรนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญาบัตรเสมอมา คุณความดีที่พึงมีจากการทำปริญญาบัตร ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 ท่อแคพิลลารี (Capillary tube)	9
2.3 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ.....	10
2.4 วัฏจักรเครื่องทำความเย็น.....	12
2.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบทำความเย็น.....	13
2.5 การระเหยของน้ำ.....	15
2.6 ระบบท่อน้ำทิ้ง (Condensate Drain).....	15
2.6.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity).....	16
2.6.2 การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ.....	19
2.6.2.1 ไฮโกรมิเตอร์แบบกระดาษเปียกกระดาษแห้ง.....	19
2.6.3 ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity).....	20
2.6.4 วิธีการอ่านจากไซโครเมตริกชาร์ต (psychrometric chart).....	20
2.6.4.1 วิธีการอ่านจากไซโครเมตริกชาร์ต (psychrometric chart).....	21
2.7 การถ่ายเทความร้อน.....	22
2.7.1 การนำความร้อน	23
2.7.2 การพาความร้อน (Convection Heat Transfer).....	24
บทที่ 3 การออกแบบ.....	27
3.1 กล่าวนำ.....	27
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
3.2.1 ชุดควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์.....	29
3.2.2 ถังน้ำเกลือ	30
3.2.3 ถังพักน้ำระจกรถยนต์.....	31
3.2.4 วงจรท่อทองแดง.....	32
3.2.5 ท่อ (Pipe).....	32
3.2.6 รางน้ำ (Trough).....	33
3.3 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน.....	33
3.3.1 อันตรายที่เกิดจากสารทำความเย็น.....	33
3.3.2 อันตรายที่เกิดจากถังความดัน.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่วารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.3 อันตรายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า.....	35
3.4 เครื่องมือบริการ.....	37
3.4.1 ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer).....	37
3.4.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer).....	38
3.4.3 เครื่องวัดความชื้นในอากาศแบบดิจิตอล.....	38
3.4.4 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า.....	39
3.4.4.1 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า.....	39
3.5 การออกแบบวิธีประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ.....	40
3.5.1 การหาความสามารถในการทำความเย็นของวัฏจักร ทำความเย็นแบบอัดไอ.....	40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	42
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	42
4.2 ลำดับขั้นเตรียมการทดลอง.....	42
4.3 กาวัดค่าน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นของเครื่องปรับอากาศใน 1 ชม.....	43
4.4 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 1.....	47
4.5 ผลการทดลองกรณีที่ 1.....	50
4.6 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 2.....	54
4.7 ผลการทดลองกรณีที่ 2.....	55
4.8 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 3.....	59
4.9 ผลการทดลองกรณีที่ 3.....	60
4.10 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 4.....	64
4.11 ผลการทดลองกรณีที่ 4.....	65
4.12 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 5.....	69
4.13 ผลการทดลองกรณีที่ 5.....	70
4.14 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 6.....	74
4.15 ผลการทดลองกรณีที่ 6.....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	80
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก.....	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพของผู้ผลิต	14
2.2 ตารางปริมาณการกลั่นตัวของไอน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100%.....	17
2.3 ตารางเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์.....	18
2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	26
3.1 แสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านร่างกาย.....	36
4.1 ปริมาณน้ำทิ้งในเวลากลางวัน	45
4.2 ปริมาณน้ำทิ้งในเวลากลางคืน	46
4.3 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน.....	50
4.4 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน.....	52
4.5 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า.....	56
4.6 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ในเวลากลางคืน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า.....	57
4.7 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	61
4.8 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ในเวลากลางคืน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	62
4.9 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน.....	66
4.10 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน	67
4.11 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดน้ำ แบบซึมผ่านผ้า	71
4.12 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน โดยชุดจำลองหยดน้ำ แบบซึมผ่านผ้า	72
4.13 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยด แบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	75
4.14 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยด แบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอของเครื่องปรับอากาศ.....	3
2.2 คอมเพรสเซอร์แบบปิด.....	5
2.3 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม.....	6
2.4 อีวาโปเรเตอร์แบบแห้ง.....	7
2.5 อีวาโปเรเตอร์แบบท่อเปลือย.....	8
2.6 อีวาโปเรเตอร์แบบแผ่น.....	8
2.7 อีวาโปเรเตอร์แบบครีประบายความร้อน.....	9
2.8 ท่อแคปพิลารี.....	10
2.9 วงจรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	11
2.10 วัฏจักรเครื่องทำความเย็น.....	12
2.11 ประสิทธิภาพสมรรถนะ (COP) ของระบบทำความเย็น.....	13
2.12 ประสิทธิภาพสมรรถนะการทำความเย็น.....	13
2.13 การเปลี่ยนแปลงค่า COP ในอุดมคติ.....	14
2.14 เทอร์มอมิเตอร์แบบกระแห้งและกระเปาะเปียก.....	19
2.15 แสดง ไชโครเมตริกชาร์ท (psychrometricchart).....	21
2.16 การอ่าน ไชโครเมตริกชาร์ท (psychrometricchart).....	21
2.17 การนำความร้อนของวัตถุหนา L ที่อุณหภูมิที่ผิววงที่.....	24
2.18 การพาความร้อนในลักษณะต่างๆ.....	24
3.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ.....	27
3.2 ชุดจำลองหยดน้ำแบบปั๊มและท่อ.....	28
3.3 ชุดจำลองหยดน้ำแบบปั๊มและท่อราผ้า.....	29
3.4 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลก.....	29
3.5 รูปวงจรควบคุมแรงดันความเร็วมอเตอร์.....	30
3.6 รูปชุดควบคุมแรงดันความเร็วมอเตอร์.....	30
3.7 ถังน้ำเกลือ.....	31
3.8 ถังพักน้ำกระจุกรถยนต์ที่ต่อเข้ากับปั๊ม ขนาด12V.....	31
3.9 วงจรท่อในระบบทำความเย็น.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโครงการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 ขนาดของท่อที่ใช้ในกาหล่อเย็น.....	32
3.11 รางน้ำ.....	33
3.12 การเชื่อมต่อสายดิน.....	36
3.13 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของไฮโกรมิเตอร์.....	37
3.14 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer).....	38
3.15 เครื่องวัดความชื้นในอากาศแบบดิจิตอล.....	38
3.16 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer).....	39
3.17 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเข้ากับคอมเพรสเซอร์.....	39
3.18 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าของWatt-transducer.....	40
3.19 P-h Diagram ของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ.....	40
4.1 Hygrometer.....	44
4.2 รูปแสดงการอ่านไฮโครเมตริกชาร์ต.....	44
4.3 (ก) ชุดจำลองน้ำหยดน้ำ.....	47
4.3 (ข) บีกเกอร์ตวงน้ำทิ้งใส่แท่งกั้นในชุดทดลอง 3 ลิตร.....	47
4.4 (ก) การวัดอุณหภูมิของแผงคอยล์ร้อน.....	47
4.4 (ข) การวัดอุณหภูมิของน้ำ.....	47
4.4 (ค) อุณหภูมิของแผงคอยล์เย็น.....	48
4.4 (ง) การวัดอุณหภูมิของพัดลมระบายอากาศ.....	48
4.5 (ก) Watt Transducer.....	48
4.5 (ข) ค่าที่วัดออกมาจาก Watt Transducer.....	48
4.6 การปรับแรงดันไฟฟ้าสำหรับปั๊มของชุดจำลองหยดน้ำ.....	49
4.7 (ก) วัตต์มิเตอร์ (Watt Meter)	
ที่ใช้ในการเก็บค่าพลังงานและกระแสไฟฟ้าทุก ๆ 1 นาที.....	49
4.7 (ข) อุณหภูมิที่ได้จากการวัดแผงคอยล์ร้อน	
ของเครื่องปรับอากาศทุก ๆ 1 นาที.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	53
4.8 (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	53
4.9 ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า.....	54
4.10 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	58
4.10 (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	58
4.11 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	59
4.12 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	63
4.12 (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	63
4.13 ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า.....	64
4.14 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	68
(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	68
4.15 ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า.....	69
4.16 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	73
(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	73
4.17 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ.....	74
4.18 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน.....	78
(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจในการทำวิจัย

ปัจจุบันการใช้พลังงานเป็นปัญหาสำคัญของประเทศและเริ่มจะมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของประชาชนมากขึ้น การใช้พลังงานเกี่ยวข้องกับดำรงชีวิตในหลายรูปแบบ พลังงานที่ถูกนำมาใช้และกำลังเข้าสู่ภาวะวิกฤติมากที่สุด คือ พลังงานจากการใช้น้ำมัน น้ำมันถูกแปรรูปเป็นพลังงานในหลายรูปแบบ เช่น การใช้สำหรับยานพาหนะ การสูบน้ำ การผลิตกระแสไฟฟ้าหรืออื่นๆ

ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งที่เกิดผลจากพลังงานของมนุษย์โลกอย่างมหาศาล ตั้งแต่ปี 2549 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้ามากถึง 24,900 เมกกะวัตต์ นับเป็นการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในประวัติศาสตร์ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2,350 เมกกะวัตต์ถูกใช้สำหรับห้องนอนที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ทั้งนี้เป็นเพราะประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศที่มีอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดทั้งปี การใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้อยู่อาศัยบ้านพักที่อยู่ในเมืองใหญ่ๆหรือตามชานเมืองจึงนิยมใช้เครื่องปรับอากาศมาก แต่เนื่องจากการใช้งานเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานสูง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน อีกทั้งยังสิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นการที่จะอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อความสุขสบายของผู้ใช้และประหยัดค่าใช้จ่าย เพื่อผลประโยชน์ต่อผู้ใช้เองและต่อประเทศชาติโดยส่วนรวมนั้นจำเป็นต้องทราบถึงวิธีการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มา ในการศึกษาการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศเป็นระบบทำความเย็นที่มีการใช้พลังงานสูงและในเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องจะมีปริมาณน้ำทิ้งเป็นจำนวนมากซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้จะถูกทิ้งไปโดยไร้ประโยชน์ คณะผู้จัดทำโครงการเล็งเห็นว่าน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศน่าจะทำประโยชน์ได้ จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ โดยศึกษาปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะนำน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศไปใช้ประโยชน์ในการลดพลังงานด้วยวิธีการ นำน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศไปหล่อเย็นคอนเดนเซอร์

เพื่อให้อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ต่ำลง ทำให้การระบายความร้อนดีขึ้นและทำให้ประสิทธิภาพในการลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท

- เพื่อศึกษาปริมาณน้ำทิ้งของ Air Condition
- เพื่อศึกษาการเกิดน้ำทิ้งใน Air Condition ที่สภาวะต่าง อุณหภูมิ ความชื้น
- เพื่อประยุกต์ใช้น้ำทิ้งไประบายความร้อนให้ Air Condition
- เพื่อศึกษาวิธีการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ
- เพื่อให้นำความรู้ความสามารถที่เรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

- ปริมาณน้ำทิ้งของ Air Condition
- อุณหภูมิภายในห้อง
- ปริมาณความชื้นในอากาศ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- ศึกษาการเกิดน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ และปริมาณน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ
- ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
- ทำการออกแบบชุดทดลองประหยัดพลังงานในการระบายความร้อนที่ตัว Condensor โดยใช้อุปกรณ์ที่มีขายตามท้องตลาด
- เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ ก่อนระบายความร้อนที่ตัว Condensor และหลังระบายความร้อนที่ตัว Condensor ของเครื่องปรับอากาศ

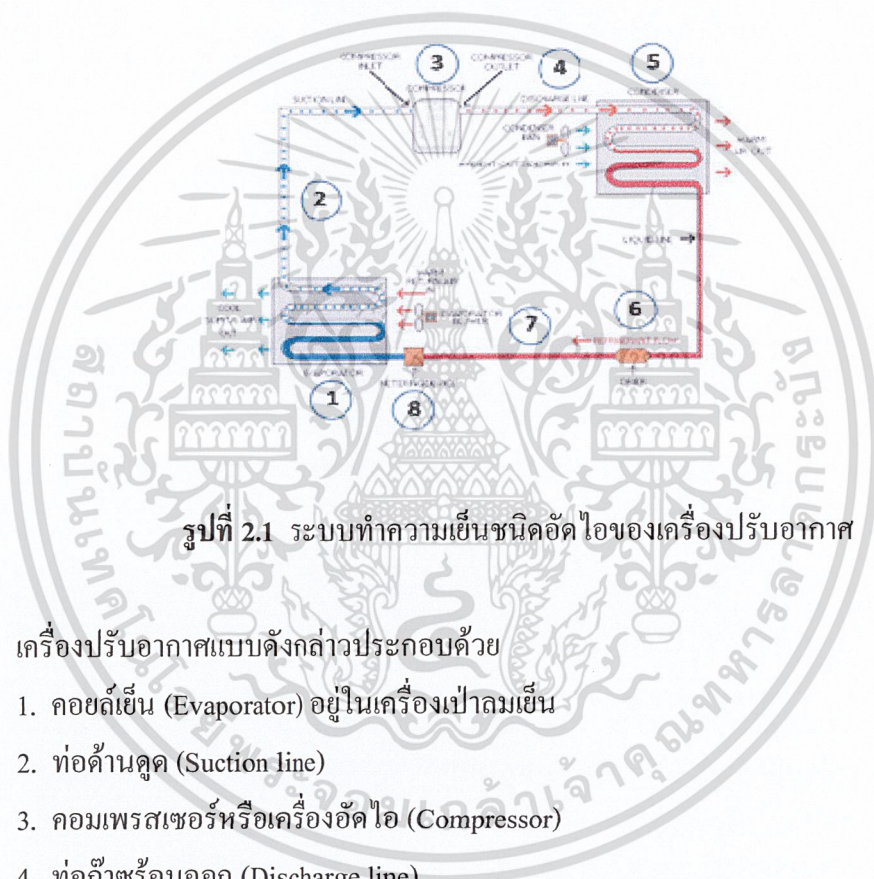
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

หลักการของระบบปรับอากาศที่ใช้ระบอบความร้อนด้วยอากาศแบบระบอบความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 2.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบดังกล่าวประกอบด้วย

1. คอยล์เย็น (Evaporator) อยู่ในเครื่องเป่าลมเย็น
2. ท่อดูดอากาศ (Suction line)
3. คอมเพรสเซอร์หรือเครื่องอัดไอ (Compressor)
4. ท่อก๊าซร้อนออก (Discharge line)
5. คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน (Condenser) อยู่ในคอนเดนซิ่งยูนิต
6. อุปกรณ์ดูดความชื้น (Dryer)
7. ท่อสารทำความเย็นเหลว (Liquid line)
8. วาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น (Refrigerant flow control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปอีโพรเตเตอร์(Evaporator)หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คอยล์เย็น มีหน้าที่รับความร้อนจากภายในห้อง ทำให้ห้องที่เราอยู่อาศัยหรือทำงานมีอุณหภูมิเย็นลงและรู้สึกเย็นสบาย โดยจะมีของเหลวชนิดหนึ่งเป็นสื่อที่จะพาความร้อนออกไปทิ้งข้างนอกเรียกว่า สารทำความเย็นคอมเพรสเซอร์(Compressor) ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้แก่สารทำความเย็นให้มีความดันสูงขึ้นคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือคอยล์ร้อนทำหน้าที่ทิ้งความร้อนที่อยู่ในสารทำความเย็นออกไปภายนอกอาคารวาล์วลดความดัน (Throttle valve) ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น

ความร้อนและน้ำมีความคล้ายกันอยู่อย่างหนึ่งก็คือน้ำจะไหลจากที่สูงลงที่ต่ำความร้อนก็จะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยวิธีการนำ (conduction), การพา (convection) และการแผ่รังสี(radiation) หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศก็คือ การนำความร้อนจากในห้องออกไปทิ้งนอกห้องโดยอาศัยสารทำความเย็นเป็นตัวรับความร้อนและนำไปทิ้ง ซึ่งสารทำความเย็นที่เรา รู้จักกันดีก็อย่างเช่น R134a , R22 ซึ่งในปัจจุบันนี้สารทำความเย็นที่ใช้ในรถยนต์มักจะเป็น R134a เนื่องจากเหตุผลทางด้านความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อเราเปิดเครื่องปรับอากาศและตั้งความเย็นไว้เช่น 25°C เครื่องทำความเย็นก็จะตรวจจับอุณหภูมิภายในห้องที่ต้องการทำความเย็นว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ต้องการหรือไม่ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าก็จะเริ่มทำงานเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านท่อในส่วนของคอยล์เย็นที่ติดตั้งภายในห้องก็จะรับความร้อนจากภายในห้องทำให้ผิวท่อของคอยล์เย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลงและเมื่อพัดลมที่ติดตั้งอยู่เป่าลมผ่านคอยล์เย็นนี้ออกมาก็จะทำให้เรารู้สึกเย็นสบาย เครื่องทำความเย็นก็จะทำงานไปเรื่อยๆจนเท่าที่อุณหภูมิภายในห้องยังไม่ลดต่ำลงจนถึงค่าที่เราตั้งเอาไว้

เมื่ออุณหภูมิภายในห้องลดต่ำลงจนถึงค่าที่เราตั้งไว้คือ 25°C เครื่องก็จะหยุดทำงานดังนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่เราต้องเข้าใจว่าการปรับอุณหภูมิให้ต่ำเกินไปก็เป็นสิ่งที่ไม่ดี และไม่ถูกต้องเนื่องจากเครื่องทำความเย็นจะทำงานตลอดเวลา ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เครื่องทำงานหนัก เครื่องเสียบ่อย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

2.2.1 คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดอัดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอ โดยดูดไอที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาโปเรเตอร์ แล้วอัดให้มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจนถึงจุดที่ไอสามารถควบแน่นเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ได้

2.2.1.1 แบบปิด (Close Type)

เป็นคอมเพรสเซอร์ที่มีตัวอัดและตัวมอเตอร์อยู่ภายใน โครงสร้างเดียวกัน โดยมี การห่อหุ้มแบบมิดชิดเรียกว่าคอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิด (Hermetic Compressor) นิยมใช้กับระบบทำความเย็นขนาดเล็กเช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 2.2 คอมเพรสเซอร์แบบปิด

2.2.2 คอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน (Condenser) ถูกนำมาใช้ในระบบทำความเย็นคอนเดนเซอร์จะระบายความร้อน ออกจากสารทำความเย็นที่ไหลผ่านตัวเครื่องสารตัวกลางเพื่อทำความเย็นสามารถเลือกใช้ได้หลายชนิด

คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน (Condenser) ถูกนำมาใช้ในระบบทำความเย็นคอนเดนเซอร์จะระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่ไหลผ่านตัวเครื่องสารตัวกลาง เพื่อทำความเย็นสามารถเลือกใช้ได้หลายชนิด ความร้อนจาก(Evaporator) ไม่อบและคอมเพรสเซอร์(Compressor) คำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบทำความเย็นจะถูกส่งไปยังน้ำยาหล่อเย็น(Coolant) ก่อนที่จะส่งไปยังคอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน(Condenser) และเมื่อน้ำยาหล่อเย็นไหลผ่านตัวคอนเดนเซอร์ หรือคอยล์ร้อน (Condenser) ทำให้ก็จะเย็นตัวลงและเกิดการควบแน่นและเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเป็นของเหลว

ความร้อนจะถูกระบายออกจากคอนเดนเซอร์ หรือคอยล์ร้อน (Condenser) ด้วยอากาศหรือน้ำ ดังนั้นคอนเดนเซอร์จึงแบ่งเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบายความร้อนด้วยน้ำ คอนเดนเซอร์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศจะใช้พัดลมเป่า ขณะที่ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ จะใช้เครื่องสูบน้ำส่งน้ำระบายความร้อน

2.2.2.1 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม (Air Cooled Condenser)

คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลมประเภทนี้ประกอบด้วยท่อขนาดเล็กรวมกันหลายชั้น โดยที่ผิวด้านนอกของท่อจะสัมผัสกับครีป (fin) เพื่อถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นไปสู่อากาศภายนอก ดังแสดงในรูปการควบแน่นเกิดขึ้นขณะที่สารทำความเย็นไหลผ่านท่อทางด้านขวาเข้าสู่ที่ท่อด้านออกและไปที่ถังเก็บน้ำยา (liquid receiver)

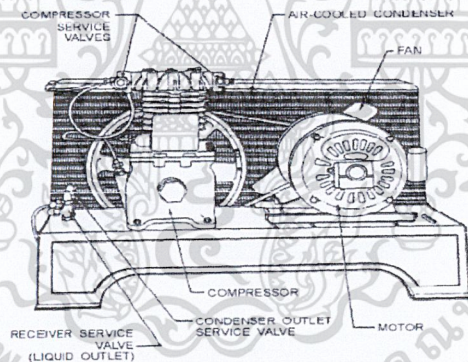


Figure 6-20.—Air-cooled condenser mounted on a compressor unit.

รูปที่ 2.3 คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยลม

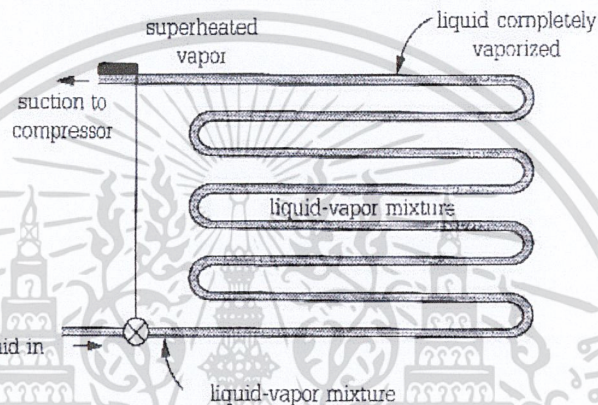
2.2.3 อีวาโปเรเตอร์

อีวาโปเรเตอร์(Evaporator)คือส่วนหนึ่งของระบบทำความเย็นที่ใช้เพื่อให้ น้ำยาเหลวระเหย และดูดความร้อนออกจากที่ทำความเย็น ซึ่งได้ผลผลิตออกมาในรูปแบบ ขนาดชนิดและวิธีการ ออกแบบต่างๆ เพื่อจะได้สะดวกและเหมาะสมกับการใช้งานฉะนั้นจึงอาจแบ่ง Evaporatorได้ตาม

ลักษณะการทำงาน การสร้างการใช้งานการไหลเวียนของตัวระบายความร้อน และชนิดของตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ควบคุม น้ำยา อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 อีวาโปเรเตอร์แบบแห้ง (Semi Flood Evaporator)

อีวาโปเรเตอร์(Evaporator) ชนิดนี้น้ำยาจะไหลเข้าไปในสถานะของของเหลวแต่จะกลายเป็นไอทั้งหมด ที่ส่วนปลายของ Evaporator ปริมาณน้ำยาเหลวใน Evaporator จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโหลดของมัน คือถ้าโหลดน้อย Evaporator จะต้องการปริมาณน้ำยาเหลวน้อย และถ้าโหลดมาก Evaporator จะต้องการปริมาณน้ำยาเหลวมาก ฉะนั้น Evaporator ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อโหลดมากที่สุดเพราะน้ำยาเหลวสัมผัสผิวด้านในของมัน ได้มากที่สุด



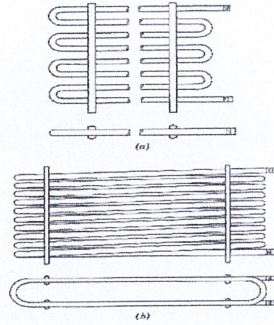
รูปที่ 2.4 อีวาโปเรเตอร์แบบแห้ง

ถ้าแบ่งตามลักษณะการสร้างอาจแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

2.2.3.2 อีวาโปเรเตอร์ท่อเปลือย (Bar Tube)

อีวาโปเรเตอร์(Evaporator) ชนิดนี้ทำด้วยท่อเปลือยซึ่งอาจจะมีรูปร่างขนาดและการออกแบบต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปถ้าเป็นท่อเหล็กเหนียวมักใช้ทำ Evaporator ที่มีขนาดใหญ่หรือ Evaporator ที่ใช้น้ำยาแอมโมเนียถ้าเป็นท่อทองแดงจะใช้ทำ Evaporator ขนาดเล็กและอาจใช้กับน้ำยาอื่นที่ไม่ใช่น้ำยาแอมโมเนีย

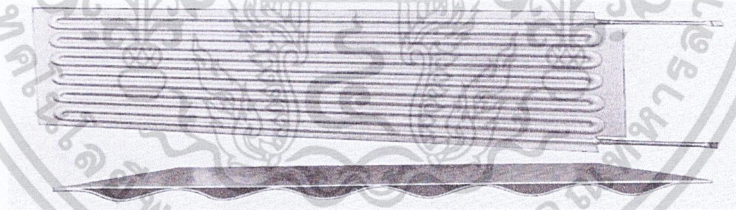
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 อีวาโปเรเตอร์แบบท่อเปลือย

2.2.3.3 อีวาโปเรเตอร์แบบแผ่น (Plate Type)

อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ชนิดนี้อาจสร้างให้มีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ กัน Evaporator ที่ทำด้วยโลหะแผ่นเรียบ 2 แผ่นแผ่นหนึ่งจะถูกปั๊มให้เป็นร่องเพื่อใช้เป็นทางไหลของน้ำยาแล้วนำมาเชื่อมเข้าด้วยกัน ซึ่ง Evaporator นี้จะใช้มากในตู้เย็นและตู้แช่แข็งตามบ้าน เพราะทำความสะดวกได้ง่าย และราคาถูก



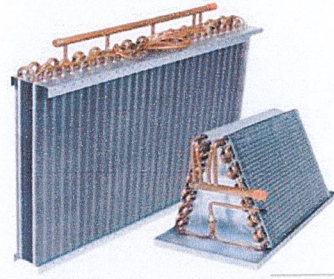
รูปที่ 2.6 อีวาโปเรเตอร์แบบแผ่น

2.2.3.4 อีวาโปเรเตอร์แบบครีบริบายความร้อน (Fin Tube)

เป็นอีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ที่ทำด้วยท่อเปลือยและมีครีบริบายความร้อนที่ผิวด้านนอก เพื่อให้พื้นที่ผิวมากขึ้น ฉะนั้นความร้อนสามารถไหลเข้าไปยังน้ำยาในท่อมากขึ้นทำให้

ประสิทธิภาพของ Evaporator สูงขึ้น ครีบริบายความร้อนจะต้อง good thermal contact กับท่อ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กระทำด้วยการบิดเบือน หรือวิธีอื่นๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 อีวาโปรเรเตอร์แบบครีบบระบายความร้อน

2.2.4 ท่อแคพิลลารี (Capillary tube)

ท่อแคพิลลารีเป็นอุปกรณ์ ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่ง่ายที่สุดประกอบด้วยท่อที่มีความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางตามความสามารถในการทำความเย็นภาระในการทำความเย็นและปริมาณของสารทำความเย็นติดตั้งอยู่ระหว่างเครื่องควบแน่น และอีวาโปรเรเตอร์ โดยปกติที่ต่อในแนวตั้งในของเหลว รูปที่ 2.8 เนื่องจากมีความต้านทานความเสียดทานสูง เป็นผลมาจากความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดเล็กและเนื่องจากเป็นผลของกระบวนการทรอทร้ง จากการค่อยๆ เกิด (Flash gas) ในท่อนขณะที่ความดันต่ำกว่าความดันอิ่มตัว ท่อแคพิลลารี จะเป็นตัวจำกัด หรือวัดอัตราการไหล ของของเหลวจากเครื่องควบแน่น ไปยังอีวาโปรเรเตอร์และยังรักษาความแตกต่างของความดันในการทำงานของ เครื่องควบแน่นและอีวาโปรเรเตอร์ด้วย ท่อแคพิลลารีทำด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มม. ถึง 2.5 มม. และมีความยาวประมาณ 0.3 เมตร ถึง 5 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถ และภาระของเครื่องทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



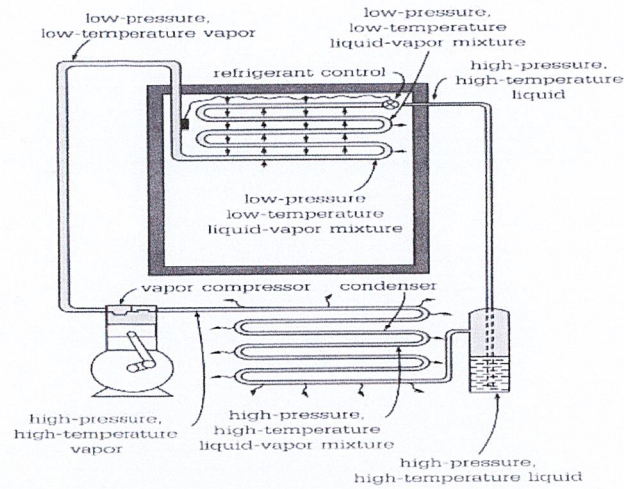
รูปที่ 2.8 ท่อแคปพิลารี (Capillary tube)

2.3 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

ระบบอัดไอเป็นระบบที่ทำให้เกิดความเย็นขึ้นได้โดยอาศัยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ร่วมกันดังรูปที่ 2.1 โดยอุปกรณ์แต่ละตัวมีหน้าที่ดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์ (compressor) ทำหน้าที่ดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหยและอัดให้มีความดันสูงขึ้นจนสามารถควบแน่นได้ที่คอนเดนเซอร์
2. คอนเดนเซอร์ (condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวและส่งเข้ารีซีฟเวอร์
3. รีซีฟเวอร์ (receiver) ทำหน้าที่สะสมของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหยได้ตลอดเวลาในการทำงาน
4. ถิ่นลดความดัน (expansion valve หรือ refrigerant control) ทำหน้าที่ลดความดันของน้ำยาที่ออกจากคอนเดนเซอร์เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหย
5. เครื่องระเหย (evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นไอและทำให้บริเวณใกล้เคียงเกิดความเย็นขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

การทำงานของวงจรทำความเย็นแบบอัดไออาศัยสารทำความเย็น (Refrigerant) ซึ่งมีหลายชนิดแต่ทุกชนิดจะต้องมีคุณสมบัติเบื้องต้นเหมือนกันคือสามารถเปลี่ยนสถานะได้ง่าย เช่นที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ R-12, R-22 หรือ R-134a ซึ่งเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอได้ที่อุณหภูมิ -21.6°F (-29.8°C), -41.4°F (-40.8°C) และ -15.1°F (-26.2°C) ตามลำดับภายใต้ความดันบรรยากาศ

การทำงานเริ่มที่คอมเพรสเซอร์จะดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากเครื่องระเหยเข้าทางด้านดูด (suction) ของคอมเพรสเซอร์และอัดออกให้มีความดันสูงขึ้นและส่งออกทางด้านส่ง (discharge) ของคอมเพรสเซอร์เข้าคอนเดนเซอร์

น้ำยาภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงนี้ เมื่อผ่านคอนเดนเซอร์จะถูกระบายความร้อนออกจนถึงจุดควบแน่นน้ำยาจะเปลี่ยนสถานะจากไอไปเป็นของเหลวตกลงด้านล่างของคอนเดนเซอร์และถูกส่งไปเข้ารีซีฟเวอร์

น้ำยาในสภาพที่เป็นของเหลวในรีซีฟเวอร์จะถูกส่งผ่านลิ้นลดความดันทำให้น้ำยาเกิดการขยายตัวความดันจะลดลงจนน้ำยาไม่สามารถคงสภาพเดิม (ของเหลว) จึงเปลี่ยนเป็นไอ

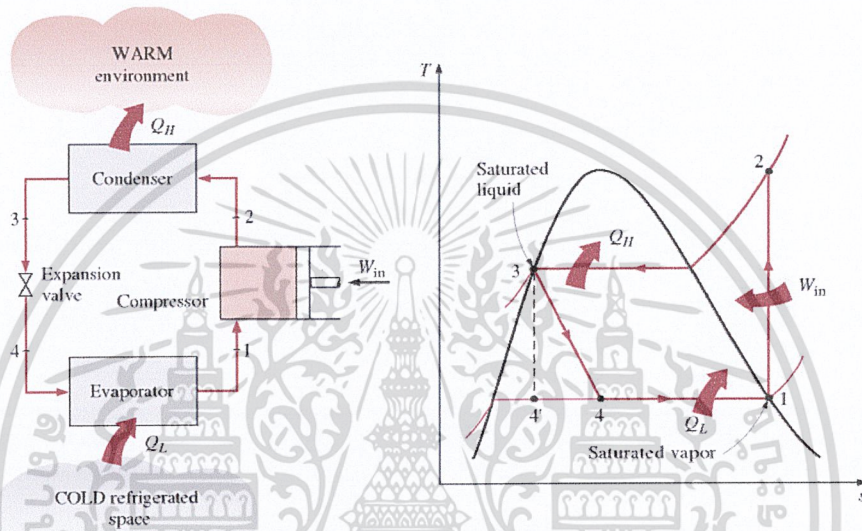
การเปลี่ยนสถานะของน้ำยาจากของเหลวเป็นไอขณะออกจากลิ้นลดความดันและตลอดช่วงที่ผ่านเครื่องระเหยนี้จะทำให้เกิดความเย็นขึ้นเนื่องจากของเหลวจะดูดความร้อนออกจากบริเวณ

รอบๆ ไปใช้เป็นการแลกเปลี่ยนในการเปลี่ยนสถานะทำให้บริเวณรอบๆ เครื่องระเหยเกิดความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปี
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อน้ำยาผ่านเครื่องระเหยจะเปลี่ยนสถานะเป็น ไอหมดและถูกคอมเพรสเซอร์ดูดและอัดให้มีความดันสูงขึ้นและถูกส่งไปใช้งานในวงจรหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไปโดยน้ำยาจะไม่สูญหายจึงไม่จำเป็นต้องเติมน้ำยาเพิ่มเข้าไปในระบบอีกถ้าไม่มีจุดที่น้ำยารั่วออกมาได้

2.4 วัฏจักรเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 2.10 แสดงวัฏจักรเครื่องทำความเย็น

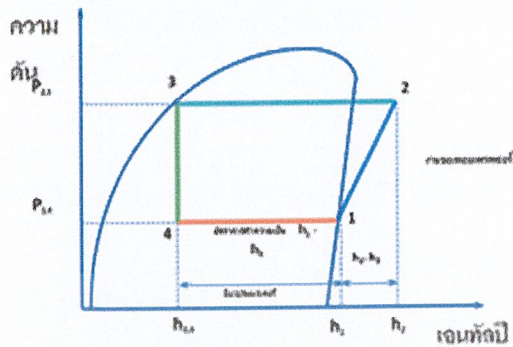
$$\text{ที่เครื่องระเหย (evaporator)} \quad Q_L = (h_1 - h_4) \quad (2.1)$$

$$\text{ที่เครื่องควบแน่น (condenser)} \quad Q_H = (h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

$$\text{ที่เครื่องอัด (compressor)} \quad W_{in} = (h_2 - h_1) \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ของระบบทำความเย็น



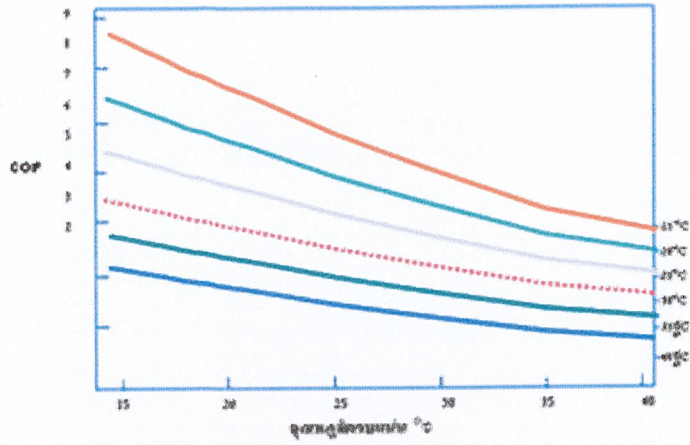
รูปที่ 2.11 แสดงประสิทธิภาพสมรรถนะ (COP) ของระบบทำความเย็น

สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) = $\frac{\text{ความร้อนที่ต้องการนำออกมาจากผลิตภัณฑ์/พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์}}{h_1 - h_4 / h_2 - h_1}$



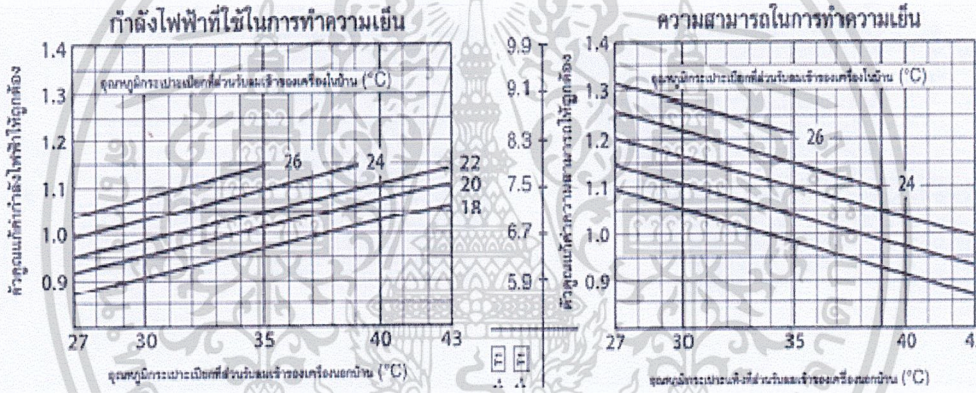
รูปที่ 2.12 แสดงประสิทธิภาพสมรรถนะการทำความเย็น

สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น(COP)อุดมคติ = $\frac{T_L}{T_H - T_L}$ โดยปกติแล้วระบบทำความเย็นที่ใช้งานอยู่ทั่วไปจะมีค่า COP ประมาณร้อยละ 40 ของ COP ในอุดมคติ การเปลี่ยนแปลงค่า COP ขึ้นกับสารทำความเย็น อุณหภูมิและประสิทธิภาพ ของเครื่องทำความเย็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงค่า COP ในอุดมคติ

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพของผู้ผลิต



ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio; EER) EER = 3412 COP

การกำหนดระดับประสิทธิภาพและค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ

ระดับที่ 1 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ต่ำ มีค่า EER ต่ำกว่า 7.6

ระดับที่ 2 ระดับที่มีประสิทธิภาพ พอใช้ มีค่า EER ตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.6

ระดับที่ 3 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ปานกลาง มีค่า EER ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6

ระดับที่ 4 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ดี มีค่า EER ตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10.6

ระดับที่ 5 ระดับที่มีประสิทธิภาพ ดีมาก มีค่า EER ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศเมื่อผ่านคอยล์เย็นจะกระทบกับผิวของคอยล์เย็นและเกิดการกลั่นตัวของความชื้น ในอากาศที่ผิวคอยล์เย็นนี้จะกลายเป็นหยดน้ำไหลลงมา ดังนั้นที่ได้คอยล์เย็นจะมีถาดน้ำทิ้งเพื่อรองรับ ปริมาณน้ำในอากาศที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นนี้เพื่อไม่ให้หยดเลอะเทอะหลังจากนั้นก็จะมีท่อ น้ำทิ้งที่เรียกว่า Condensate Drain เพื่อนำน้ำไปทิ้งต่อไปที่งานที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านก็จะพบเห็น ท่อน้ำทิ้งนี้และเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศก็จะมีน้ำไหลออกมาท่อนี้จะต้องหุ้มฉนวนเช่นกันเพราะน้ำ ทิ้งนี้มีความเย็น ไม่เช่นนั้นอาจจะมีน้ำเกาะที่ท่ออีก

2.6.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เป็นวิธีการวัดความชื้น โดยการเปรียบเทียบเป็น เปอร์เซ็นต์ระหว่างความชื้นสัมบูรณ์หรือมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศกับมวลของไอน้ำที่ อากาศจำนวนนั้นๆ จะมีได้อย่างเต็มที่ ณ อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความชื้นสัมบูรณ์}}{\text{ปริมาณไอน้ำในอากาศที่อิ่มตัว}} \times 100 \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางปริมาณการกลั่นตัวของไอน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100%

ตาราง ปริมาณการกลั่นตัวของไอน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100 %										
อุณหภูมิ °C ทุก ๆ 10°C	อุณหภูมิ °C ทุก ๆ 1°C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	420.1	433.6	448.5	464.3	480.8	496.6	614.3	532.0	550.3	569.7
80	290.8	301.7	313.3	325.3	337.2	349.9	362.5	375.9	389.7	404.9
70	197.0	204.9	213.4	222.1	231.1	240.2	249.6	259.4	269.7	280.0
60	129.8	135.6	141.5	147.6	153.9	160.5	167.3	174.2	181.6	189.0
50	82.9	86.9	90.9	95.2	99.6	104.2	108.9	114.0	119.1	124.4
40	51.0	53.6	56.4	59.2	62.2	65.3	68.5	71.8	75.3	78.9
30	30.3	32.0	33.8	35.6	37.5	39.5	41.6	43.8	46.1	48.5
20	17.3	18.3	19.4	20.6	21.8	23.0	24.3	25.7	27.2	28.7
10	9.40	10.0	10.6	11.3	12.1	12.8	13.6	14.5	15.4	16.3
0	4.85	5.19	5.56	5.95	6.35	6.80	7.26	7.75	8.27	8.82
-0	4.85	4.52	4.22	3.39	3.66	3.40	3.16	2.94	2.73	2.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือเผยแพร่ข้อมูลต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119471

ตารางที่ 2.3 ตารางเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิ กระเปาะแห้ง	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)																				
	ผลต่างของอุณหภูมิกะเปาะเปียก และกระเปาะแห้ง (อุณหภูมิกะเปาะแห้ง - อุณหภูมิกะเปาะเปียก)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0	81																				
2	83	67																			
4	85	70	56																		
6	86	72	59	46																	
8	87	74	62	51	39																
10	88	76	65	54	43	33															
12	88	78	67	57	48	38	28														
14	89	79	69	60	50	41	33	25													
16	90	80	71	62	54	45	37	29	21												
18	91	81	72	64	56	48	40	33	26	19											
20	91	82	74	66	58	51	44	36	30	23	17										
22	92	83	75	68	60	53	46	40	33	27	21	15									
24	92	84	76	69	62	55	49	42	36	30	25	20	14								
26	92	85	77	70	64	57	51	45	39	34	28	23	18	13							
28	93	86	78	71	65	59	53	45	42	36	31	26	21	17	12						
30	93	86	79	72	66	61	55	49	44	39	34	29	25	20	16	12					
32	93	86	80	73	68	62	56	51	46	41	36	32	27	22	19	14	11				
34	93	86	81	74	69	63	58	52	48	43	38	34	30	26	22	18	14	11			
36	94	87	81	75	69	64	59	54	50	44	40	36	32	28	24	21	17	13	10		
38	94	87	82	76	70	66	60	55	51	46	42	38	34	30	26	23	20	16	13	10	
40	94	89	82	76	71	67	61	57	52	48	44	40	36	33	29	25	22	19	16	13	10

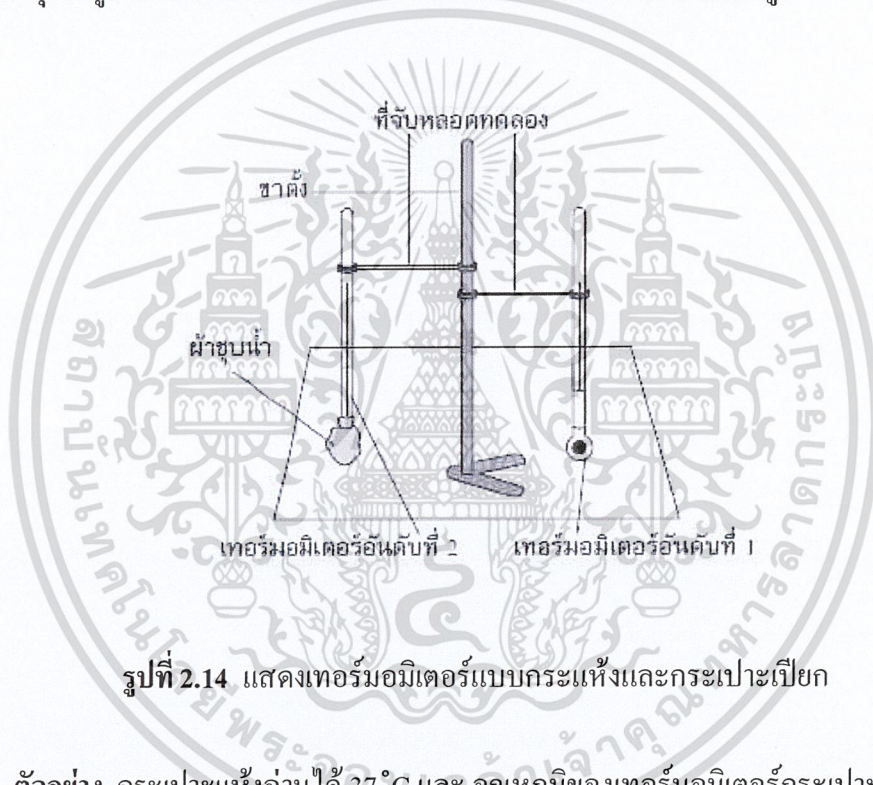
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

โดยการวัดค่าจากเครื่องวัดความชื้นในอากาศมีชื่อเรียกว่า ไฮโกรมิเตอร์ (hygrometer)

2.6.2.1 ไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง

จะประกอบด้วยเทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน โดยอันหนึ่งวัดอุณหภูมิตามปกติอีกอันหนึ่งวัดอุณหภูมิในลักษณะที่เอาผ้ามาหุ้มกระเปาะ โดยให้ผ้าเปียกน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้มีการระเหยของน้ำจากผ้าทำให้ได้อุณหภูมิต่ำกว่า จากนั้นนำเอาอุณหภูมิไปใช้หาค่าความชื้นสัมพัทธ์จากค่าความต่างของระดับอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ทั้งสอง โดยการอ่านค่าจากตารางสำเร็จรูป



รูปที่ 2.14 แสดงเทอร์มอมิเตอร์แบบกระแห้งและกระเปาะเปียก

ตัวอย่าง กระเปาะแห้งอ่านได้ 37°C และ อุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะเปียกอ่านได้ 27°C จะหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้เท่าไร

วิธีการอ่านค่า ไฮโกรมิเตอร์

1. หาผลต่างของค่าอุณหภูมิของทั้งสองเทอร์มอมิเตอร์ได้เท่ากับ $37^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$
2. ดูค่าผลต่างเทียบกับตาราง
3. อ่านค่าของเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะแห้งที่ $35 - 39^{\circ}\text{C}$
4. อ่านค่าความต่าง
5. จากข้อ 3 และข้อ 4 ชิดตั้งฉากเข้าหากัน จุดตัดคือค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 46°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity)

ความชื้นสัมบูรณ์ หรือความชื้นแท้ (absolute humidity) เป็นความชื้นที่มีมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศหนึ่งหน่วยปริมาตรในเวลาใดเวลาหนึ่ง มีหน่วยในการวัดเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมบูรณ์ในอีกความหมายก็คือ ความหนาแน่นของไอน้ำ หรือปริมาณไอน้ำในอากาศ ความชื้นสัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศกับปริมาตรของอากาศ ดังสมการ

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)}}$$

(2.5)

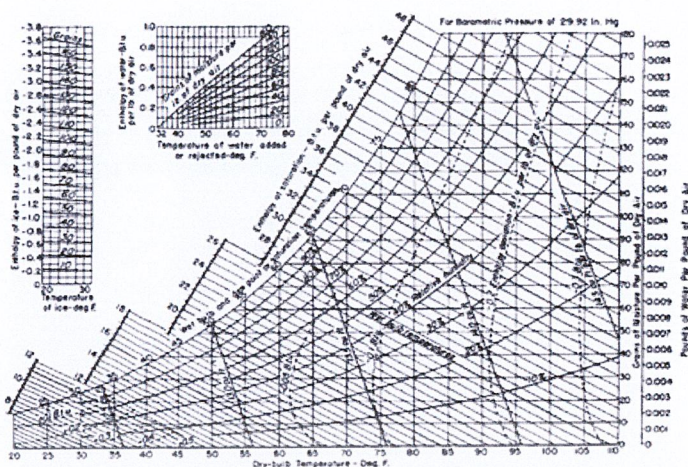
จากสมการข้างต้น ค่าปริมาตรของอากาศ หากจากปริมาตรของ ห้องใดๆที่ใช้ในการทดลอง และจากสมการเราจะสามารถคำนวณหาค่า มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศ

มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศ คือ จำนวนของน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ ณ เวลาและ อุณหภูมินั้นๆ ซึ่งค่ามวลของน้ำในอากาศที่ได้นั้น เราจะนำไปเปิดตารางอ่านค่า จุดน้ำค้างหรือที่เรียกว่า **Dew Point**

2.6.4 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point temperature)

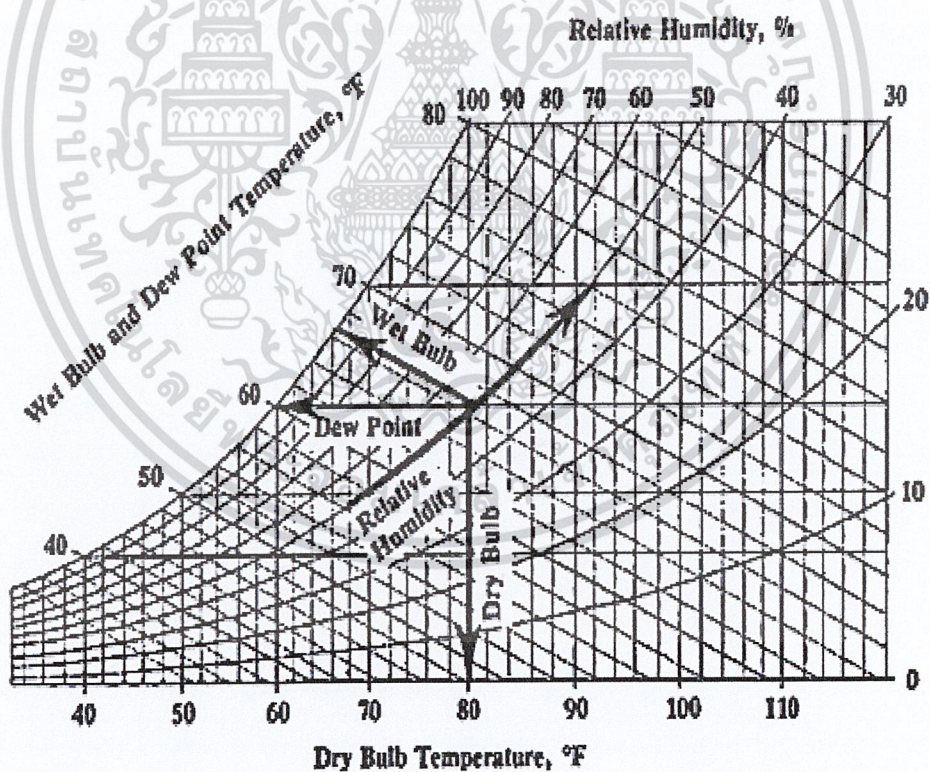
จุดน้ำค้าง (Dew Point) หมายถึงจุดที่มีการกลั่นตัวของไอน้ำที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปริมาณไอน้ำในอากาศอิ่มตัวเต็มที่และอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศลดต่ำลงทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตามธรรมชาติการหาอุณหภูมิจุดน้ำค้างโดย การอ่านค่า จุดน้ำค้างจากไซโครเมตริกชาร์ท (psychrometric chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงไซโครเมตริกชาร์ท (psychrometric chart)

2.6.4.1 วิธีการอ่านจากไซโครเมตริกชาร์ท (psychrometric chart)



รูปที่ 2.16 แสดงภาพการอ่านไซโครเมตริกชาร์ท (psychrometric chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสเกลด้านล่าง ที่ D.B. 80 °F ลากขึ้นไปในแนวตั้งตัดกับสเกลด้านบน ที่ W.B. 66.8 °F จุดที่ตัดกันอ่านเป็น ความชื้นสัมพัทธ์ R.H. 50 % จากจุดที่ตัดกัน ลากในแนวระดับออกมาตัดที่สเกลด้านบน อ่านเป็นจุดน้ำค้าง D.P. 60 °F

เมื่อเราหาค่า จุดน้ำค้าง (Dew Point) เราก็จะรู้ว่าอุณหภูมิการกลั่นตัวเป็นน้ำของความชื้นนั้นคือเท่าใด และเราจะสามารถรู้ได้ว่าถ้าความชื้นนั้นผ่านคอยล์เย็นหรือเรียกอีกอย่างว่า อีแวปโปเรเตอร์ (Evaporator) ซึ่งมีหน้าที่ดูดอากาศ แล้วเปลี่ยนเป็นอากาศเย็นที่ทำให้เรารู้สึกสบาย และ อากาศอีกส่วนหนึ่งที่มีความชื้นนั้น จะถูกกลั่นตัวเป็นน้ำเนื่องจากตัวแฟนคอยล์มีอุณหภูมิ 10 °C ความชื้นบางส่วนมีค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point) และ กลั่นตัวเป็นน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ

2.7 การถ่ายเทความร้อน

เนื่องจากการทำความเย็นคือการทำให้อุณหภูมิต่ำลงด้วยวิธีการถ่ายเทความร้อนจากวัตถุหรือบริเวณที่ต้องการจึงต้องศึกษาการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าพลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็น

การถ่ายเทความร้อนเป็นการศึกษาถึงอัตราการถ่ายเทพลังงาน ในรูปของความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างระบบสองระบบหรือระหว่างระบบหนึ่งและสิ่งแวดล้อมเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่นเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในระบบจะทำให้พลังงานในรูปของความร้อนถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรืออาจกล่าวได้ว่าอาจเกิดความลาดเอียงของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ขึ้นในระบบซึ่งสามารถหาได้จากค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิ (Temperature Distribution) เมื่อเราทราบการกระจายของอุณหภูมิจึงจะสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่และสามารถคำนวณหาภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนได้

ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถแยกพิจารณาออกได้อย่างเด่นชัดเป็น 3 แบบคือการนำ การพา และการแผ่รังสี อันที่จริงแล้วการกระจายของอุณหภูมิในตัวกลางหนึ่งจะถูกควบคุมโดยอิทธิพลรวมของการถ่ายเทความร้อนทั้งสามแบบตามดังที่กล่าวมาแล้ว เพราะฉะนั้นตามความเป็นจริงแล้วจึงไม่สามารถแยกแบบหนึ่งแบบใดได้อย่างสิ้นเชิงจากแบบอื่นๆที่เหลือได้อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ สามารถแยกพิจารณาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การนำความร้อน

การนำความร้อน(Conduction)เป็นรูปแบบของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำโดยการเคลื่อนที่แบบจลน์ (Kinetic Motion)หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอนสำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในโครงสร้างของโมเลกุล (Lattice) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วยยกตัวอย่างเช่น เงิน ทองแดงเหล็ก ฯลฯ อันเป็นผลเนื่องมาจากการนำหรือถ่ายเทพลังงานความร้อน โดยอิเล็กตรอนอิสระเหล่านี้

กฎสามอันดับของการนำความร้อนโดยกำเนิดจากนักฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โจเซฟฟูรีเยร์ (Joseph Fourier) นำหลักการนี้มาใช้วิเคราะห์เป็นทฤษฎีความร้อนกฎนี้กล่าวว่าอัตราการไหลของการนำความร้อนในทิศทางที่กำหนด จะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อนและเกรเดียนต์ของอุณหภูมิในทิศทางนั้นสำหรับการไหลของความร้อนในทิศทาง x กฎของฟูรีเยร์กำหนดเป็น

$$q_x = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{W/m}^2$$

หรือ (2.6)

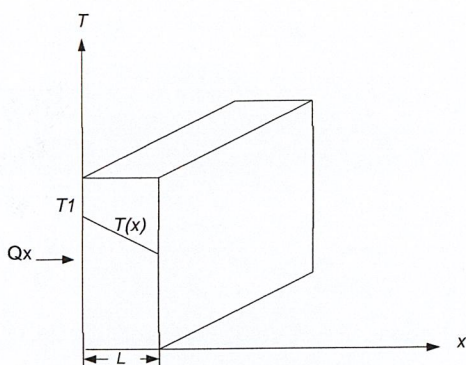
$$Q_x = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{Watt}$$

โดยที่ Q_x คือ อัตราการนำความร้อนผ่านพื้นที่ A ในทิศทางบวก x มีหน่วยเป็น Watt

q_x คือ ฟลักซ์ความร้อนในทิศทางบวก x มีหน่วยเป็น W/m^2

k คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity of Material) และมีค่าเป็นบวก

A คือ พื้นที่ของวัสดุที่ความร้อนผ่าน

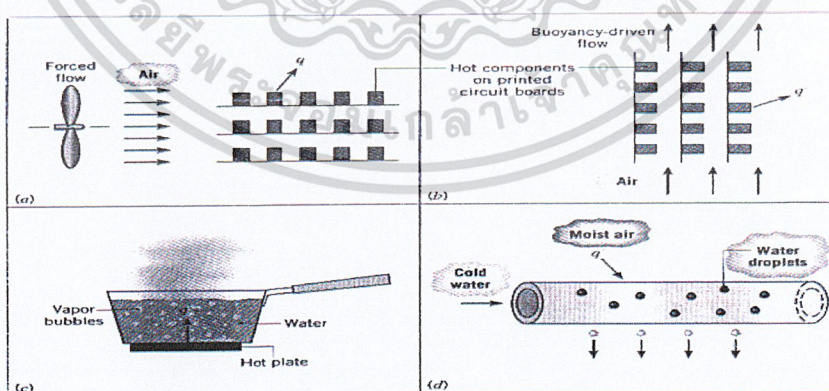


รูปที่ 2.17 การนำความร้อนของวัตถุหนา L ที่อุณหภูมิที่ผิวคงที่

จากรูปที่ 2.17 แกน T คือ อุณหภูมิของผิววัสดุ แกน x คือ ความหนาของวัสดุ โดยที่การถ่ายเทความร้อนจะเริ่มถ่ายเทที่ผิวของวัสดุ โดยถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีความต้านทานความร้อน ซึ่งความต้านทานความร้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และการถ่ายเทความร้อนนั้นจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปต่ำ

2.7.2 การพาความร้อน(Convection Heat Transfer)

เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือไหลผ่านภายในพื้นที่การไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของของแข็งมีค่าแตกต่างกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวของของแข็ง กลไกของการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อน



รูปที่ 2.18 การพาความร้อนในลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้น โดยการทำงานขึ้นเอง โดยใช้ปั๊มหรือพัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำให้ของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบบังคับ”(Forced Convection) ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัวซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบอิสระ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ” (Free or Natural Convection) เช่น ปล่อยแผ่นวัตถุร้อนที่วางอยู่ในแนวตั้งไว้ในอากาศเย็นที่หยุดนิ่งชั้นของอากาศที่ติดกับพื้นผิวของแผ่นวัตถุจะมีการเคลื่อนที่ขึ้นเพราะระดับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอากาศเป็นผลทำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ของของไหลมีผลกระทบต่อสนามอุณหภูมิภายในของไหล การคำนวณหาการกระจายของอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนแบบการพาในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่สลับซับซ้อนมากในทางวิศวกรรมเพื่อให้การคำนวณหาการถ่ายเทความร้อนง่ายขึ้นระหว่างผิวที่ร้อน T_w และอุณหภูมิของของไหลเย็นที่ไหลผ่านบนผิวที่อุณหภูมิ T_s ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) ถูกกำหนดเป็น

$$\begin{aligned} q_x &= hA[T_w - T_s] & W/(m^2.K) \\ Q_x &= hA[T_w - T_s] & W/(m^2.K) \end{aligned} \quad (2.7)$$

โดยที่ Q_x คือ เป็นพลังความร้อนที่ถ่ายเทจากของไหลที่ร้อนไปยังผนังเย็น

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน $W/(m^2.K)$

T_w คือ อุณหภูมิของการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวที่ร้อน (K)

T_s คือ อุณหภูมิของการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวที่เย็น (K)

สมการนี้เป็นสมการที่ได้มาจากกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's Law of Cooling) โดยที่อุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียสหรือเคลวิน และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) (Convective Heat Transfer Coefficient or Film Convective Coefficient) จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของการไหล (เช่น ลามินาร์หรือเทอร์บูเลนต์) รูปทรงของวัตถุ พื้นที่ที่ของไหลไหลผ่าน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของไหล อุณหภูมิเฉลี่ย และตำแหน่งต่างๆตามพื้นผิวของวัตถุ นอกจากนี้แล้วยังขึ้นกับกลไกของการถ่ายเทความร้อนว่าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ(การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากปั๊มหรือพัดลม)หรือจะเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ(การเคลื่อนที่ของของไหล เนื่องจากแรงลอยตัว)ค่าของ h จะแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งต่างๆตามพื้นผิววัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในทางวิศวกรรมนั้น เพื่อความสะดวกจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย โดยตลอดพื้นผิว (h_m) แทนค่า h ที่ตำแหน่งนั้นๆ ในการพิจารณาการพาความร้อนตลอดทั้งพื้นผิว จากสมการข้างบนค่า h จึงถูกแทนด้วยค่า h_m ดังนั้น q จึงเป็นค่าฟลักซ์ความร้อนเฉลี่ยตลอดบริเวณที่พิจารณา

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสามารถวิเคราะห์ได้จาก การพิจารณาการไหลผ่านวัตถุซึ่งมีรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ เช่น แผ่นเรียบ หรือ การไหลภายในท่อทรงกระบอก สำหรับการไหลผ่านวัตถุที่มีรูปทรงสลับซับซ้อน ค่า h สามารถหาได้จากวิธีการทางทดลองซึ่งค่าที่ได้จะมีช่วงของความแตกต่างกันกว้างมากตามแต่ละรูปแบบ สำหรับการประยุกต์ต่างๆ ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงค่า h ที่ได้จาก การไหลในบางรูปแบบ

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ลักษณะการไหล	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน $W/(m^2.K)$
การพาความร้อนแบบอิสระ ก๊าซ ของเหลว	2-25 50-1000
การพาความร้อนแบบบังคับ ก๊าซ ของเหลว	25-250 50-20,000
การเดือดของน้ำและการกลั่นตัวของไอน้ำ	2,500-100,000

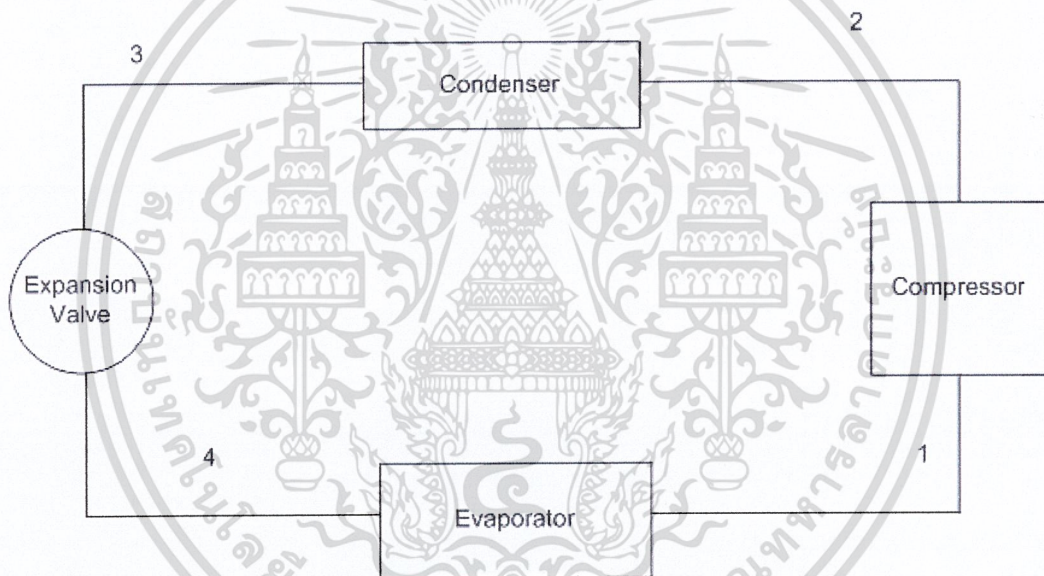
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบชุดจำลองหยดน้ำนั้น ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบโดยเริ่มจากศึกษาหลักการของเทอร์โมไดนามิกส์ และระบบทำความเย็นความเย็นชนิดอัดไอ โดยมีอุปกรณ์ทำงานหลัก 4 ส่วนหลัก คือ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) วาล์วควบคุมการไหล (Expansion Valve) โดยทำการวิเคราะห์ระบบการทำความเย็น ของเครื่องปรับอากาศทั่วไป ตามบ้านและสถานที่ราชการต่างๆ



รูปที่ 3.1 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบชุดจำลองหยดน้ำหลายๆลักษณะขึ้น ซึ่งมีการปรับปรุง เพื่อให้ได้การหยดของน้ำ อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพในการหล่อเย็น และมีการใช้ในส่วนของการก่อสร้างชุดจำลองการควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์ เพื่อนำมาควบคุมการไหลของน้ำที่ออกมาจาก Tank เก็บน้ำทิ้ง ให้มีปริมาณและอัตราการไหลตามความต้องการ

- ได้มีการจัดสร้างชุดจำลองการควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์ เพื่อนำมาควบคุมการไหลของน้ำที่ออกมาจาก Tank เก็บน้ำทิ้ง ให้มีปริมาณและอัตราการไหลตามความต้องการ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในด้านนี้ กรุณา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการยกตัว Tank ให้ขึ้นมาสูงในระดับเดียวกับ แผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ได้ การควบคุมที่ง่ายขึ้น เนื่องจากลดแรงต้านจาก แรงโน้มถ่วงโลก

- จากชุดควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์ เราได้เลือกใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ แรงดันไฟฟ้า เพียง 12 V เพื่อ ไม่ให้ขนาดของมอเตอร์กิน ไฟเพิ่มขึ้นเนื่องจากจะได้ไม่มีผลกระทบ ต่อการทดลอง

- ได้มีการนำถุงน้ำเกลือ เข้ามาใช้ในการทดลอง เพื่อ ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของ น้ำเช่นเดียวกับ ชุดจำลองการควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์ โดยทางคณะผู้จัดทำ ได้มีการทำ ให้สายของน้ำเกลือและสายยางที่ไปยังท่อหยคน้ำ เพื่อให้ น้ำไหลไปยังแผงอย่างทั่วถึง

- เปลี่ยนขนาดสายยาง โดยลดขนาดของสายยางจากใหญ่บีบให้เล็กลง เพื่อเพิ่มอัตราการ ไหลของน้ำที่หยดออกมาจากถุงน้ำเกลือ

- ท่อหยคน้ำระบายความร้อน เพื่อให้ น้ำที่ออกมาจาก Tank หยดได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอลง บนคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ จากการศึกษาเราได้หล่อเย็นตรงส่วนด้านตรงของแผง เนื่องจากสารหล่อเย็นที่ออกมาจากคอมเพรสเซอร์ จะมีอุณหภูมิมากที่สุด

- โดยคณะผู้จัดทำ ได้มีการสร้างรางรองน้ำ เพื่อนำฝ้ามาวางก่อนที่จะลง ไปถึงตัวแผงคอยล์ ร้อนเพื่อทำให้การกระจายตัวของน้ำที่ออกจากท่อได้ทั่วถึงมากขึ้น

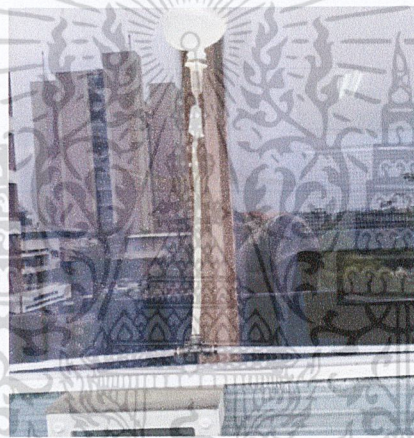


รูปที่ 3.2 ชุดจำลองหยคน้ำแบบปั๊มและท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ชุดจำลองหยดน้ำแบบปั๊มและท่อรางผ้า

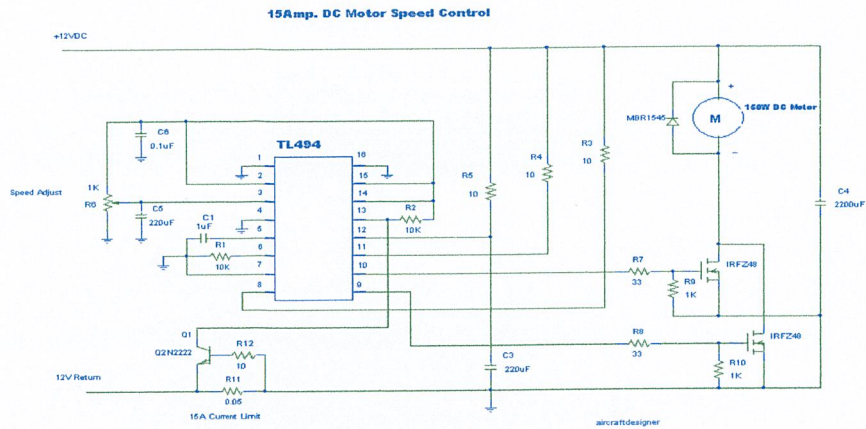


รูปที่ 3.4 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลก

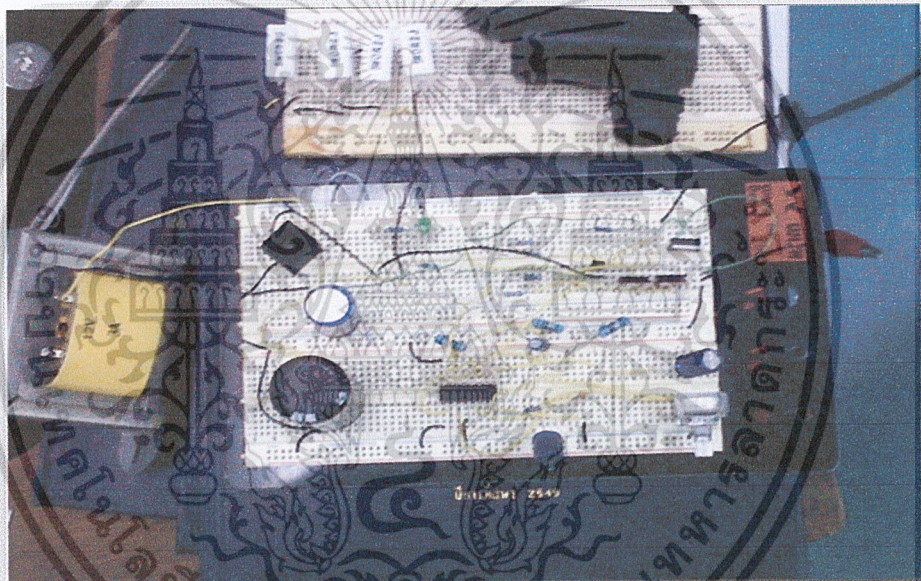
3.2.1 ชุดควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์

ชุดควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำและปริมาณของน้ำให้กระจายทั่วทั้งแผงคอยล์ร้อนและสม่าเสมอ โดยจะต้องต่อเชื่อมกับหม้อแปลงที่มีขนาด 12 V และสามารถปรับความเร็วของปั๊มน้ำได้ตั้งแต่ 0 – 12 V โดยนำไปเชื่อมต่อกับตัวปั๊มน้ำที่ติดอยู่กับ Tank น้ำ ที่เก็บน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 รูปวงจรควบคุมแรงดันความเร็วมอเตอร์

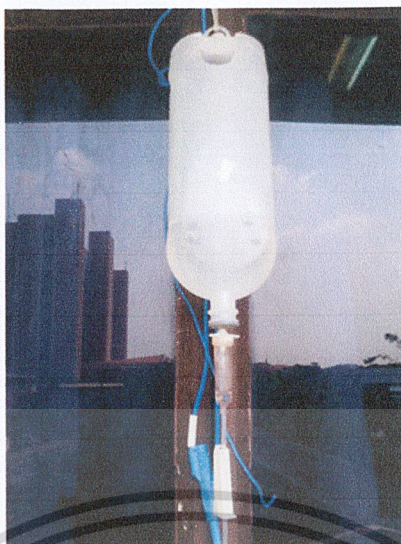


รูปที่ 3.6 รูปชุดควบคุมแรงดันความเร็วมอเตอร์

3.2.2 ฉู่่น้ำเกลือ

ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้ฉู่่น้ำเกลือได้วางอยู่ในจุดที่มีความสูงที่พอดีจะทำให้สายน้ำเกลือตึงพอดีที่จะทำให้น้ำไหลลงไปยังท่อได้กระจายตัวทั่วแผงคอยล์ร้อนจะทำหน้าที่ในการเป็นแหล่งสร้างหยดน้ำเปรียบเสมือน Tank รองน้ำอีกรูปแบบหนึ่ง โดยให้ความสูง 66.6×10^{-2} m จากฉู่่น้ำเกลือถึงแผงคอยล์ร้อน

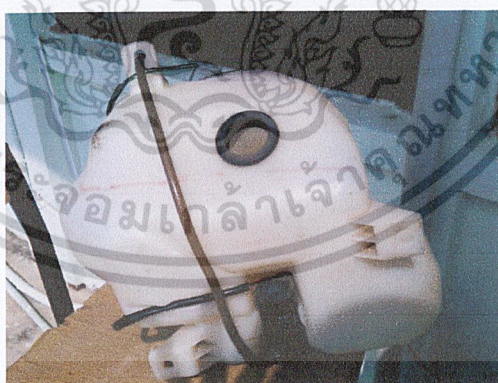
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ถังน้ำเกลือ

3.2.3 ถังพักน้ำระจกรถยนต์

คณะผู้จัดทำได้นำเอาถังพักน้ำระจกรถยนต์มาใช้เป็น Tank เพื่อพักน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศที่ไหลออกมาตลอดเวลา เนื่องด้วยถังพักน้ำระจกรถยนต์สามารถติดตั้งปั๊มขนาด 12V ได้เป็นอย่างดี จึงเลือกนำมาใช้ในการสร้างชุดจำลองหยดน้ำ

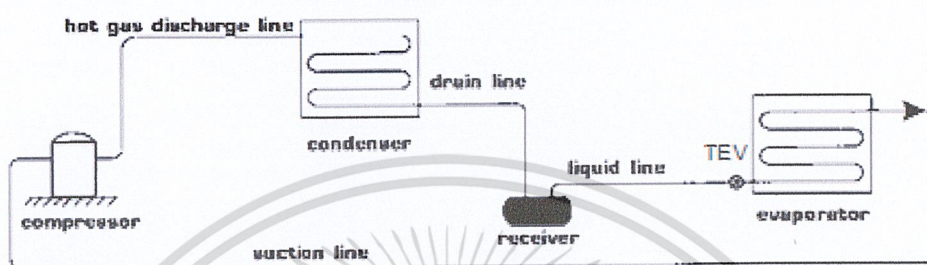


รูปที่ 3.8 ถังพักน้ำระจกรถยนต์ที่ต่อเข้ากับปั๊ม ขนาด12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 วงจรท่อทองแดง

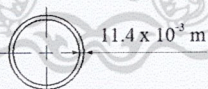
วงจรท่อที่ออกแบบนั้นจะผ่านอุปกรณ์หลักและอุปกรณ์เสริมในวงจร มีขนาดและความยาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แต่ละชนิด โดยจะมีชื่อเรียกตามตำแหน่งหรือสถานะของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านเช่น ท่อดูดเย็น (Suction Line) ท่อสารเหลว (Liquid-Line) ท่อแก๊สร้อน (Hot Gas Discharge Line)



รูปที่ 3.9 วงจรท่อในระบบทำความเย็น

3.2.5 ท่อ (Pipe)

ท่อน้ำทำหน้าที่ในการนำน้ำทิ้งที่เก็บมาได้ ไปใช้หล่อเย็นให้กับคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ ท่อที่ออกแบบมีลักษณะเป็นเป็นแนวยาวตามความยาวของแผงคอยล์ร้อน มีการเจาะรูเพื่อให้น้ำระบายใส่แผงคอยล์ร้อน ได้อย่างทั่วถึง และเว้นช่วงตรงกลางของท่อเพื่อไม่ให้น้ำไหลลงไปที่พัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมีขนาดดังรูปที่ 3.10

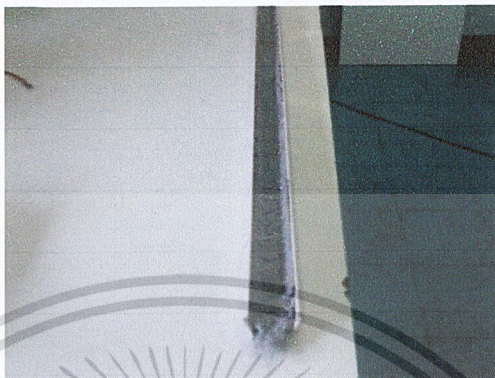


รูปที่ 3.10 ขนาดของท่อที่ใช้ในกาหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 รางน้ำ (Trough)

รางน้ำมีไว้สำหรับไว้น้ำฟ้าไปรองและวางท่อบนฝ้าอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้ น้ำกระจายและ สม่่าเสมอบนแผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ โดยมีขนาดดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 รางน้ำ

3.3 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานทำความเย็นนั้นคือการปฏิบัติที่เกี่ยวเนื่องกับการติดตั้งและการตรวจสอบการ บำรุงรักษารวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งจะเป็นการปฏิบัติที่มีโอกาสที่จะ เกิดอันตรายได้จากสาเหตุต่าง ๆ ทั้งจากปัญหาในระบบไฟฟ้าและระบบเครื่องกล เช่น ปัญหาจาก สารทำความเย็น ปัญหาจากกระแสไฟฟ้า ความร้อน ความเย็น สารเคมี หรืออันตรายที่เกิดจาก การทำงานของอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ในระบบ ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องทำการศึกษาถึงวิธีที่ จะปฏิบัติอย่างถูกต้องปลอดภัย เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ ใช้งานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอันตรายต่อผู้ปฏิบัติหรือผู้ใช้งานในระบบทำความเย็น

3.3.1 อันตรายที่เกิดจากสารทำความเย็น

ข้อควรระวังในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารทำความเย็นมีดังนี้

- บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารทำความเย็นจะต้องมีอากาศถ่ายเทได้ดีเพราะอาจจะมี สารทำความเย็นรั่วออกจากระบบ และเนื่องจากคุณสมบัติที่หนักกว่าอากาศทำให้สารทำความเย็น กระจายไปแทนที่อากาศในห้อง ทำให้เกิดการขาดออกซิเจนเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานในบริเวณ นั้น ๆ

- ปล่อยสารทำความเย็นออกจากระบบให้หมด ปล่อยไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์

ผ่านก่อนใช้แก๊สเชื่อมหรือตัดอุปกรณ์ในระบบ ห้ามเชื่อมอุดรอยรั่วในขณะที่ภายในระบบยังมี เอกสารเป็นเอกสารทาสวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สารทำความเย็นอยู่ เนื่องจากเมื่อสารทำความเย็นได้รับความร้อนจะมีอัตราการขยายตัวสูงมากอาจ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณาไปใช้

จะทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง หรือเมื่อสารทำความเย็นสัมผัสกับเปลวไฟ ขณะเชื่อมจะเกิดการเผาไหม้ได้แก๊สพิษที่ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุนเป็นอันตรายต่อร่างกาย

- สวมถุงมือและใส่แว่นตาเมื่อปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารทำความเย็น เนื่องมาจากการที่สารทำความเย็นทั่วไปมีจุดเดือดต่ำมาก เช่น R-22 ภายใต้ความดันบรรยากาศและสัมผัสกับผิวหนังหรือ ดวงตา จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นไอเป็นอย่างรุนแรงและเกิดความเย็นจัด จึงทำให้เกิดการบาดเจ็บเนื่องจากผิวหนังหรือดวงตาถูกลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว จะเกิดน้ำแข็งจับบริเวณนั้นเป็นการบาดเจ็บเนื่องจากถูกความเย็นจัด (Frostbite) ซึ่งจะเกิดอาการเจ็บปวดคล้ายถูกไอน้ำหรือน้ำร้อนลวกซึ่งถ้าเกิดเหตุดังกล่าวให้รีบแก้ไขโดยการใช้น้ำจากก๊อกที่สะอาดปล่อยผ่านผิวหนัง หรือดวงตาที่ถูกสารทำความเย็น เพื่อปรับอุณหภูมิที่เย็นจัดให้คืนสภาพปกติ

- สวมถุงมือเมื่อจะปฏิบัติงานเกี่ยวกับคอมเพรสเซอร์ชนิดปิดหรือกึ่งปิด ที่อาจจะได้รับความเสียหายจากมอเตอร์ใหม่ เนื่องจากสารทำความเย็นที่อยู่ในระบบจะเกิดปฏิกิริยากลายเป็นกรดซึ่งจะทำอันตรายกับผิวหนังได้

- ห้ามใช้ท่อหรือสายยางจุ่มในถังเพื่อดูดสารทำความเย็นจากถัง (Siphoning) เพราะอาจจะทำให้สารทำความเย็นเข้าไปในปากเกิดอันตรายได้

- ในกรณีของเหลวค้างอยู่ในท่อหรือถูกกักเก็บอยู่ในอุปกรณ์ ในช่วงที่ระบบมีอุณหภูมิต่ำจะต้องระมัดระวังการเกิดอันตรายเนื่องจากการขยายตัวของสารทำความเย็นเหลว คือหลังจากระบบหยุดสร้างความเย็นบริเวณรอบ ๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้นถ้าไม่มีที่ว่างสำหรับการขยายตัวของสารทำความเย็นเหลวจะทำให้เกิดความดันภายในสูงขึ้นจนเกิดการระเบิดอย่างรุนแรงได้

3.3.2 อันตรายที่เกิดจากถังความดัน

ถังความดันที่ใช้เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานทำความเย็น ได้แก่ ถังบรรจุสารทำความเย็น ถังแก๊สออกซิเจนสำหรับใช้ในงานเชื่อมถังแก๊สไนโตรเจน หรือคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับงานตรวจสอบรอยรั่วหรือทำความสะอาดระบบ หรือใช้ช่วยป้องกันการเกิดออกไซด์ขณะทำการเชื่อม เป็นต้น ถังความดันต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องนำไปใช้งานอย่างถูกต้องเพื่อความปลอดภัย ซึ่งได้มีข้อแนะนำทาง ด้านความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้

- ห้ามบรรจุสารทำความเย็นเข้าในถังจนเกินกว่า 80% ของปริมาตรถัง เนื่องจากเมื่อได้รับความร้อนสารทำความเย็นจะขยายตัว จึงต้องมีที่ว่างเพื่อรองรับการขยายตัวดังกล่าว ถ้าบรรจุสารทำความเย็นจนเต็มถึงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารทำความเย็นจะขยายตัวเกิดความดันภายในสูงขึ้นสามารถทำให้ถังระเบิดเกิดอันตรายได้

- ถังบรรจุสารทำความเย็นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ผลิตมาสำหรับการใช้งานเพียงครั้งเดียวไม่สามารถนำกลับมาเติมสารทำความเย็นใช้งานใหม่โดยถังประเภทนี้จะเขียนบอกไว้ที่ถังว่า Non-Refillable หรือ Disposable และไม่ควรนำถังประเภทนี้มาใช้ถ่ายสารทำความเย็นเพื่อ

ใช้งานใหม่เมื่อสารทำความเย็นหมด ให้เปิดวาล์วที่ถังทิ้งไว้เพื่อระบายแก๊สที่ค้างอยู่ในถังทิ้งให้หมดก่อนนำไปทำลายทิ้ง และถังประเภทที่สามารถนำกลับไปบรรจุสารทำความเย็นเพื่อใช้งานใหม่ (Refillable) ซึ่งเป็นถังที่มีโครงสร้างแข็งแรงใช้โลหะที่มีความหนามากกว่า เมื่อใช้หมดแล้วสามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้งานใหม่ได้

- อย่าตั้งถังบรรจุสารทำความเย็นไว้กลางแดดจัด หรือในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 125 °F (52 °C) เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดความดันภายในถังสูงมากขึ้นจนตัวถังระเบิดได้

- ขณะบรรจุสารทำความเย็นเข้าไปในระบบในสถานะที่เป็นแก๊สนั้น อุณหภูมิและความดันภายในถังจะลดต่ำลง ให้แก้ไขโดยการแช่ถังในอ่างน้ำอุ่นอุณหภูมิไม่เกิน 90 °F (32 °C) ห้ามใช้เปลวไฟจากหัวเชื่อมแก๊สในการเพิ่มความดันภายในถัง

- ถังบรรจุไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งใช้สำหรับการตรวจสอบรอยรั่ว หรือใช้เป่าทำความสะอาดภายในระบบ ซึ่งถูกบรรจุด้วยความดันสูงมากประมาณ 2,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ในการติดตั้งถังเพื่อใช้งาน หรือเมื่อต้องการที่จะเคลื่อนย้ายถังจะต้องมีโซ่เหล็กมัดถังให้แน่นและมีฝาครอบวาล์ว (Protective Cap) เพื่อป้องกันการกระแทกตัววาล์วเพราะเมื่อถังล้มและวาล์วถูกกระแทกเสียหายแก๊สความดันสูงจะพุ่งออกจากถังเกิดแรงผลักดัน ทำให้ถังพุ่งชนเกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ในการปล่อยแก๊สไปใช้งานจะต้องต่อผ่านวาล์วควบคุมความดัน (Pressure Regulator) เสมอ เพื่อจะควบคุมความดันเข้าไปในระบบ ไม่เกิน 150 ปอนด์/ตารางนิ้ว และให้รีบปิดวาล์วควบคุมที่ถังทันทีเมื่อได้ความดันตามต้องการแล้ว เพื่อป้องกันอันตรายจากวาล์วควบคุมรั่ว ทำให้ความดันสูงในถังจะเข้าไปในระบบ ท่อสารทำความเย็นหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบทำความเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอมเพรสเซอร์จะไม่สามารถรับความดันสูงที่เกิดขึ้นจึงอาจเกิดการระเบิดได้

- กรณีที่ใช้ออกซิเจน สายหรือท่อแก๊สที่ใช้มันจะต้องสะอาดและปราศจากน้ำมันหรือวัสดุที่เป็นไขเพื่อป้องกันการระเบิดเนื่องจากการติดไฟเพราะออกซิเจนเป็นแก๊สที่ช่วยให้ไฟติด จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษและห้ามใช้ออกซิเจนอัดแทนใน ไตรเจนสำหรับทดสอบรอยรั่วโดยเด็ดขาด

3.3.3 อันตรายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า

ข้อควรระวังเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้ามีดังนี้

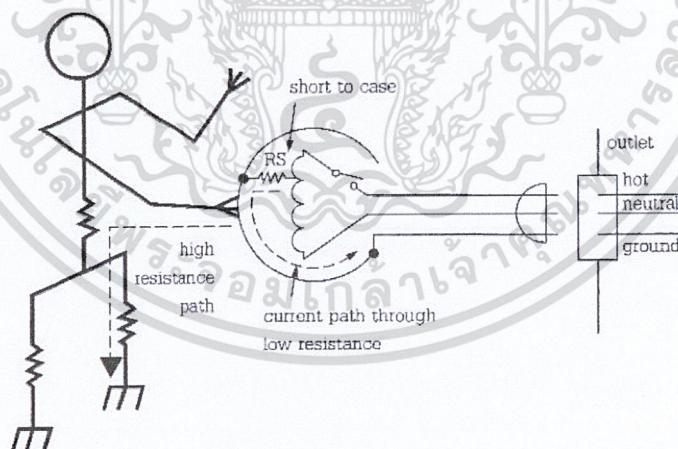
- ผลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายซึ่งอาจเกิดจากร่างกายสัมผัสถูกสายไฟทั้งสองเส้นหรืออาจจะสัมผัสวัตถุที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วอยู่ในขณะที่ร่างกายส่วนอื่นสัมผัสกับพื้นดิน โดยกระแสไฟฟ้าจะสามารถผ่านร่างกายสู่ดินครบวงจรทำให้เกิดอันตรายได้ ความต้านทานของร่างกายจะแตกต่างกันตามสภาพของผิวหนัง เช่น ผิวแห้งจะมีค่าความต้านทานประมาณ 200,000 – 700,000 โอห์ม แต่ถ้ามีความชื้นหรือเหงื่อออกเพียงเล็กน้อยความต้านทานจะลดเหลือเพียง 80 – 1,000 โอห์ม เท่านั้นอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าดูดหรือกระแสไฟรั่ว ขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในร่างกายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากันแต่ผู้รับสงวน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านร่างกาย

จำนวนกระแสไฟฟ้า มิลลิแอมแปร์	อาการหรืออันตรายที่เกิดขึ้น
0 - 0.5	ไม่เกิดอาการใดๆ
0.5 - 2	กล้ามเนื้อกระตุกเล็กน้อย ไม่ถึงขั้นอันตราย
2 - 10	กล้ามเนื้อกระตุกมากขึ้น เกิดอาการเกร็ง
10 - 50	กล้ามเนื้อกระตุกรุนแรง อาจทำให้ลื่นไพล่หรือตกจากที่สูง ไม่สามารถ คืนสติอาจเกิดบาดแผลไหม้พองได้
50 - 100	กล้ามเนื้อกระตุกอย่างรุนแรง ระบบการหายใจขัดข้อง
100 - 200	หัวใจหยุดเต้น เสียชีวิต
มากกว่า 200	เกิดบาดแผลไหม้อย่างรุนแรง หยุดการหายใจ เสียชีวิต

- วิธีป้องกันอันตรายจากไฟรั่ว โดยเนื่องจากกระแสไฟฟ้านั้นจะไหลไปในเส้นทางที่มี
ความต้านทานน้อยที่สุด ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟรั่วผ่านร่างกาย จึงต้องป้องกัน
โดยการต่อสายดิน (Ground) เพื่อเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าที่รั่วมาที่โครงของเครื่องมือหรืออุปกรณ์
ไหลผ่านลงดินตามสายดินที่ต่อไว้แทนที่จะไหลผ่านร่างกายดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อสายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องมือบริการ

3.4.1 ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer)

ไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer) คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความชื้นในอากาศแบบทั่วไป สำหรับการบริการและการตรวจวิเคราะห์ความชื้นที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น การตรวจสอบความชื้นในอากาศ ตรวจสอบอุณหภูมิของห้องทดลอง และตรวจสอบความชื้นในอากาศที่หายไป

ส่วนประกอบของไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer set)

ชุดไฮโกรมิเตอร์ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบเปียก (Wet bulb) และ เทอร์โมมิเตอร์แบบแห้ง (Dry bulb) ดังแสดงในรูป 3.13



รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบต่างๆ ของไฮโกรมิเตอร์

วิธีการอ่านค่า ไฮโกรมิเตอร์

- 1) หาผลต่างของค่าอุณหภูมิของทั้งสองเทอร์โมมิเตอร์ได้เท่ากับ $37^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$
- 2) ดูค่าผลต่างเทียบกับตาราง
- 3) อ่านค่าของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งที่ $35 - 39^{\circ}\text{C}$
- 4) อ่านค่าความต่าง
- 5) จากข้อ 3 และข้อ 4 ชิดตั้งฉากเข้าหากัน จุดตัดคือค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 46°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer)

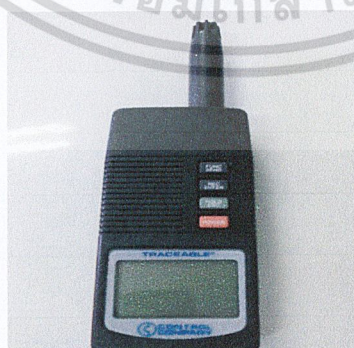
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิต่างๆของระบบ เพื่อให้ได้ค่าของอุณหภูมิตามที่ต้องการ เช่น ใช้วัดอุณหภูมิของคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ วัดอุณหภูมิของพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศที่ไม่สามารถนำเซนเซอร์ปกติเข้าไปวัดได้



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer)

3.4.3 เครื่องวัดความชื้นในอากาศแบบดิจิทัล

เครื่องวัดความชื้นในอากาศแบบดิจิทัล คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความชื้นในอากาศ โดยทั่วไป รวมถึงวัดอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ เช่น การวัดอุณหภูมิของความชื้นในอากาศทั้งในห้อง และนอกห้องทดลอง เพื่อนำไปใช้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดความชื้นในอากาศแบบดิจิทัล

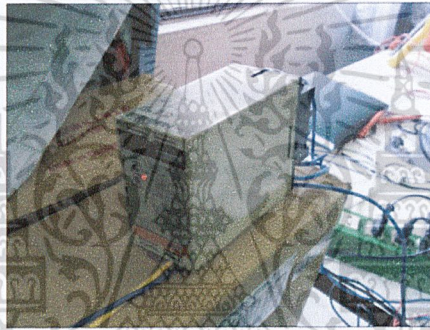
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

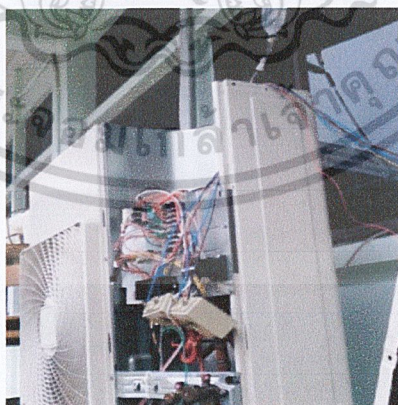
ระบบไฟฟ้าในเครื่องทำความเย็นทั่วไปนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนของวงจรกำลัง (Power Circuit) และวงจรควบคุม (Control Circuit) ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ามีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้ง 2 ส่วนในวงจร การที่แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าช่วยในการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลเพื่อทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีดังนี้

3.4.4.1 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า

ใช้ในการวัดค่าพลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศโดยวัดแรงดันไฟ เครื่องมือที่ใช้คือ Watt-Transducer สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าออกเป็นค่าในรูปแบบแรงดันด้วยสัญญาณมาตรฐาน 1-5VDC



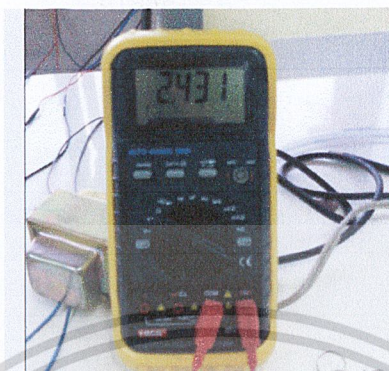
รูปที่ 3.16 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer)



รูปที่ 3.17 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเข้ากับคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

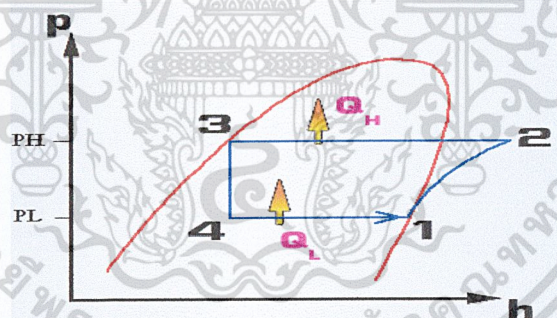
การใช้งาน โดยนำไปเชื่อมต่อกับมัลติมิเตอร์ และ เลือกโหมดไปที่การวัดสัญญาณ VDC เพื่ออ่านค่าสัญญาณ จากรูปที่ 3.18 มัลติมิเตอร์แสดงค่า 2.431 V หมายถึงกำลังไฟฟ้า 2.862 KW



รูปที่ 3.18 แสดงการวัดกำลังไฟฟ้าของ Watt-transducer

3.5 การออกแบบวิธีประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

3.5.1 การหาความสามารถในการทำความเย็นของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 3.19 P-h Diagram ของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

จากรูปที่ 3.19 ในวัฏจักรทำความเย็นความร้อนจากอีวาโปเรเตอร์ Q_L จะถูกนำไปทิ้งที่คอนเดนเซอร์ Q_H โดยจากรูปจุดที่ 1 ไปจุดที่ 2 จะเป็นช่วงการทำงานของคอมเพรสเซอร์คือจะดูดสารทำความเย็นที่เป็นไอทั้งหมดแล้วทำการอัดไอไปยังจุดที่ 2 ในช่วงจุดที่ 2 ไป 3 เป็นการนำความร้อนไปทิ้งโดยผ่านคอนเดนเซอร์ซึ่งในช่วงนี้สารทำความเย็นจะมีทั้งของเหลวและไอ จะเห็นว่าความดันในช่วงนี้คงที่ แต่เอนทัลปีเปลี่ยนไปจนถึงจุดที่ 3 สารทำความเย็นจะเป็นของเหลวทั้งหมด ช่วงที่ 3 ไป 4 จะมีการลดความดันของสารทำความเย็นลงโดยผ่าน TEV เป็นตัวลดความดันช่วงที่ 4 ไป 1 นั้นจะเป็นการดึงความร้อนออกจากร้านในช่วงนี้สารทำความเย็นจะมีทั้ง

ของเหลวและไอ เมื่อถึงความร้อนออกมาสารทำความเย็นจะเดือดและกลายเป็นไอหมดเพื่อกลับไปเข้าสู่วัฏจักรใหม่อีกครั้งที่จุดที่ 1

แนวคิดในการลดพลังงานที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ คือ เมื่ออุณหภูมิของ condenser มีค่าสูงจะทำให้ compressor มีการใช้กำลังงานในการที่จะอัดสารทำความเย็นให้เป็นไอนั้นมีค่ามากตามไปทำให้ compressor มีการใช้ไฟฟ้ามากตามไปด้วย ดังนั้น ถ้าเราสามารถอุณหภูมิที่ condenser ได้ก็จะทำให้ กำลังงานที่ใช้ในการอัดไอสำหรับ compressor ลดลงตามไปด้วยนั้นก็หมายถึงการลดการใช้กำลังไฟของ compressor โดยเราจะทำการลดอุณหภูมิที่ condenser ด้วยชุดจำลองหยดน้ำด้วยวิธีต่างๆเพื่อต้องการให้ compressor ทำงานลดลงและเป็นการประหยัดพลังงานไปด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดควบคุมแรงดันความเร็วของมอเตอร์
2. ชุดจำลองการสร้างหยดน้ำ
3. เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer)
4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ (Pyrometer)
5. อุปกรณ์วัดความชื้น (Hygrometer)
6. บีกเกอร์ตวงน้ำ
7. มัลติมิเตอร์ (multimeter)
8. แท่งค้

4.2 ลำดับขั้นเตรียมการทดลอง

1. ทำการร่อนน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศ
2. วัดค่าความชื้นในอากาศทั้งในห้องและนอกห้องทดลอง
3. วัดอุณหภูมิทั้งในห้องและนอกห้องทดลอง
4. จากนั้นบันทึกค่าตอนต้องชม.
5. เมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งชม. วัดปริมาณน้ำทิ้งที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ
6. วัดค่าความชื้นทั้งในห้องและนอกห้องทดลอง
7. วัดอุณหภูมิทั้งในห้องและนอกห้องทดลอง
8. คำนวณหาค่าปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไปและปริมาณไอน้ำในอากาศ
9. บันทึกค่าทั้งหมด
10. นำวัดมิเตอร์ต่อพวงเข้ากับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ตรง ขาบวกและลบทางด้าน

อินพุทของมอเตอร์

11. นำเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าต่อเข้ากับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ
12. ทำการวางชุดจำลองหยดน้ำโดยวิธีต่างๆประกอบเข้ากับตัวแผงคอยล์ร้อนของ

เครื่องปรับอากาศ

- 12.1 นำชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อต่อ รวมกับปั้มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.2 นำชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อร่วมรางผ้า ต่อรวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยทำการปล่อยน้ำตลอดเป็นเวลา15นาที

12.3 นำชุดทดลองหยดน้ำโดยใช้แรงโน้มถ่วง โดยทำการปล่อยน้ำตลอดเป็นเวลา15นาที

12.4 นำชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อต่อ รวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยทำการปล่อยน้ำในเวลากลางวัน 1 นาที หยุดปล่อยน้ำ 1 นาที ทำการปล่อยน้ำในเวลากลางคืน1 นาที หยุดปล่อยน้ำ 1.30 นาที

12.5 นำชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อร่วมรางผ้า ต่อรวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยทำการปล่อยน้ำในเวลากลางวัน 1 นาที หยุดปล่อยน้ำ 1 นาที ทำการปล่อยน้ำในเวลากลางคืน1 นาที หยุดปล่อยน้ำ 1.30 นาที

12.6 นำชุดทดลองหยดน้ำโดยใช้แรงโน้มถ่วง โดยทำการปล่อยน้ำในเวลากลางวัน1นาที หยุดปล่อยน้ำ 1 นาที ทำการปล่อยน้ำในเวลากลางคืน1 นาที หยุดปล่อยน้ำ 1.30 นาที

13. ทำการวางชุดจำลองหยดน้ำทั้งประกอบเข้ากับตัวแผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ

14. วัดค่าอุณหภูมิภายในห้องและนอกห้องทดลอง

15. วัดอุณหภูมิของน้ำที่ทิ้งที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ

16. วัดอุณหภูมิที่แผงคอยล์ร้อนและอุณหภูมิของลมที่ออกจากตัวพัดลมระบายอากาศของเครื่องปรับอากาศ

17. วัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

18. บันทึกผล ค่าที่วัดได้ในรอบแรก

19. เริ่มทำการหล่อเย็นโดยวิธีต่างๆ

20. วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนไฟทุกๆ 1 นาที รวมเป็นเวลา 15 นาที

21. วัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของแผงคอยล์ร้อน ทุกๆ 1 นาที รวมเป็นเวลา 15 นาที

22. เมื่อครบ 15 นาที วัดอุณหภูมิ ภายในห้องและนอกห้อง

23. บันทึกผล ที่ได้จากการวัดค่าทั้งหมด

24. สรุปผลการทดลอง

4.3 กาวัดค่าน้ำที่เพิ่มขึ้นของเครื่องปรับอากาศ ใน 1 ชม. แบ่งออกเป็น 2 กรณี

1. เริ่มด้วยการวัดค่าปริมาณความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิ ภายในห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 Hygrometer

2. จับเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อทำการร่อนน้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ
3. ทำการวัดปริมาณน้ำทิ้งด้วยบีกเกอร์
4. ทำการคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไปและปริมาณไอน้ำในอากาศ หาค่า Dew point
5. บันทึกค่าความชื้นภายในห้องอีกครั้ง

วิธีคำนวณ

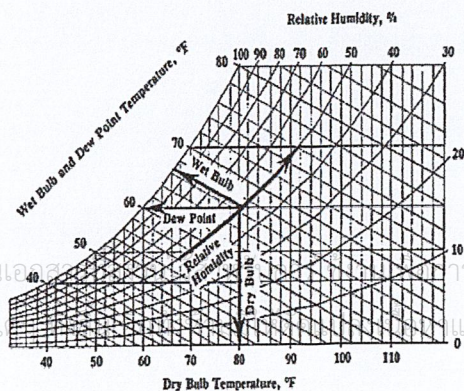
- ความชื้นสัมพัทธ์ หาได้จากสมการ

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความชื้นสัมบูรณ์}}{\text{ปริมาณไอน้ำในอากาศที่อิ่มตัว}} \times 100 \quad \text{สมการความหาค่าชื้นสัมพัทธ์} \quad (4.1)$$

- ความชื้นสัมบูรณ์ หาได้จากสมการ

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีจริงในอากาศ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)}} \quad \text{สมการความหาค่าความชื้นสัมบูรณ์} \quad (4.2)$$

- ค่าDew Point หาได้จากการอ่านกราฟ



รูปที่ 4.2 รูปแสดงการอ่านไซโครเมตริกชาร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำทิ้งในเวลากลางวัน

จำนวนครั้ง	อุณหภูมิ Dry bulb ($^{\circ}C$)	กระเปาะ เปียก Wet bulb ($^{\circ}C$)	ความชื้น สัมพัทธ์ %	ความชื้น สัมบูรณ์ (g/m^3)	อุณหภูมิ น้ำค้าง (Dewpoint) ($^{\circ}F$)	ปริมาณไอน้ำ (g)	ปริมาณน้ำ ทิ้ง (L)	
1	ท้าย ชม.	26	23	76	18.468	72.5	4675.1742	4.125
	ต้นชม.	27	24	77	19.789	73	5009.5853	
2	ท้าย ชม.	27	25	84	21.588	74	5465.0022	4.075
	ต้นชม.	28	25	77	20.944	73.5	5301.97	
3	ท้าย ชม.	27	24	77	19.789	73	5009.58535	4.200
	ต้นชม.	27	25	84	21.588	74	5465.0022	
4	ท้าย ชม.	27	23	70	17.99	72	4554.16	4.080
	ต้นชม.	27	24	77	19.789	73	5009.5853	
5	ท้าย ชม.	27	23	70	17.99	72	4554.16	4.100
	ต้นชม.	27	24	77	19.789	73	5009.5853	

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำทิ้งในเวลากลางคืน

จำนวนครั้ง		อุณหภูมิ Dry bulb ($^{\circ}C$)	กระเปาะ เปียก Wet bulb ($^{\circ}C$)	ความชื้น สัมพัทธ์ %	ความชื้น สัมบูรณ์ (g/m^3)	อุณหภูมิ น้ำค้าง (Dewpoint) ($^{\circ}F$)	ปริมาณ ไอน้ำ (g)	ปริมาณน้ำทิ้ง (L)
1	ท้าย ชม.	23	21	83	17.098	72	4328.3587	4.365
	ต้นชม.	24	21	75	16.350	74	4139.0025	
2	ท้าย ชม.	24	20	68	14.824	73.5	3752.6956	3.425
	ต้นชม.	25	20	61	14.03	73	3551.6945	
3	ท้าย ชม.	25	21	68	15.64	75	3959.266	3.575
	ต้นชม.	24	19	60	13.08	73	3311.202	
4	ท้าย ชม.	24	19	60	13.08	70	3311.202	2.810
	ต้นชม.	24	19	62	13.516	72.5	3421.5754	
5	ท้าย ชม.	25	20	60	13.08	74	3311.202	3.880
	ต้นชม.	24	18	57	12.426	72	3145.6419	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 1

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อต่อ รวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์



(ก)

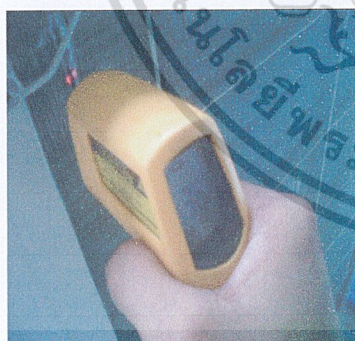


(ข)

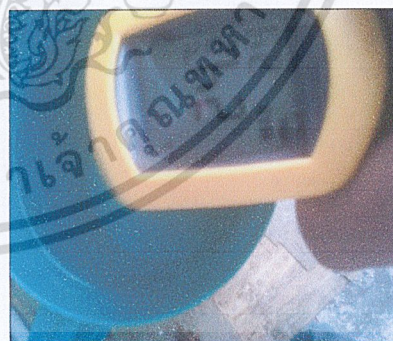
รูปที่ 4.3 (ก) ชุดจำลองน้ำหยดน้ำ

(ข) บีกเกอร์ตวงน้ำทิ้งใส่ถังคังในชุดทดลอง 3 ลิตร

2. วัดอุณหภูมิภายในห้องภายนอกห้องและอุณหภูมิของน้ำ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่โดยการปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 25°C วัดอุณหภูมิแผงคอยล์ร้อน วัดอุณหภูมิน้ำทิ้ง และอุณหภูมิลมที่พัดลมระบายความร้อน

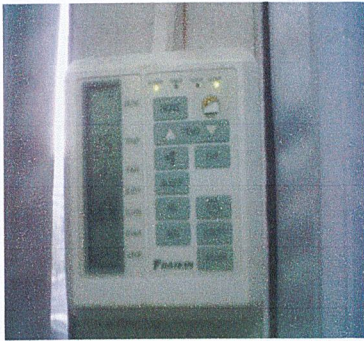


(ก)

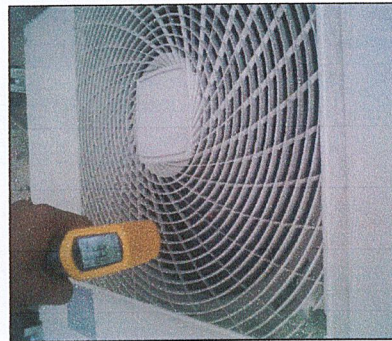


(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.4 (ก) การวัดอุณหภูมิของแผงคอยล์ร้อน

(ข) การวัดอุณหภูมิของน้ำ

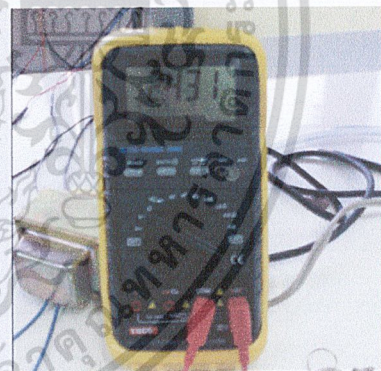
(ค) อุณหภูมิของแผงคอยล์เย็น

(ง) การวัดอุณหภูมิของพัดลมระบายอากาศ

3. อ่านค่าเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer) ก่อนเริ่มทำการทดลอง



(ก)



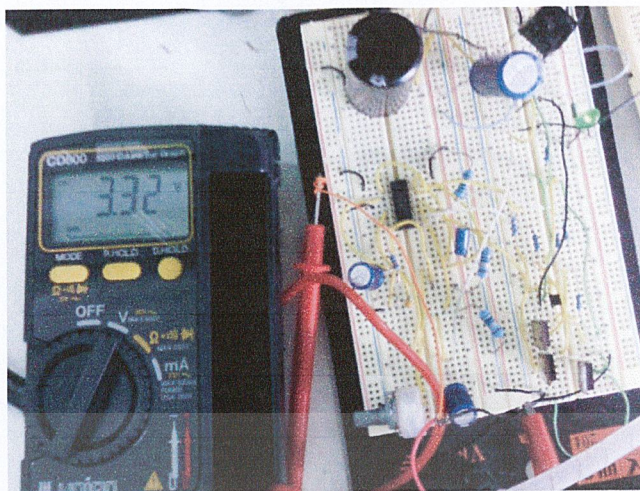
(ข)

รูปที่ 4.5 (ก) Watt Transducer

(ข) ค่าที่วัดออกมาจาก Watt Transducer

4. ทำการต่อชุดจํารองน้ำหยดน้ำเข้ากับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และ ปรับค่าของชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้อยู่ที่ 3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การปรับแรงดันไฟฟ้าสำหรับปั๊มของชุดจำลองหยดน้ำ

5. ทำการวัดค่าจาก เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer) และอุณหภูมิที่แผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ ทุกๆ 1 นาที



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 (ก) วัดมิเตอร์ (Watt Meter) ที่ใช้ในการเก็บค่าพลังงานและกระแสไฟฟ้าทุก ๆ 1 นาที

(ข) อุณหภูมิที่ได้จากการวัดแผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศทุก ๆ 1 นาที

6. ทำการทดลองเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบเวลา 15 นาที อ่านค่าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer) นำไปคำนวณให้ออกมาเป็นกำลังไฟฟ้าในหน่วยของ กิโลวัตต์ และนำค่ามาลบเอกสารกับค่าเริ่มต้นการทดลอง ก็จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถประหยัดลงได้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองกรณีศึกษาที่ 1

กรณีศึกษา 1 ปริมาณน้ำ 3 L ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.15 น.

ปริมาณน้ำ ($V_{น้ำ}$) =	3	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	28.6	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	26.86	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	34.16	°C
อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) =	44.8	°C
อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	42.8	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	49.23	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	52.08	%

ตารางที่ 4.3 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน

เวลา (นาที)	พลังงานไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	Watt (KW)	แรงดัน (v)	$T_{คอยล์}$ (°C)
0	2.92	2.464	40.9
1	2.776	2.388	40.4
2	2.776	2.388	40.2
3	2.84	2.420	40
4	2.808	2.404	39.81
5	2.838	2.419	38.82
6	2.808	2.404	39.4
7	2.816	2.408	40.22
8	2.842	2.421	40.23
9	2.806	2.803	39.8
10	2.832	2.416	40.4
11	2.838	2.419	40.26
12	2.848	2.424	39.80
13	2.87	2.435	40.4
14	2.852	2.426	40.25
15	2.878	2.439	40.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.1	KW/15 min
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	40.4	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	3.415	%

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้นาน เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี 1 ปริมาณน้ำ 3 L ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.15 น.

ปริมาณน้ำ ($V_{\text{น้ำ}}$) =	3	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{\text{น้ำ}}$) =	24.28	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{\text{ภายใน}}$) =	27.1	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{\text{ภายนอก}}$) =	28.28	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิมลเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{ลม}}$) =	40.83	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิกอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{คอยล์}}$) =	38.4	$^{\circ}\text{C}$
ความชื้นในอากาศ ($\text{RH}\%_{\text{ภายใน}}$) =	64.82	%
ความชื้นในอากาศ ($\text{RH}\%_{\text{ภายนอก}}$) =	81.03	%

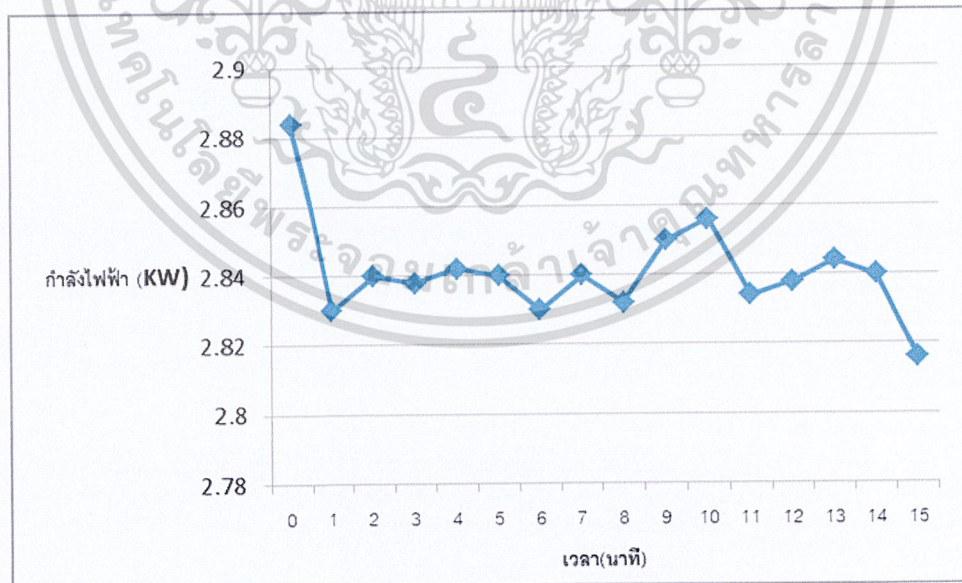
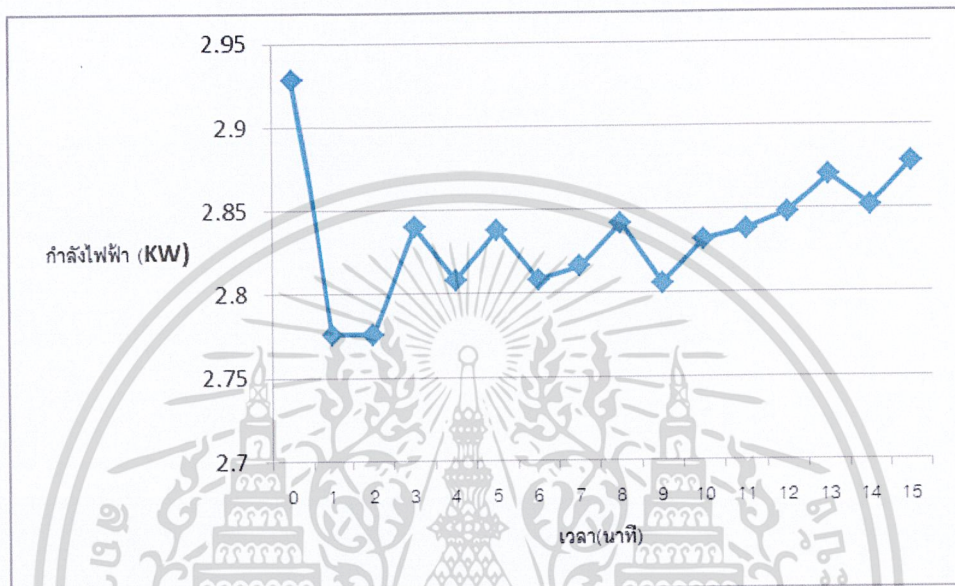
ตารางที่ 4.4 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

เวลา (นาที)	พลังงาน ไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	watt (KW)	แรงดัน (v)	$T_{\text{คอยล์}}$ ($^{\circ}\text{C}$)
0	2.884	2.442	38.2
1	2.830	2.415	37.8
2	2.840	2.420	37.8
3	2.838	2.419	37.4
4	2.842	2.421	37.8
5	2.840	2.419	37.8
6	2.830	2.415	37.6
7	2.840	2.420	37.6
8	2.832	2.416	37.4
9	2.850	2.425	38.2
10	2.856	2.428	38.4
11	2.834	2.417	37.8
12	2.838	2.419	37.8
13	2.844	2.422	38.0
14	2.840	2.420	37.8
15	2.816	2.408	37.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.046	KW/15 min
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	37.77	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.595	%

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



(ข)

รูปที่ 4.8 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าที่ช่วงเวลา 15 นาที ที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้น

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.1	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	3.415	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.046	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.595	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	2.505	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 1

จากการกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้ปั้มน้ำต่อร่วมกับท่อในการหล่อเย็นจึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ก็ใช้น้ำที่สิ้นเปลืองน้ำในกาหล่อเย็นถึง 3 L ในเวลาเพียง 15 นาที แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาทดลองปกติแล้วการหล่อเย็นด้วยวิธีนี้จะเห็นผลได้เป็นอย่างดี

4.6 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 2

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้าต่อกับท่อต่อ รวมกับปั้มน้ำและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์



รูปที่ 4.9 ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่คัดลอกเหมือนกันข้อ 2 ในกรณีที่ 1 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 3 ในกรณีที่ 1
4. ทำการต่อชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้าเข้ากับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และปรับค่าของชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้อยู่ที่ 3.3V
5. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 5 ในกรณีที่ 1
6. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 6 ในกรณีที่ 1

4.7 ผลการทดลองกรณีที่ 2

กรณี 2 ปริมาณน้ำ 3 L ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.15 น.

ปริมาณน้ำ ($V_{น้ำ}$) =	3	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	28.2	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	28.82	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	32.29	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) =	43.8	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิล้อรถยนต์ปรับอากาศ ($T_{ล้อ}$) =	41.8	$^{\circ}\text{C}$
ความชื้นในอากาศ ($\text{RH}\%_{ภายใน}$) =	50.77	%
ความชื้นในอากาศ ($\text{RH}\%_{ภายนอก}$) =	58.97	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

เวลา (นาทีก)	พลังงาน ไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	watt (KW)	แรงดัน (v)	T _{คอยล์} (°C)
0	2.942	2.471	41.8
1	2.91	2.455	41.2
2	2.864	2.432	40.8
3	2.85	2.425	40.6
4	2.838	2.419	40.6
5	2.848	2.424	40.8
6	2.824	2.412	40.6
7	2.882	2.441	40.6
8	2.868	2.434	40.8
9	2.88	2.440	40.4
10	2.88	2.440	40.6
11	2.888	2.444	40.8
12	2.862	2.431	40.4
13	2.896	2.448	40.4
14	2.904	2.452	40.6
15	2.894	2.447	40.6

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้ 0.07 KW/15 min

อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน 40.63 °C

ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ 2.379 %

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้น้อย เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี 2 ปริมาณน้ำ 3 L ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.15 น.

ปริมาณน้ำ ($V_{น้ำ}$) =	3	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	25.4	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	25.46	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	26.8	°C
อุณหภูมิมลเครื่องปรับอากาศ ($T_{มล}$) =	39.8	°C
อุณหภูมิกอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	37.6	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	57.32	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	85.78	%

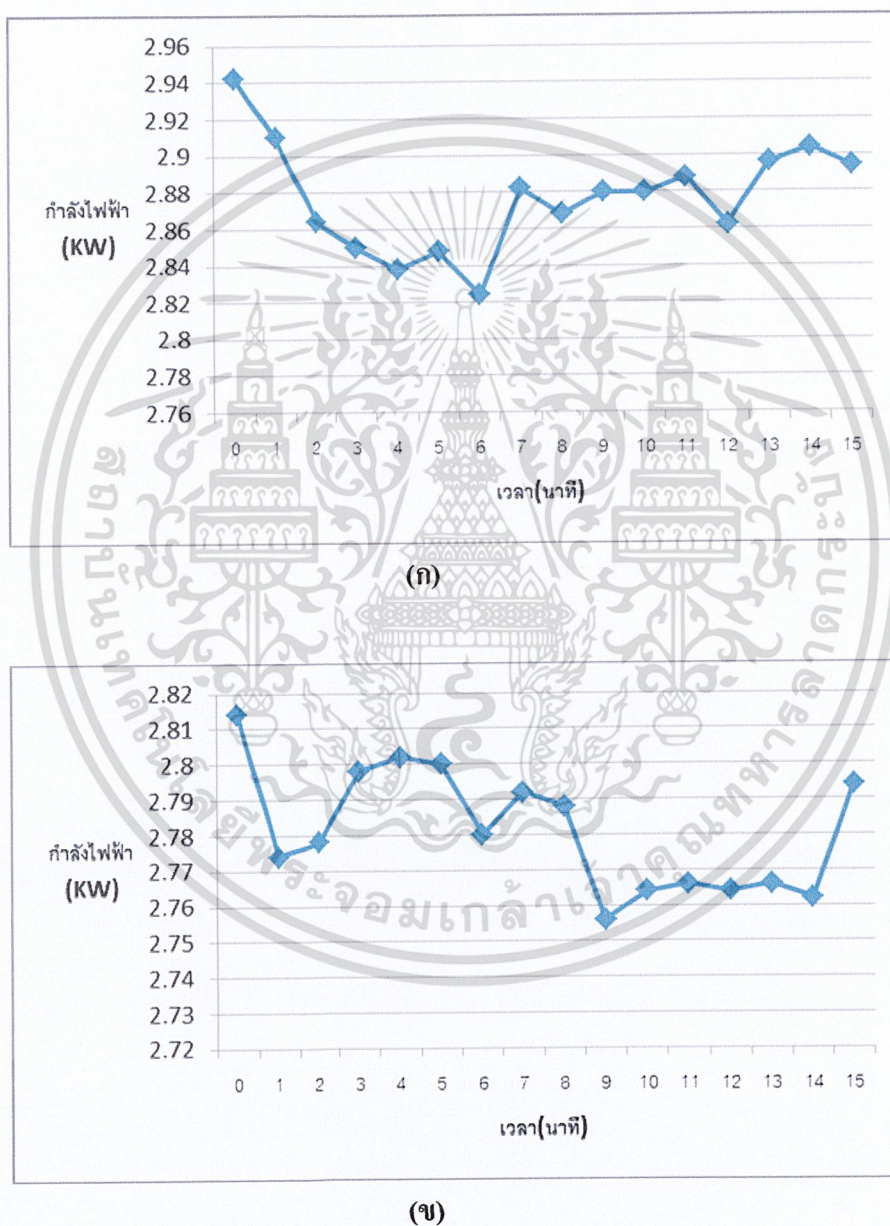
ตารางที่ 4.6 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืนโดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

เวลา (นาที)	พลังงาน ไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	watt (KW)	แรงดัน (v)	$T_{คอยล์}$ (°C)
0	2.814	2.407	37.6
1	2.774	2.387	36.8
2	2.778	2.389	37.2
3	2.798	2.399	37.2
4	2.802	2.401	37.0
5	2.800	2.400	37.2
6	2.780	2.390	37.4
7	2.792	2.396	37.6
8	2.788	2.394	37.4
9	2.756	2.378	37.2
10	2.764	2.382	37.2
11	2.766	2.383	37.4
12	2.764	2.382	37.4
13	2.766	2.383	37.4
14	2.762	2.381	37.6
15	2.794	2.397	37.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.034	KW/15 min
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	37.32	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.208	%

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 4.10 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าที่ช่วงเวลา 15 นาที ที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้นและมีสัมประสิทธิ์สรณะการทำความเย็น(COP)เพิ่มขึ้น คือ

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.07	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	2.379	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.034	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.208	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	1.794	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 2

จากการกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้ปั้มน้ำต่อรวมกับท่อในและใช้ผ้าเป็นตัวที่ทำให้น้ำซึมผ่านการหล่อเย็น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ก็ใช้น้ำที่สิ้นเปลืองน้ำในกาหล่อเย็นถึง 3 L ในเวลาเพียง 15 นาที เช่นเดียวกับในกรณีที่มีการทดลองในกรณีนี้สามารถค่ากำลังไฟฟ้าได้น้อยกว่าในกรณีที่ 1

4.8 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 3

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ



รูปที่ 4.11 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 2 ในกรณีที่ 1
3. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 3 ในกรณีที่ 1
4. ทำการต่อชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ
5. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 5 ในกรณีที่ 1
6. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 6 ในกรณีที่ 1

4.9 ผลการทดลองกรณีที่ 3

กรณี 1 ปริมาตรน้ำ 1 L ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.15 น.

ปริมาตรน้ำ ($V_{\text{น้ำ}}$) =	1	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{\text{น้ำ}}$) =	24.4	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{\text{ภายใน}}$) =	26.3	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{\text{ภายนอก}}$) =	31.91	°C
อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{ลม}}$) =	42.4	°C
อุณหภูมิกอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{กอยล์}}$) =	41.0	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{\text{ภายใน}}$) =	58.50	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{\text{ภายนอก}}$) =	63.87	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

เวลา (นาท)	พลังงาน ไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	watt (KW)	แรงดัน (v)	T _{คอยล์} (°C)
0	2.884	2.442	41.0
1	2.880	2.440	40.6
2	2.872	2.436	40.2
3	2.830	2.415	39.8
4	2.826	2.413	39.6
5	2.834	2.417	39.8
6	2.826	2.413	39.8
7	2.818	2.409	39.4
8	2.824	2.412	39.6
9	2.816	2.408	39.4
10	2.830	2.415	39.8
11	2.816	2.408	39.4
12	2.810	2.405	39.4
13	2.822	2.411	39.4
14	2.816	2.408	39.4
15	2.830	2.415	39.8

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.046	KW/15 min
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	39.69	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.595	%

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้น้อย เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี 3 ปริมาณน้ำ 1 L ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.15 น.

ปริมาณน้ำ ($V_{\text{น้ำ}}$) =	1	L
อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{\text{น้ำ}}$) =	25.4	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{\text{ภายใน}}$) =	25.01	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{\text{ภายนอก}}$) =	25.92	°C
อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{ลม}}$) =	39.5	°C
อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{\text{คอยล์}}$) =	42.2	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{\text{ภายใน}}$) =	64.83	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{\text{ภายนอก}}$) =	83.45	%

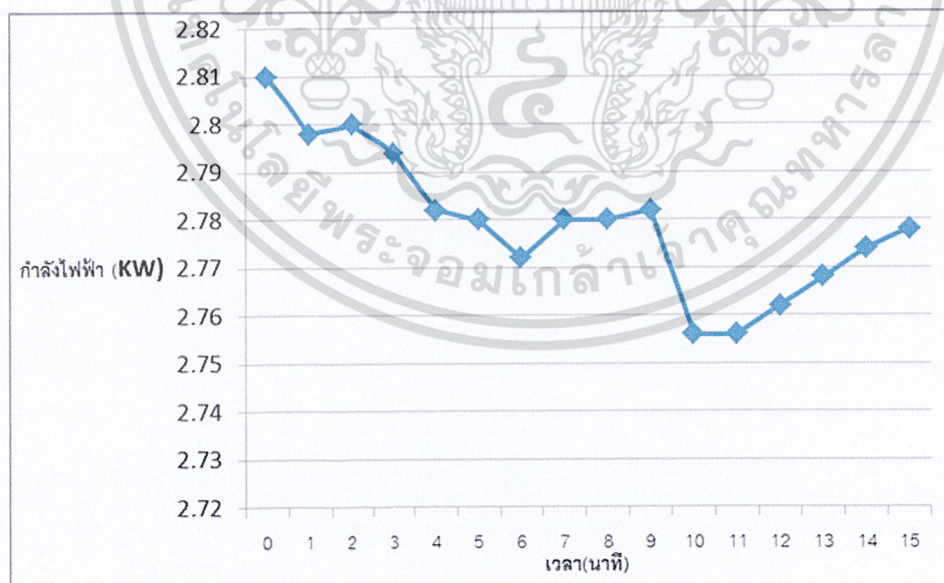
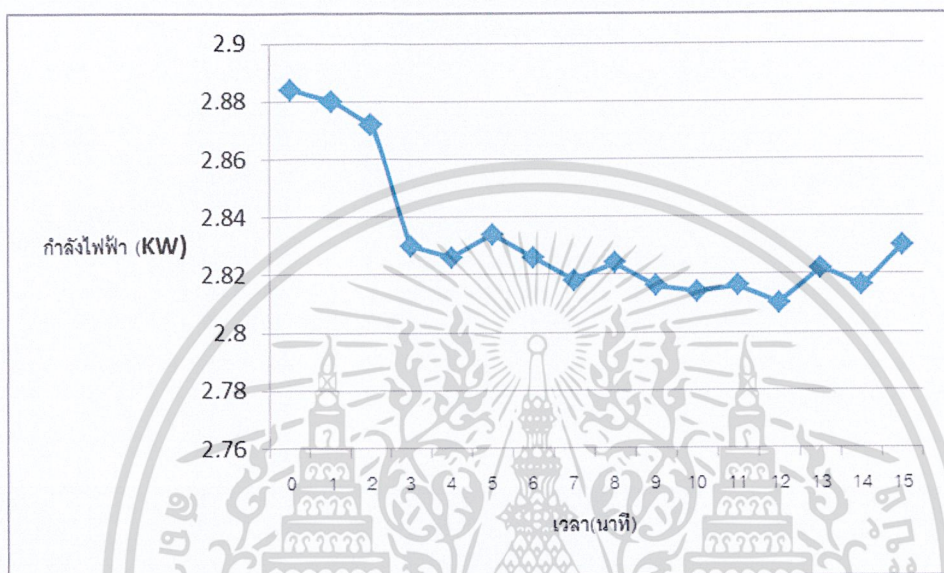
ตารางที่ 4.8 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

เวลา (นาที)	พลังงาน ไฟฟ้า		อุณหภูมิบริเวณ แผงคอยล์ร้อน
	watt (KW)	แรงดัน (v)	$T_{\text{คอยล์}}$ (°C)
0	2.81	2.405	42.2
1	2.798	2.399	39.6
2	2.800	2.400	39.6
3	2.794	2.397	39.4
4	2.782	2.391	39.2
5	2.78	2.390	39.2
6	2.772	2.386	39.8
7	2.780	2.390	39.0
8	2.780	2.390	39.2
9	2.782	2.391	39.2
10	2.756	2.388	39.0
11	2.756	2.378	38.8
12	2.762	2.381	38.8
13	2.768	2.384	38.8
14	2.774	2.387	39.0
15	2.778	2.389	39.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.0326	KW/15 min
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	39.1	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.16	%

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



(ข)

รูปที่ 4.12 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าในช่วงเวลา 15 นาที ที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้น

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.046	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.595	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.0326	KW/15 min
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.16	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	1.378	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 3

จากการกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้หยดน้ำ โดยวิธีการอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการช่วยปล่อยน้ำต่อรวมกับท่อ และ ใช้ผ้าเป็นตัวที่ทำให้ น้ำซึมผ่านในการหล่อเย็นจึงส่งผลให้กำลัง ไฟฟ้าลดลง และ วิธีนี้สามารถทำการหล่อเย็นได้ ตลอดเวลาเพราะเนื่องจากอัตราการเกิดน้ำทิ้งมีมากกว่าอัตราการปล่อยน้ำเพื่อหล่อเย็นแต่จะเห็นได้ว่าวิธีนี้สามารถค่ากำลังไฟฟ้าได้น้อยกว่า 2วิธีแรก แต่ก็สามารถลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดไอได้ ตลอดเวลา

4.10 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 4

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบท่อต่อ รวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบปล่อยน้ำ แล้วหยุดสลับกัน



รูปที่ 4.13 ชุดจำลองหยดน้ำแบบต่อร่วมกับท่อเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 2 ในกรณีที่ 1
3. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 3 ในกรณีที่ 1
4. ทำการต่อชุดจำลองหยดน้ำเข้ากับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และ ปรับค่าของชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้เต็มที่
5. ทำการวัดค่าจาก เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-transducer) และอุณหภูมิที่แผงคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ ก่อนปล่อยน้ำและปล่อยน้ำเป็นเวลา 1 นาที
6. ทำการหยุดปล่อยน้ำเป็นเวลา 1 นาที ในช่วงกลางคืนหยุดปล่อยน้ำเป็นเวลา 1.30 นาที ทำการบันทึกค่าและรอให้แผงคอยล์ร้อนแห้ง
7. ทำการปล่อยน้ำต่อและหยุดปล่อยน้ำสลับกันไปมาเป็นจำนวนทั้งหมด 10 ครั้ง

4.11 ผลการทดลองกรณีที่ 4

กรณี 4 ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	28.8	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	29.09	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	33.25	°C
อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) =	46.8	°C
อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	44.6	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	47.03	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	59.25	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณ	
	watt ก่อน (KW) ก่อน	watt หลัง (KW) หลัง	แรงดัน (v) ก่อน	แรงดัน (v) หลัง	T คอยล์ (°C) ก่อน	T คอยล์ (°C) หลัง
1	3.246	3.088	2.632	2.544	47.2	43.4
2	3.256	3.080	2.628	2.540	46.2	43.4
3	3.230	3.076	2.615	2.538	45.8	43.2
4	3.232	3.106	2.616	2.553	45.8	44.8
5	3.226	3.078	2.613	2.539	45.6	43.6
6	3.204	3.086	2.602	2.543	45.6	43.4
7	3.216	3.080	2.608	2.540	44.4	43.2
8	3.208	3.156	2.604	2.578	44.4	43.6
9	3.222	3.142	2.611	2.571	44.6	43.4
10	3.216	3.166	2.608	2.583	43.8	43.0

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.1196	KW
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	42.0	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	3.708	%

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้น้อย เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ

กรณี 4 ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	27.6	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	28.89	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	29.03	°C
อุณหภูมิมลเครื่องปรับอากาศ ($T_{มม}$) =	40.8	°C
อุณหภูมิกอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	37.2	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	69.85	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น 79.3% อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

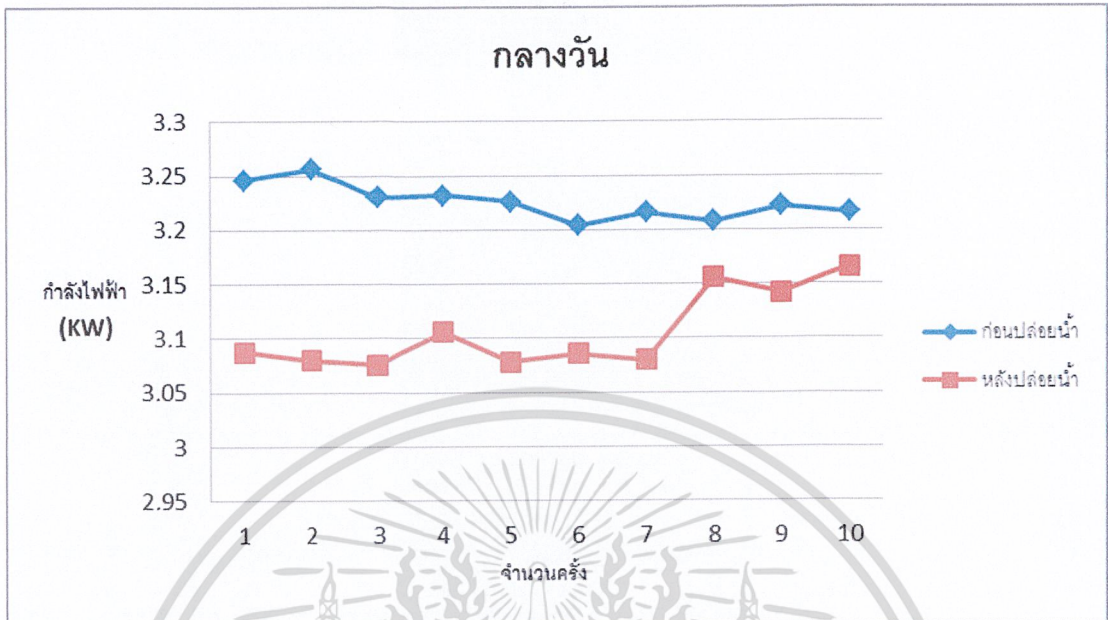
ตารางที่ 4.10 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณแผงคอยล์ร้อน	
	watt ก่อน (KW) ก่อน	watt (KW) หลัง	แรงดัน (v) ก่อน	แรงดัน (v) หลัง	T คอยล์ (°C) ก่อน	T คอยล์ (°C) หลัง
1	3.046	2.940	2.523	2.470	37.2	36.4
2	3.030	2.934	2.515	2.467	37.4	36.8
3	3.024	2.908	2.512	2.454	37.8	36.4
4	3.028	2.926	2.514	2.463	37.6	36.4
5	3.014	2.906	2.507	2.453	37.2	36.2
6	3.006	2.932	2.503	2.466	36.8	35.8
7	3.010	2.920	2.505	2.460	37.2	36.4
8	2.996	2.914	2.498	2.457	37.2	36.6
9	2.996	2.898	2.498	2.449	37.4	35.8
10	2.976	2.884	2.488	2.442	36.8	35.6

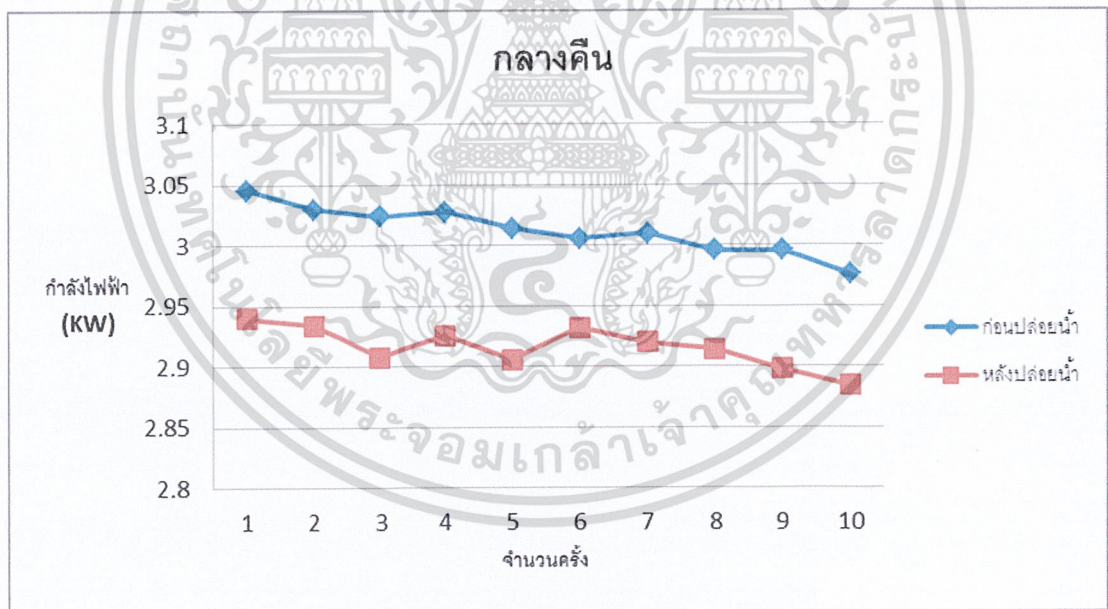
ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้ 0.0964 KW
 อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน 36.2 °C
 ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ 3.199 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.14 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน

(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าช่วงที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้น

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.1196	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	3.708	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.0964	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	3.199	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	3.454	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 4

จากการทดลองพบว่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้หยดน้ำโดยวิธีการปล่อยน้ำให้ชุ่มและหยุดปล่อยน้ำให้แห้งสลับกันไปพบว่า กำลังไฟฟ้าลดลงมากที่สุดถึง 6.907% แต่ในทางกลับกันคือเมื่อปล่อยน้ำลงไปมากอัตราการเกิดน้ำจะไม่เท่ากับอัตราการปล่อยน้ำจึงทำให้ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้น ไม่เพียงพอต่อการทำการทดลองนี้

4.12 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 5

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้าต่อกับท่อต่อ รวมกับปั๊มและชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์



รูปที่ 4.15 ชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 2 ในกรณีที่ 1
3. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 3 ในกรณีที่ 1
4. ทำการต่อชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้าเข้ากับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และ ปรับค่าของชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้อยู่ที่ 3.3V
5. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 5 ในกรณีที่ 4
6. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 6 ในกรณีที่ 4
7. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 7 ในกรณีที่ 4

4.13 ผลการทดลองกรณีที่ 5

กรณี 5 ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (T_{n_i}) =	28.4	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	30.14	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	32.93	°C
อุณหภูมิมอเตอร์ปรับอากาศ ($T_{มม}$) =	46.8	°C
อุณหภูมิกอยล์ร้อนปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	44.4	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	47.64	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	57.70	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณแผงคอยล์ร้อน	
	watt ก่อน (KW) ก่อน	watt หลัง (KW) หลัง	แรงดัน (v) ก่อน	แรงดัน (v) หลัง	T คอยล์ (°C) ก่อน	T คอยล์ (°C) หลัง
1	3.248	3.200	2.624	2.600	44.4	43.4
2	3.216	3.186	2.608	2.593	43.6	42.8
3	3.220	3.206	2.610	2.603	43.2	42.6
4	3.220	3.202	2.610	2.601	43.2	42.2
5	3.218	3.208	2.609	2.604	42.8	41.8
6	3.230	3.208	2.615	2.604	42.8	42.0
7	3.234	3.194	2.617	2.597	42.6	41.4
8	3.224	3.210	2.612	2.605	42.4	41.6
9	3.218	3.204	2.609	2.602	42.4	41.0
10	3.212	3.190	2.606	2.595	42.2	41.2

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้ 0.0232 KW

อุณหภูมิที่สามารถลดได้ โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน 42.0 °C

ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ 0.753 %

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้น้อย เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อเย็นขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ

กรณี 5 ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น (T_{n1}) = 26.8 °C

อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) = 26.83 °C

อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) = 28.46 °C

อุณหภูมิลมเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) = 39.4 °C

อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) = 37.2 °C

ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) = 76.63 %

ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) = 80.65 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและต้องอ้างอิงทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

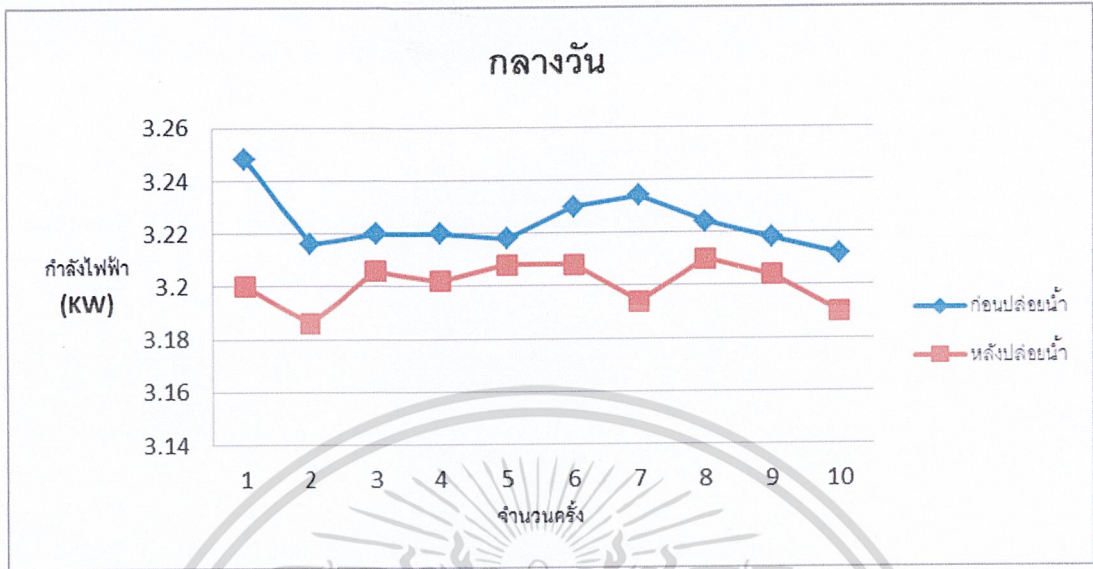
ตารางที่ 4.12 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบซึมผ่านผ้า

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณแผงคอยล์ร้อน	
	watt ก่อน (KW) ก่อน	watt (KW) หลัง	แรงดัน (v) ก่อน	แรงดัน (v) หลัง	T คอยล์ (°C) ก่อน	T คอยล์ (°C) หลัง
1	3.016	3.008	2.508	2.498	37.2	36.4
2	3.004	2.970	2.502	2.485	37.0	36.2
3	2.998	2.972	2.499	2.486	37.6	36.6
4	2.992	2.962	2.496	2.481	37.4	36.6
5	2.996	2.946	2.498	2.482	36.8	36.2
6	3.008	2.978	2.504	2.489	36.8	36.2
7	2.992	2.980	2.496	2.490	36.6	36.0
8	2.996	2.984	2.498	2.492	36.4	36.0
9	2.996	2.978	2.498	2.489	36.8	35.8
10	3.002	2.978	2.501	2.489	37.0	36.0

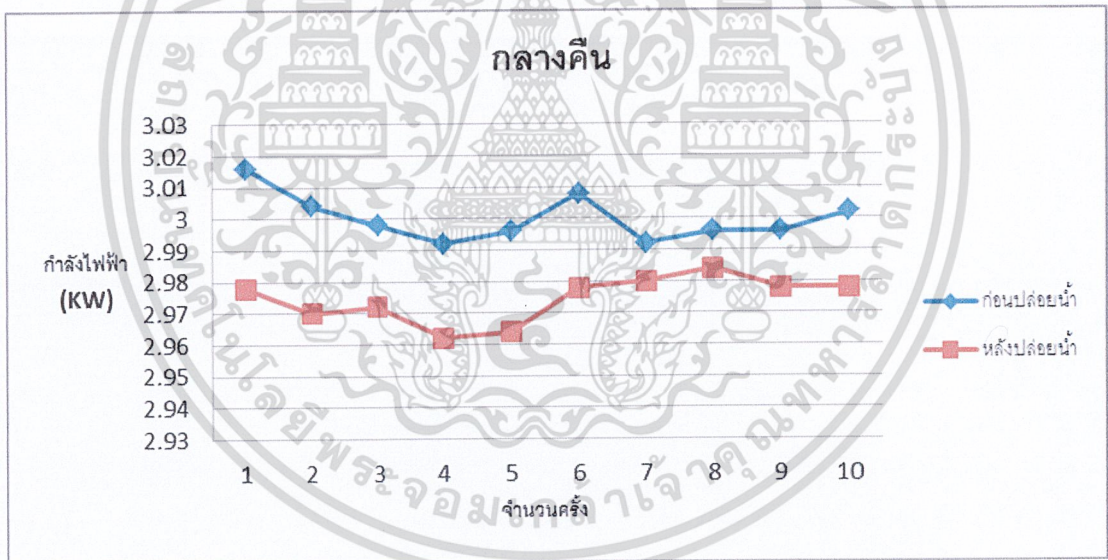
ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.0226	KW
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	36.2	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	0.719	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.16 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน

(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าช่วงที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้น

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.0232	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	0.753	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.0226	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	0.719	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	0.736	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 5

จากการทดลองพบว่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้หยดน้ำโดยวิธีการปล่อยน้ำผ่านผ้าและหุขปล่อยน้ำให้แห้งสลับกันไปพอว่า กำลังไฟฟ้าลดลง 0.736% แต่ปริมาณน้ำที่ใช้ยังคงมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นซึ่งส่งผลให้น้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อเย็นโดยวิธีนี้ไม่เพียงพอต่อการหล่อเย็นแบบต่อเนื่อง

4.14 ขั้นตอนการทดลองในกรณีที่ 6

1. ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ



รูปที่ 4.17 ชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ 3. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 3 ในกรณีที่ 1

4. ทำการต่อชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ
5. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 5 ในกรณีที่ 4
6. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 6 ในกรณีที่ 4
7. ขั้นตอนการทดลองเหมือนกันข้อ 7 ในกรณีที่ 4

4.15 ผลการทดลองกรณีที่ 6

กรณี 6 ช่วงเวลากลางวัน

เวลาเริ่ม : 14.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 14.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	28.6	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	29.97	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	33.27	°C
อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) =	45.2	°C
อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	42.4	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	56.21	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	54.52	%

ตารางที่ 4.13 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยดน้ำแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณแผงคอยล์ร้อน	
	watt ก่อน	watt หลัง	แรงดัน ก่อน	แรงดัน หลัง	$T_{คอยล์}$ (°C) ก่อน	$T_{คอยล์}$ (°C) หลัง
	(KW) ก่อน	(KW) หลัง	(v) ก่อน	(v) หลัง		
1	3.252	3.214	2.626	2.607	42.4	41.8
2	3.246	3.218	2.623	2.609	42.2	41.6
3	3.248	3.216	2.624	2.608	42.2	41.2
4	3.252	3.208	2.626	2.604	42.2	41.6
5	3.240	3.196	2.620	2.598	42.0	41.4
6	3.236	3.202	2.618	2.601	42.6	41.6
7	3.248	3.160	2.624	2.580	42.4	41.8
8	3.210	3.160	2.605	2.580	42.4	41.6
9	3.186	3.138	2.593	2.569	41.8	41.2
10	3.188	3.136	2.594	2.568	42.4	40.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับครูโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่ภายนอกได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 10 ทั้งห้ามมิให้เผยแพร่เอกสารนี้ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.045	KW
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	44.2	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.393	%

หมายเหตุ : การใช้ปริมาณน้ำในการหล่อเย็นที่ต่างกันจะมีผลกับเวลาในการในการหล่อแต่ละแบบ คือ ถ้าใช้ปริมาณน้ำที่มากก็จะใช้เวลาในการหล่อเย็นได้น้อย เป็นต้น การเลือกปริมาณน้ำที่ทั้งที่ใช้ในการหล่อขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้การหล่อเย็นนั้นๆ

กรณี 6 ช่วงเวลากลางคืน

เวลาเริ่ม : 21.00 น.

เวลาสิ้นสุด : 21.20 น.

อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($T_{น้ำ}$) =	28.6	°C
อุณหภูมิภายในห้อง ($T_{ภายใน}$) =	28.59	°C
อุณหภูมิภายนอกห้อง ($T_{ภายนอก}$) =	29.82	°C
อุณหภูมิมวลเครื่องปรับอากาศ ($T_{ลม}$) =	40.8	°C
อุณหภูมิคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ ($T_{คอยล์}$) =	39.8	°C
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายใน}$) =	51.37	%
ความชื้นในอากาศ ($RH\%_{ภายนอก}$) =	71.51	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

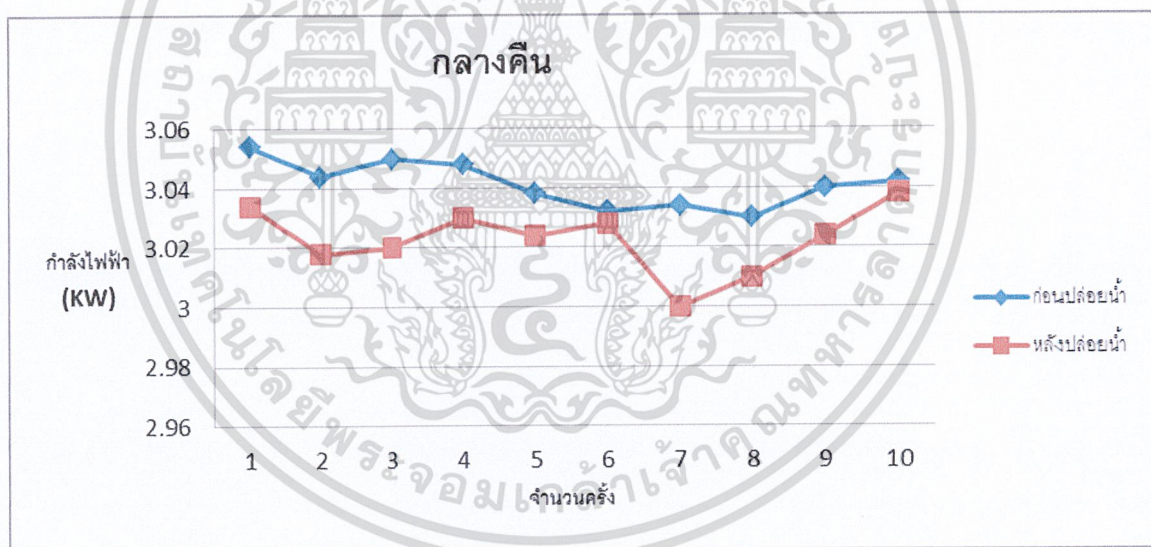
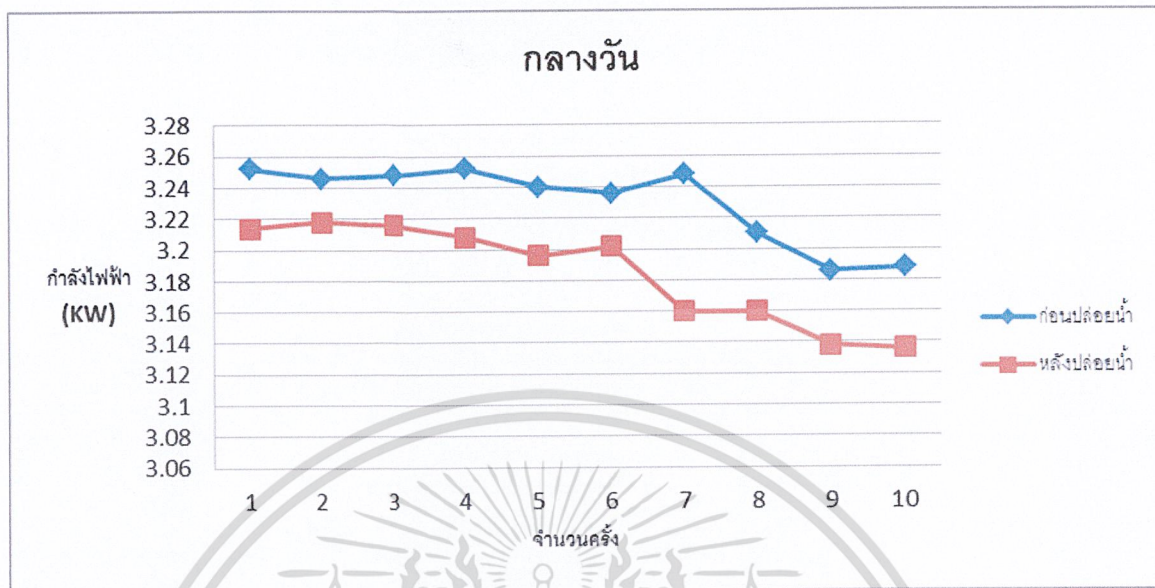
ตารางที่ 4.14 ทดลองการลดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน โดยชุดจำลองหยุดแบบใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการปล่อยน้ำ

จำนวนครั้ง	พลังงานไฟฟ้า				อุณหภูมิบริเวณแผงคอยล์ร้อน	
	watt ก่อน (KW) ก่อน	watt (KW) หลัง	แรงดัน (v) ก่อน	แรงดัน (v) หลัง	T คอยล์ (°C) ก่อน	T คอยล์ (°C) หลัง
1	3.054	3.034	2.527	2.517	39.8	39.4
2	3.044	3.018	2.522	2.509	39.4	38.8
3	3.050	3.020	2.525	2.510	39.4	38.4
4	3.048	3.030	2.524	2.515	38.6	38.4
5	3.038	3.024	2.519	2.512	38.6	38.4
6	3.032	3.028	2.516	2.514	38.6	38.4
7	3.034	3.000	2.517	2.500	38.6	37.6
8	3.030	3.010	2.515	2.505	38.6	37.8
9	3.040	3.024	2.520	2.512	38.4	37.8
10	3.042	3.038	2.521	2.519	38.6	38.6

ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถได้	0.0186	KW
อุณหภูมิที่สามารถลดได้โดยเฉลี่ยของแผงคอยล์ร้อน	39.2	°C
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	0.6	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลา



(ข)

รูปที่ 4.18 (ก) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางวัน

(ข) กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลากลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าช่วงที่ใช้ในการทดลองนั้นกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ในเวลากลางวันและกลางคืน จะมีปริมาณลดลงจากค่าเริ่มต้น

ช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.045	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	1.393	%
ช่วงเวลากลางคืนกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ลดลง	0.0186	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้	0.6	%
ค่าไฟฟ้าที่ลดได้รวมต่อวัน	0.997	%

จะเห็นว่าช่วงกลางวันสามารถการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน แต่ก็แตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการทดลองในกรณีที่ 6

จากการทดลองพบว่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศนั้น เมื่อเราทำการหล่อเย็นด้วยวิธีการใช้หยดน้ำโดยวิธีการปล่อยน้ำผ่านผ้าและหยุดปล่อยน้ำให้แห้งสลับกันไปพบว่า กำลังไฟฟ้าลดลง 0.997% และมีการใช้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่า 2 วิธีก่อนหน้านี้ตั้งนั้นวิธีนี้สามารถทำได้ตลอดเวลา แต่เมื่อเทียบลักษณะการปล่อยน้ำแล้วหยุดกับการปล่อยน้ำไปตลอดเวลาจะพบว่าวิธีปล่อยน้ำตลอดเวลาจะสามารถปริมาณกำลังไฟฟ้าได้เยอะกว่าวิธีปล่อยน้ำแล้วหยุดปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากวัฏจักรการทำงานในระบบอัดไอ จะเห็นได้ว่าถ้าเราสามารถอุณหภูมิของ condenser จะทำให้ภาระการทำงานของ compressor ลดลงจะส่งผลทำให้ compressor ใช้ไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อนำชุดจำลองหยดน้ำในแบบต่างๆมาทำกาต่อรวมกับ compressor เพื่อช่วยให้การระบายความร้อนให้กับ condenser พบว่าชุดจำลองหยดน้ำในวิธีการทดลองที่ 4.11 ให้ผลการทดลองออกมาเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดกำลังไฟฟ้าให้กับ compressor ได้มากที่สุดทั้งวันลดได้ถึง 3.454% แต่ยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้เนื่องด้วยวิธีนี้จะต้องปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยอัตราการเกิดน้ำทิ้งของเครื่องปรับอากาศในแต่ละชม.ของหนึ่งวันอยู่ที่ 3.864 ลิตร แต่ด้วยวิธีทำหล่อเย็นในการทดลองที่ 4.11 ใช้เวลาเพียง 20 นาทีในการหล่อเย็นหนึ่งครั้ง ใช้น้ำไป ถึง 5 ลิตรจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการหล่อเย็นในแต่ละวันเช่นเดียวกับการทดลองอื่นๆ ซึ่งเราได้มีการนำผ้าเข้ามารองก่อนที่จะถึง condenser เพื่อที่จะให้ผ้าช่วยชะลออัตราการไหลของน้ำและเพิ่มความสม่ำเสมอให้กับการหยดของน้ำมากขึ้น จะเห็นได้ว่า ผลการทดลองจะออกมาแตกต่างกับวิธีการทดลองที่ 4.11 เล็กน้อยแต่ปริมาณน้ำทิ้งที่ใช้ในการหล่อเย็น condenser มีปริมาณใกล้เคียงกัน และในการทดลองที่ 4.8 เมื่อเริ่มทำการลดอุณหภูมิให้กับ condenser จะเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าไฟฟ้าลดลงอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอถึงโดยรวมของการทดลองนี้จะได้ปริมาณการลดไฟฟ้าไม่เท่ากับ 2 วิธีแรกแต่ก็ได้ในระดับที่น่าพอใจสำหรับเวลา 15 นาทีอีกทั้งการใช้ปริมาณน้ำทิ้งในการลดอุณหภูมิเพียง 1 ลิตรต่อเวลา 15 นาที ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถลดอุณหภูมิของ condenser ได้ต่อเนื่องทั้งวัน เมื่อเปรียบเทียบกันทั้งสามวิธีแล้ว ปริมาณการลดกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องและใช้น้ำเพียงพอต่อการลดอุณหภูมิคือวิธีการทดลองที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ในแต่ละวันปริมาณความชื้นในอากาศจะมีไม่เท่ากัน และ อุณหภูมิของแต่ละวันก็จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในแต่ละวันหรือแต่ละชั่วโมงมีปริมาณไม่เท่ากัน ซึ่งควรจะมีแท็งก์น้ำไว้สำหรับกักเก็บน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นมาเพื่อให้มีปริมาณน้ำที่เพียงพอสำหรับการใช้ในการหล่อเย็น นอกจากนี้การลดอุณหภูมิที่ condenser นั้นยังมีการกระจายของหยดน้ำไม่ทั่วแผงทำให้การลดอุณหภูมิของแผงยังลดได้ไม่เต็มที่ และ บางวิธีที่ทำการทดลองยังคงมีปริมาณน้ำมากเกินไปซึ่งอาจจะทำให้มีฝุ่นมาจับตัวกับน้ำที่ยังค้างอยู่ที่แผง condenser ซึ่งเป็นการทำให้เพิ่มภาระให้กับcompressorทำงานหนักขึ้น ซึ่งก็หมายความว่าเป็นการทำให้compressorกินไฟมากขึ้นตามไปด้วย

ซึ่งในการลดอุณหภูมิของ condenser อาจมีวิธีหรือหลักการอื่นๆที่สามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่านี้เพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคต และ การทดลองควรจะทำให้ห้องปิดเพื่อที่จะทำการควบคุมปัจจัยต่างๆไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ และ ความชื้นเพื่อที่จะพัฒนารูปแบบชุดควบคุมในการลดอุณหภูมิเพื่อใช้ในการลดการใช้พลังงานให้กับcompressor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] <http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Air%20Conditioning/uples7.2.htm>
- [2] <http://www.etcthailand.com/index.php/2010-04-22-03-48-59/2010-04-22-03-58-53>
- [3] <http://www.maceducation.com/e-knowledge/2432210100/14.htm>
- [4] <http://tontan123.exteen.com/>
- [5] <http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/1999/03>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

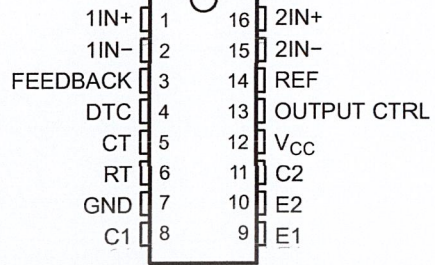


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- Complete PWM Power-Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization

D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



DESCRIPTION

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control flip-flop, a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from -0.3 V to $V_{CC} - 2\text{ V}$. The dead-time control comparator has a fixed offset that provides approximately 5% dead time. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuits in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from 0°C to 70°C . The TL494I is characterized for operation from -40°C to 85°C .

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES ⁽¹⁾				
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (N)	SMALL OUTLINE (NS)	SHRINK SMALL OUTLINE (DB)	THIN SHRINK SMALL OUTLINE (PW)
0°C to 70°C	TL494CD	TL494CN	TL494CNS	TL494CDB	TL494CPW
-40°C to 85°C	TL494ID	TL494IN	—	—	—

(1) The D, DB, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494CDR).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1983–2005, Texas Instruments Incorporated

โปรดอ่านข้อมูลข้อมูลปัจจุบันก่อนเผยแพร่ผลิตภัณฑ์นี้
โปรดปฏิบัติตามข้อกำหนดการรับประกันมาตรฐานของ Texas Instruments
การประมวลผลผลิตอาจไม่รวมถึงการทดสอบพารามิเตอร์ทั้งหมด

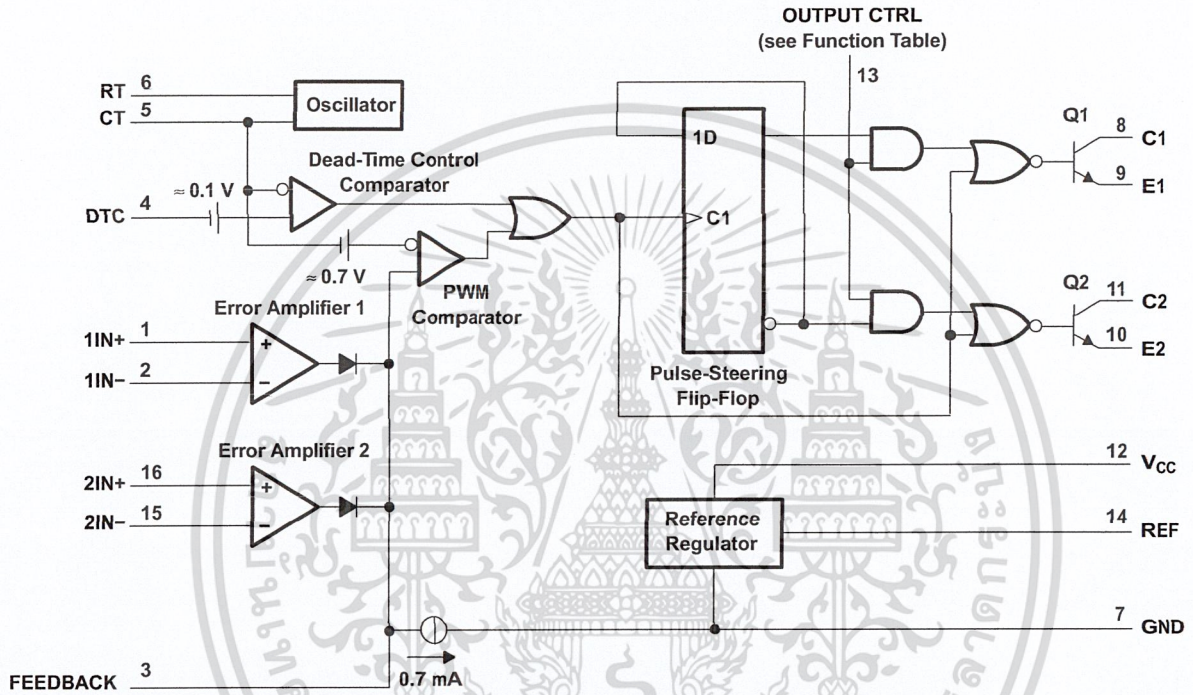
TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074E—JANUARY 1983—REVISED FEBRUARY 2005

FUNCTION TABLE

INPUT TO OUTPUT CTRL	OUTPUT FUNCTION
$V_1 = \text{GND}$	Single-ended or parallel output
$V_1 = V_{\text{ref}}$	Normal push-pull operation

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Supply voltage ⁽²⁾		41	V
V _I	Amplifier input voltage		V _{CC} + 0.3	V
V _O	Collector output voltage		41	V
I _O	Collector output current		250	mA
θ _{JA}	Package thermal impedance ⁽³⁾⁽⁴⁾	D package	73	°C/W
		DB package	82	
		N package	67	
		NS package	64	
		PW package	108	
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds			260	°C
T _{stg}	Storage temperature range	-65	150	°C

- (1) Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltages are with respect to the network ground terminal.
- (3) Maximum power dissipation is a function of T_{J(max)}, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is P_D = (T_{J(max)} - T_A)/θ_{JA}. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
- (4) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

Recommended Operating Conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V _{CC}	Supply voltage	7	40	V	
V _I	Amplifier input voltage	-0.3	V _{CC} - 2	V	
V _O	Collector output voltage		40	V	
	Collector output current (each transistor)		200	mA	
	Current into feedback terminal		0.3	mA	
f _{OSC}	Oscillator frequency	1	300	kHz	
C _T	Timing capacitor	0.47	10000	nF	
R _T	Timing resistor	1.8	500	kΩ	
T _A	Operating free-air temperature	TL494C	0	70	°C
		TL494I	-40	85	

Electrical Characteristics

over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

Reference Section

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽¹⁾	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP ⁽²⁾	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$	4.75	5	5.25	V
Input regulation	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		2	25	mV
Output regulation	$I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$		1	15	mV
Output voltage change with temperature	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$		2	10	mV/V
Short-circuit output current ⁽³⁾	REF = 0 V		25		mA

- (1) For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
(2) All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.
(3) Duration of short circuit should not exceed one second.

Oscillator Section

$C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽¹⁾	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP ⁽²⁾	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency ⁽³⁾	All values of V_{CC} , C_T , R_T , and T_A constant		100		Hz/kHz
Frequency change with voltage	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		1		Hz/kHz
Frequency change with temperature ⁽⁴⁾	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$			10	Hz/kHz

- (1) For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
(2) All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.
(3) Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

- (4) Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

Error-Amplifier Section

See Figure 2

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	
Input offset voltage	V_O (FEEDBACK) = 2.5 V		2	10	mV
Input offset current	V_O (FEEDBACK) = 2.5 V		25	250	nA
Input bias current	V_O (FEEDBACK) = 2.5 V		0.2	1	μA
Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		-0.3 to $V_{CC} - 2$		V
Open-loop voltage amplification	$\Delta V_O = 3\text{ V}$, $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$		70	95	dB
Unity-gain bandwidth	$V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$, $R_L = 2\ \text{k}\Omega$			800	kHz
Common-mode rejection ratio	$\Delta V_O = 40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		65	80	dB
Output sink current (FEEDBACK)	$V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$, V (FEEDBACK) = 0.7 V		0.3	0.7	mA
Output source current (FEEDBACK)	$V_{ID} = 15\text{ mV to }5\text{ V}$, V (FEEDBACK) = 3.5 V		-2		mA

- (1) All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Electrical Characteristics

over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

Output Section

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
Collector off-state current		$V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_{CC} = 40\text{ V}$		2	100	μA
Emitter off-state current		$V_{CC} = V_C = 40\text{ V}$, $V_E = 0$			-100	μA
Collector-emitter saturation voltage	Common emitter	$V_E = 0$, $I_C = 200\text{ mA}$		1.1	1.3	V
	Emitter follower	$V_{O(C1\text{ or }C2)} = 15\text{ V}$, $I_E = -200\text{ mA}$		1.5	2.5	
Output control input current		$V_I = V_{ref}$			3.5	mA

(1) All typical values, except for temperature coefficient, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Dead-Time Control Section

See Figure 1

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
Input bias current (DEAD-TIME CTRL)	$V_I = 0\text{ to }5.25\text{ V}$		-2	-10	μA
Maximum duty cycle, each output	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 0, $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F}$, $R_T = 12\text{ k}\Omega$		45		%
Input threshold voltage (DEAD-TIME CTRL)	Zero duty cycle		3	3.3	V
	Maximum duty cycle	0			

(1) All typical values, except for temperature coefficient, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PWM Comparator Section

See Figure 1

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
Input threshold voltage (FEEDBACK)	Zero duty cycle		4	4.5	V
Input sink current (FEEDBACK)	V (FEEDBACK) = 0.7 V	0.3	0.7		mA

(1) All typical values, except for temperature coefficient, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Total Device

PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
Standby supply current	$R_T = V_{ref}$, All other inputs and outputs open	$V_{CC} = 15\text{ V}$		6	10	mA
		$V_{CC} = 40\text{ V}$		9	15	
Average supply current	V_I (DEAD-TIME CTRL) = 2 V, See Figure 1			7.5		mA

(1) All typical values, except for temperature coefficient, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

Switching Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
Rise time	Common-emitter configuration, See Figure 3		100	200	ns
Fall time			25	100	
Rise time	Emitter-follower configuration, See Figure 4		100	200	ns
Fall time			40	100	

(1) All typical values, except for temperature coefficient, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

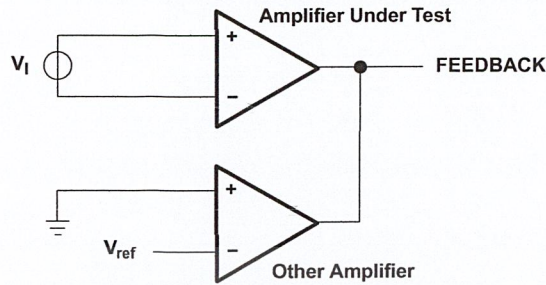
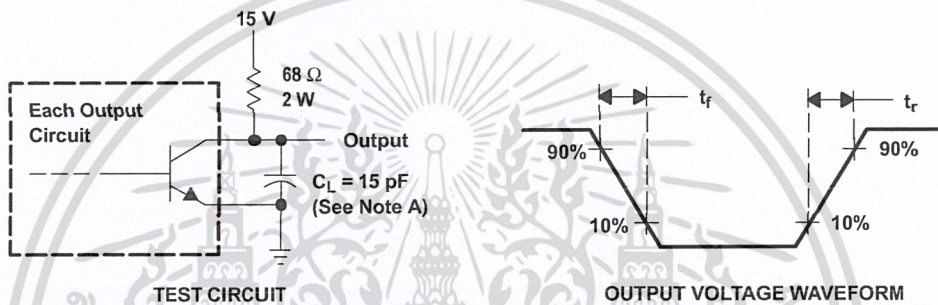
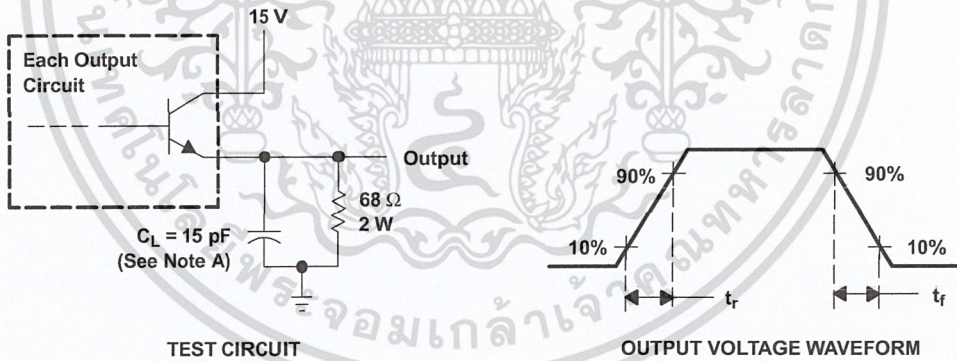


Figure 2. Amplifier Characteristics



NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

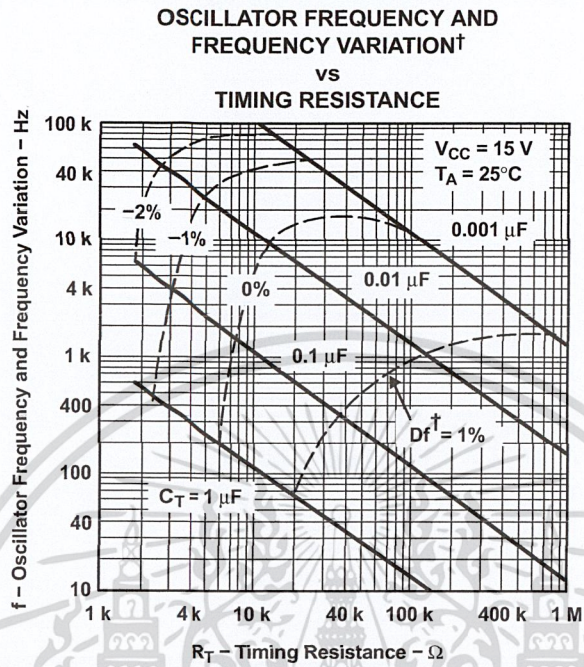
Figure 3. Common-Emitter Configuration



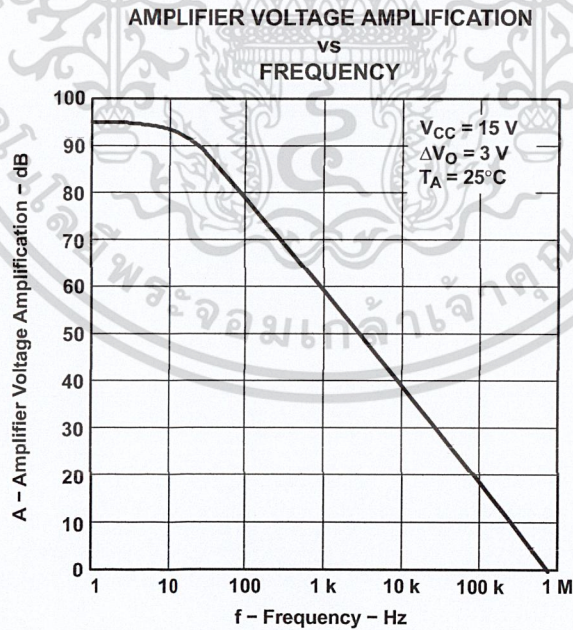
NOTE A: C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 4. Emitter-Follower Configuration

TYPICAL CHARACTERISTICS



[†] Frequency variation (Δf) is the change in oscillator frequency that occurs over the full temperature range.



PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
TL494CD	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDBR	ACTIVE	SSOP	DB	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDBRE4	ACTIVE	SSOP	DB	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDBRG4	ACTIVE	SSOP	DB	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDG4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CDRG3	PREVIEW	SOIC	D	16	2500	TBD	Call TI	Call TI
TL494CDRG4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CJ	OBSOLETE	CDIP	J	16		TBD	Call TI	Call TI
TL494CN	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
TL494CNE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
TL494CNSR	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CNSRG4	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPW	ACTIVE	TSSOP	PW	16	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPWE4	ACTIVE	TSSOP	PW	16	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPWG4	ACTIVE	TSSOP	PW	16	90	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPWLE	OBSOLETE	TSSOP	PW	16		TBD	Call TI	Call TI
TL494CPWR	ACTIVE	TSSOP	PW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPWRE4	ACTIVE	TSSOP	PW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494CPWRG4	ACTIVE	TSSOP	PW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494ID	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494IDE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494IDG4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494IDR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
TL494IDRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494IDRG4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
TL494IN	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
TL494INE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
TL494MJ	OBSOLETE	CDIP	J	16		TBD	Call TI	Call TI
TL494MJB	OBSOLETE	CDIP	J	16		TBD	Call TI	Call TI

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

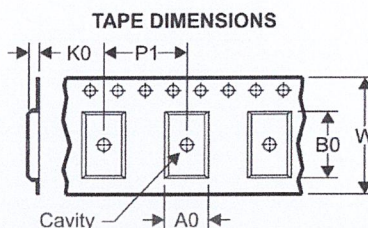
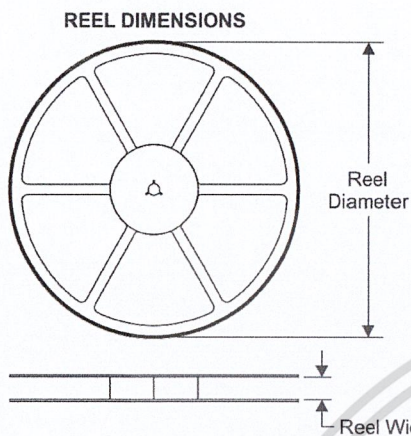
provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the

accuracy, completeness, or reliability of such information, and may not have conducted independent verification of third party information. Information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI

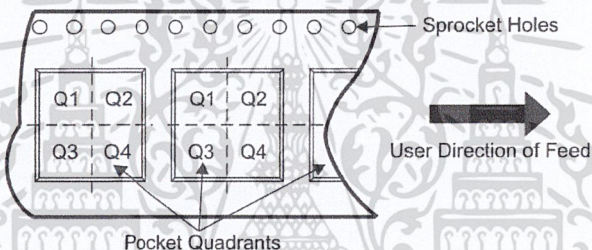
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อตรวจสอบเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAPE AND REEL INFORMATION



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

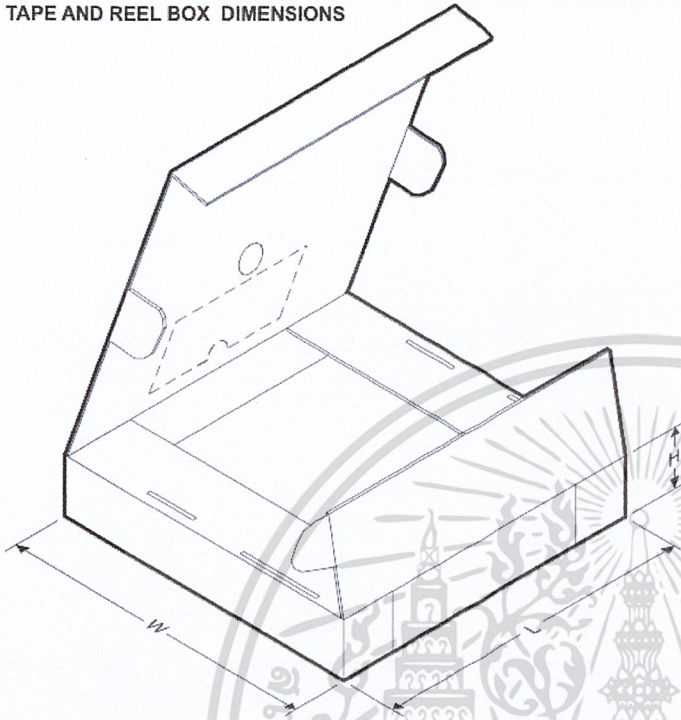
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TL494CDBR	SSOP	DB	16	2000	330.0	16.4	8.2	6.6	2.5	12.0	16.0	Q1
TL494CDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
TL494CDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
TL494CNSR	SO	NS	16	2000	330.0	16.4	8.2	10.5	2.5	12.0	16.0	Q1
TL494CPWR	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
TL494IDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


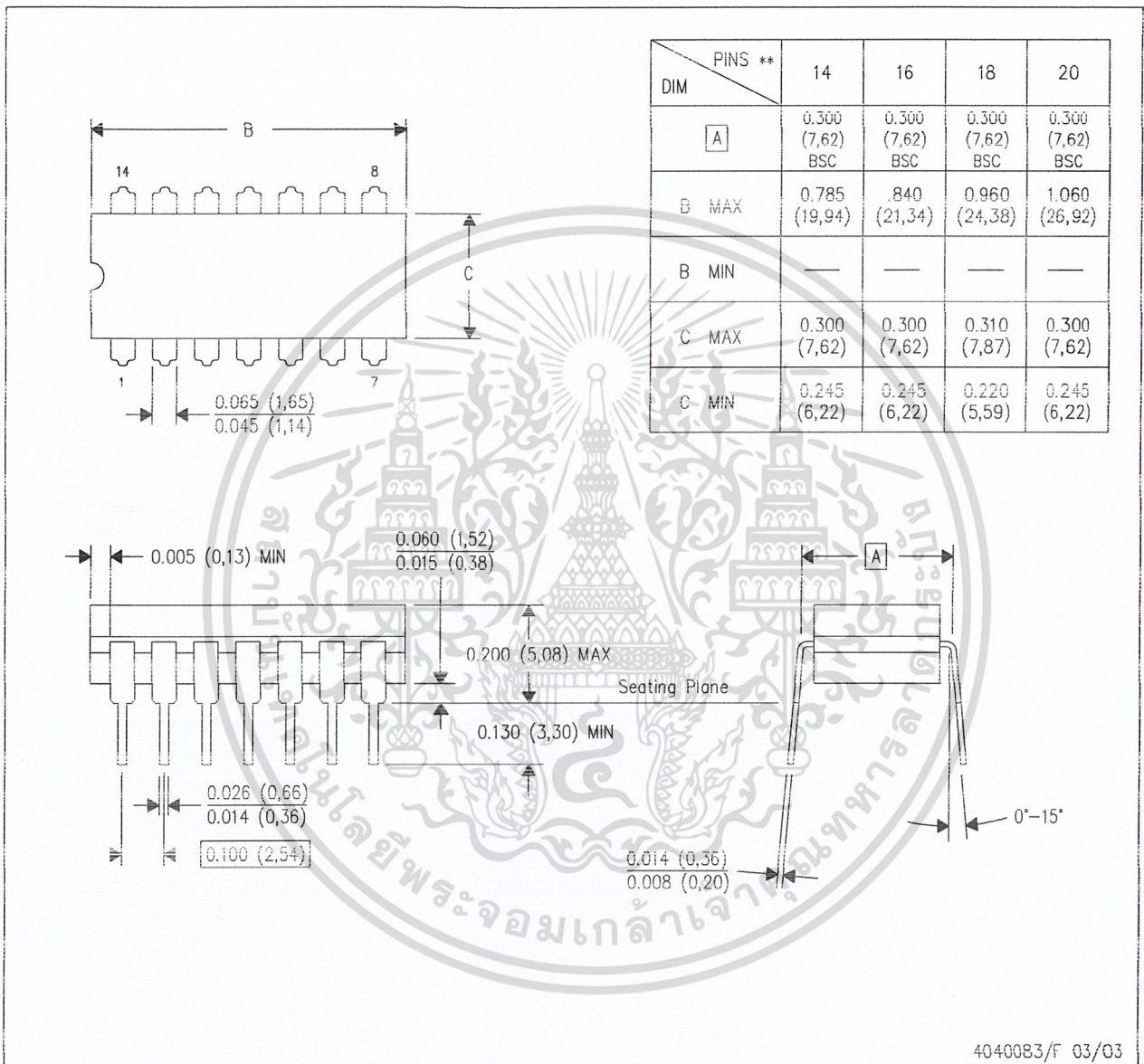
*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TL494CDBR	SSOP	DB	16	2000	346.0	346.0	33.0
TL494CDR	SOIC	D	16	2500	346.0	346.0	33.0
TL494CDR	SOIC	D	16	2500	333.2	345.9	28.6
TL494CNSR	SO	NS	16	2000	346.0	346.0	33.0
TL494CPWR	TSSOP	PW	16	2000	346.0	346.0	29.0
TL494IDR	SOIC	D	16	2500	333.2	345.9	28.6

J (R-GDIP-T**)

14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE

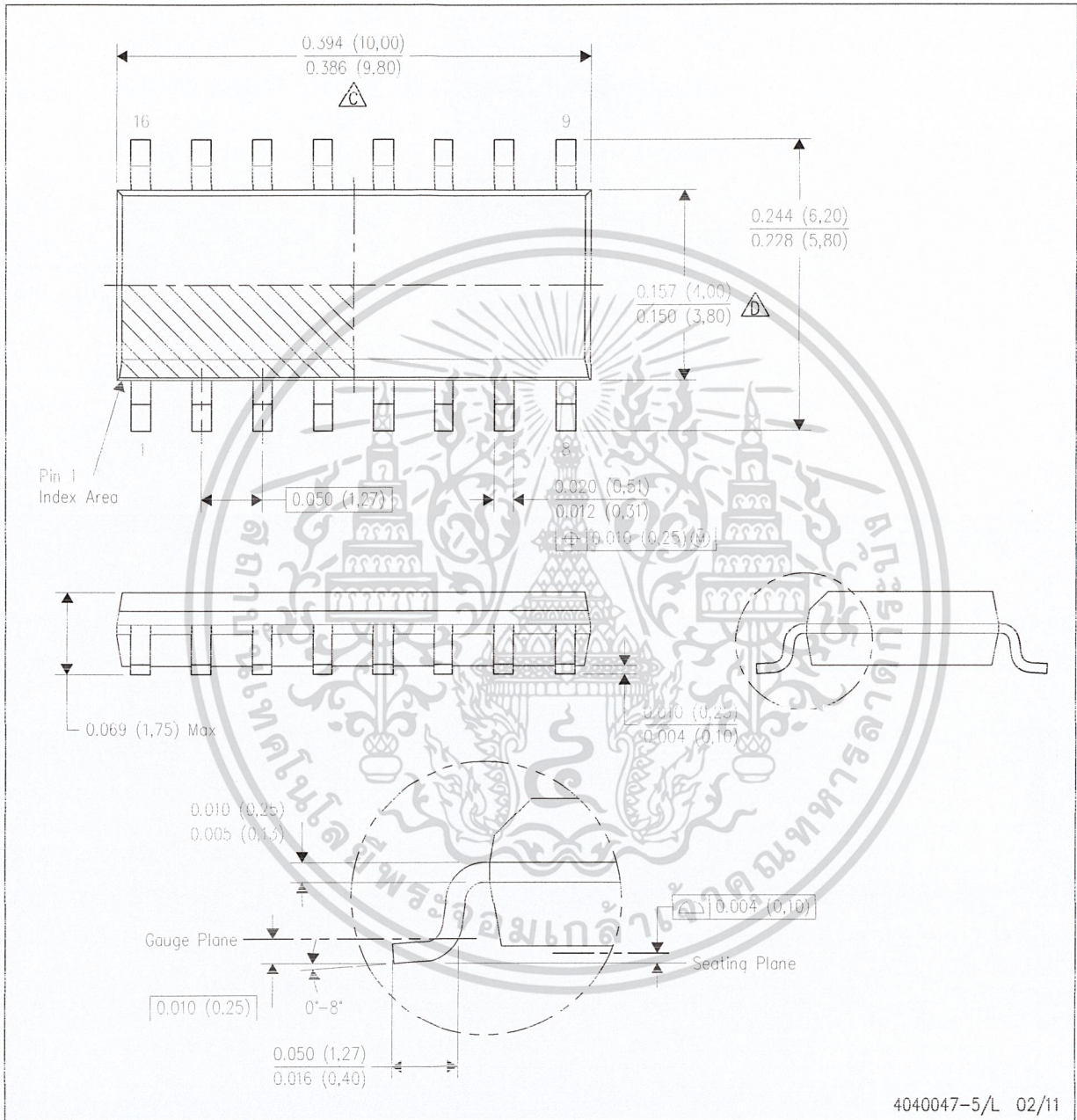


- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T14, GDIP1-T16, GDIP1-T18 and GDIP1-T20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



4040047-5/L 02/11

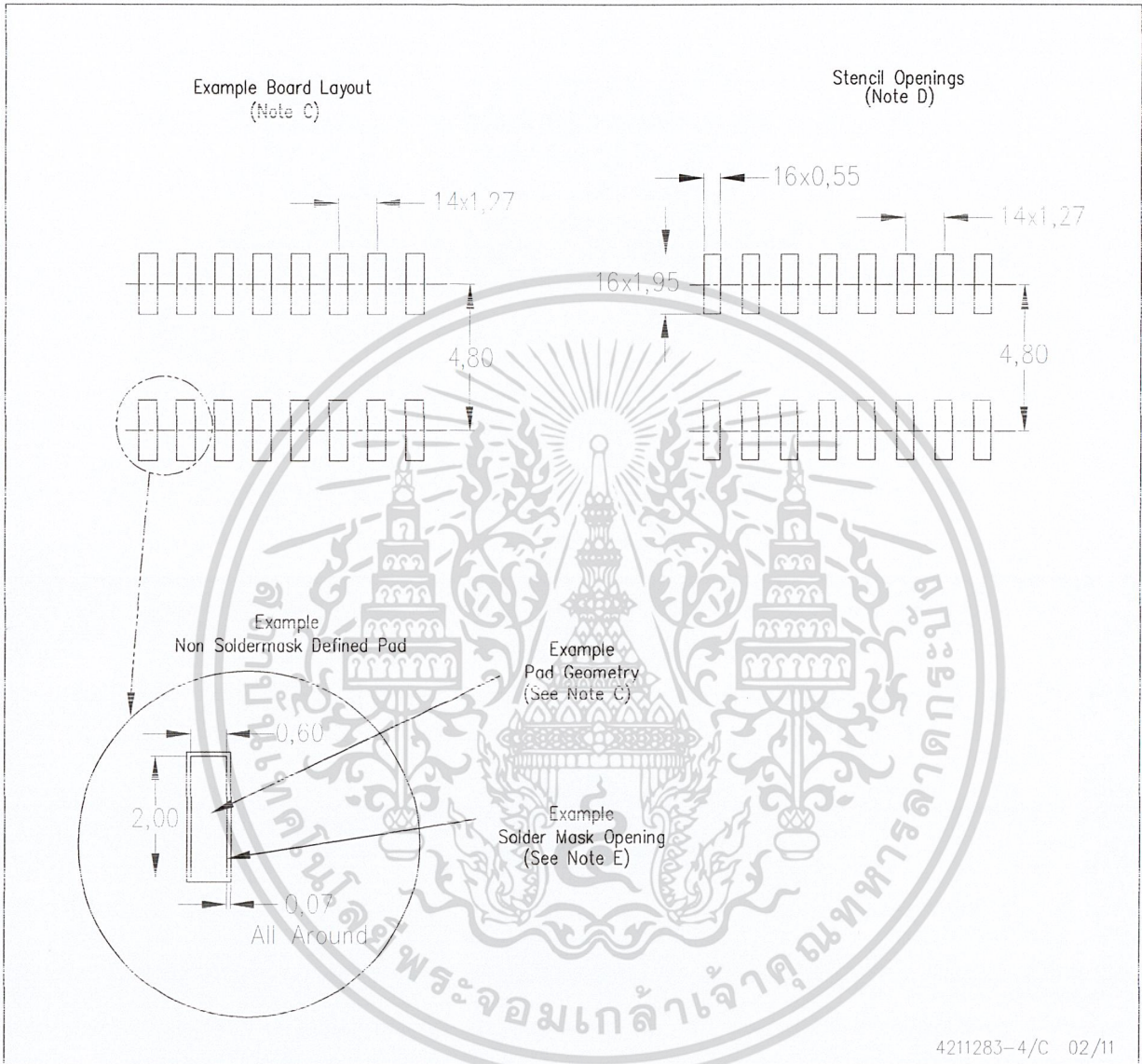
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.006 (0,15) each side.
 - D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.017 (0,43) each side.
 - E. Reference JEDEC MS-012 variation AC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAND PATTERN DATA

D (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



4211283-4/C 02/11

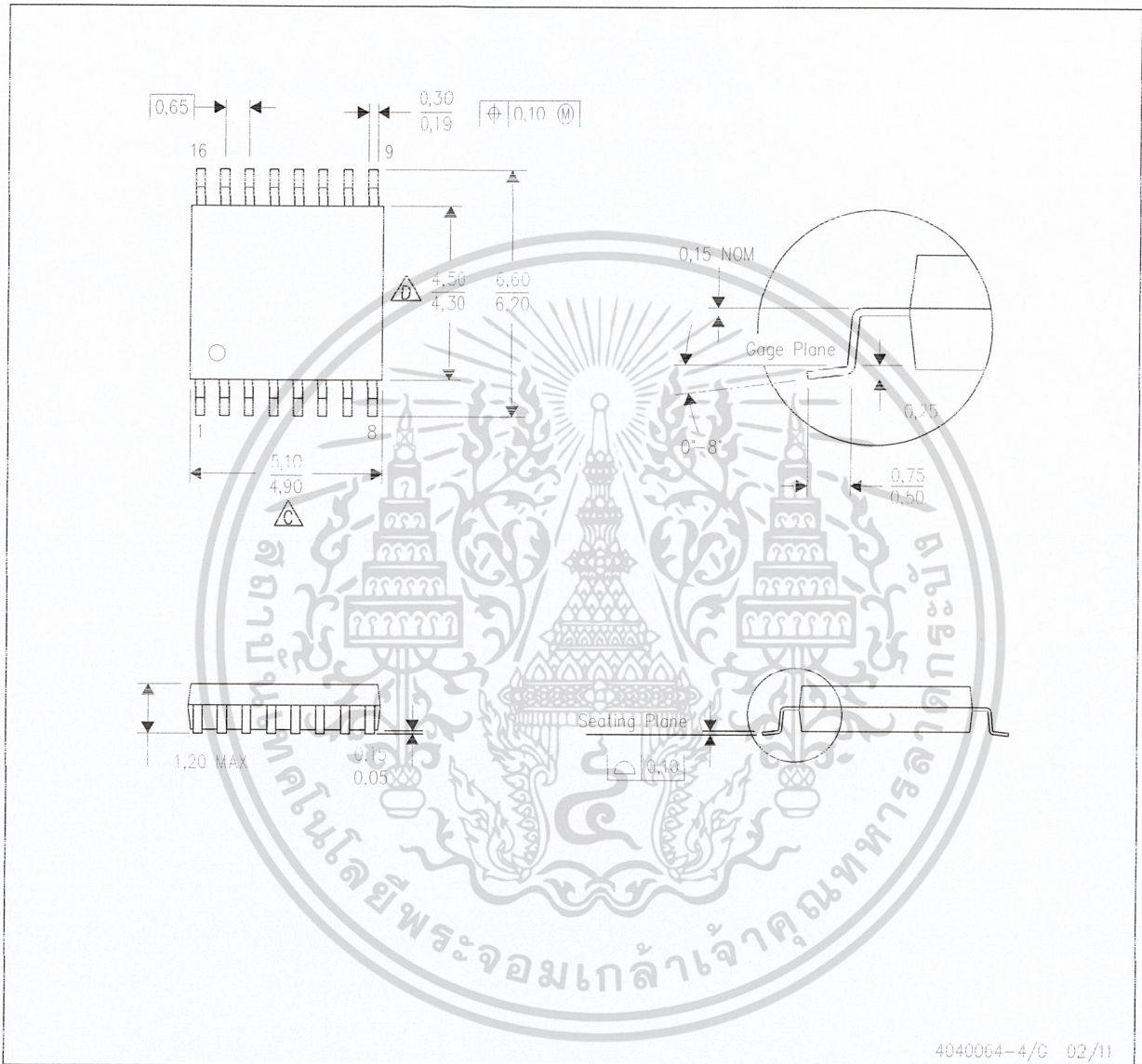
- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
 - Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 TEXAS INSTRUMENTS
 www.ti.com

MECHANICAL DATA

PW (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



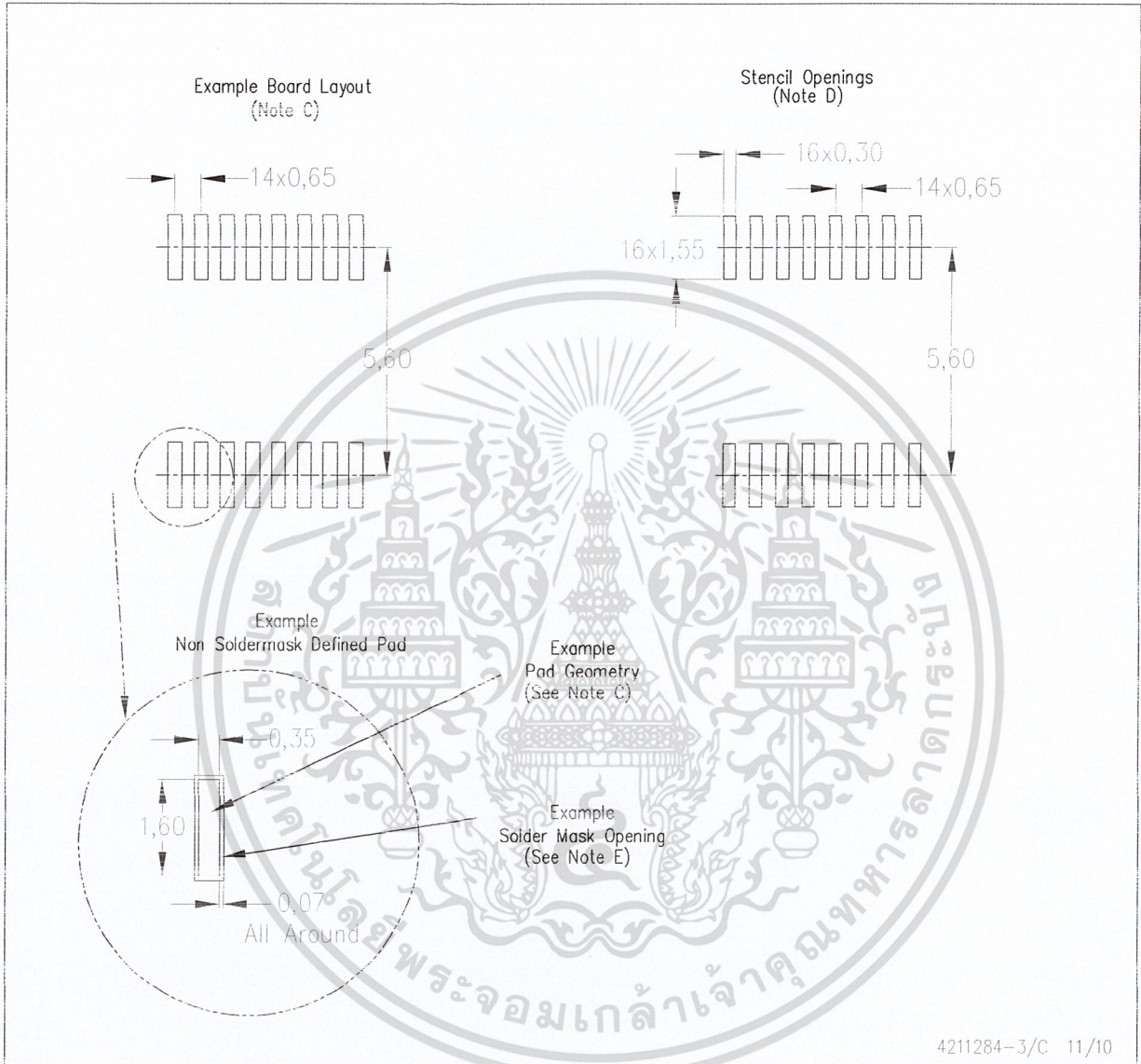
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 -  Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0,15 each side.
 -  Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0,25 each side.
 - E. Falls within JEDEC MO-153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิศวกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
 www.ti.com

PW (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE



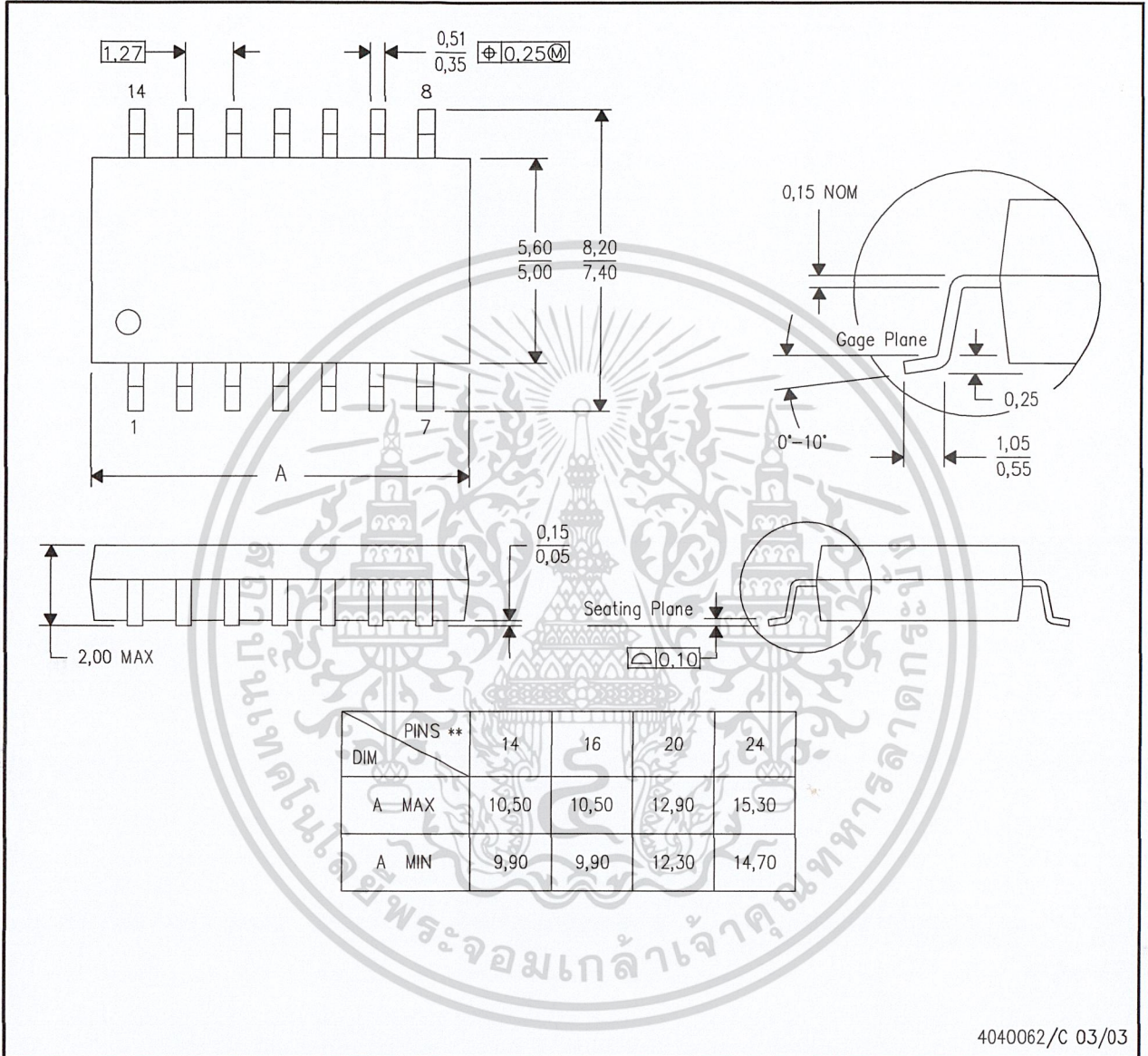
4211284-3/C 11/10

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - D. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
 - E. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G)**
14-PINS SHOWN

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

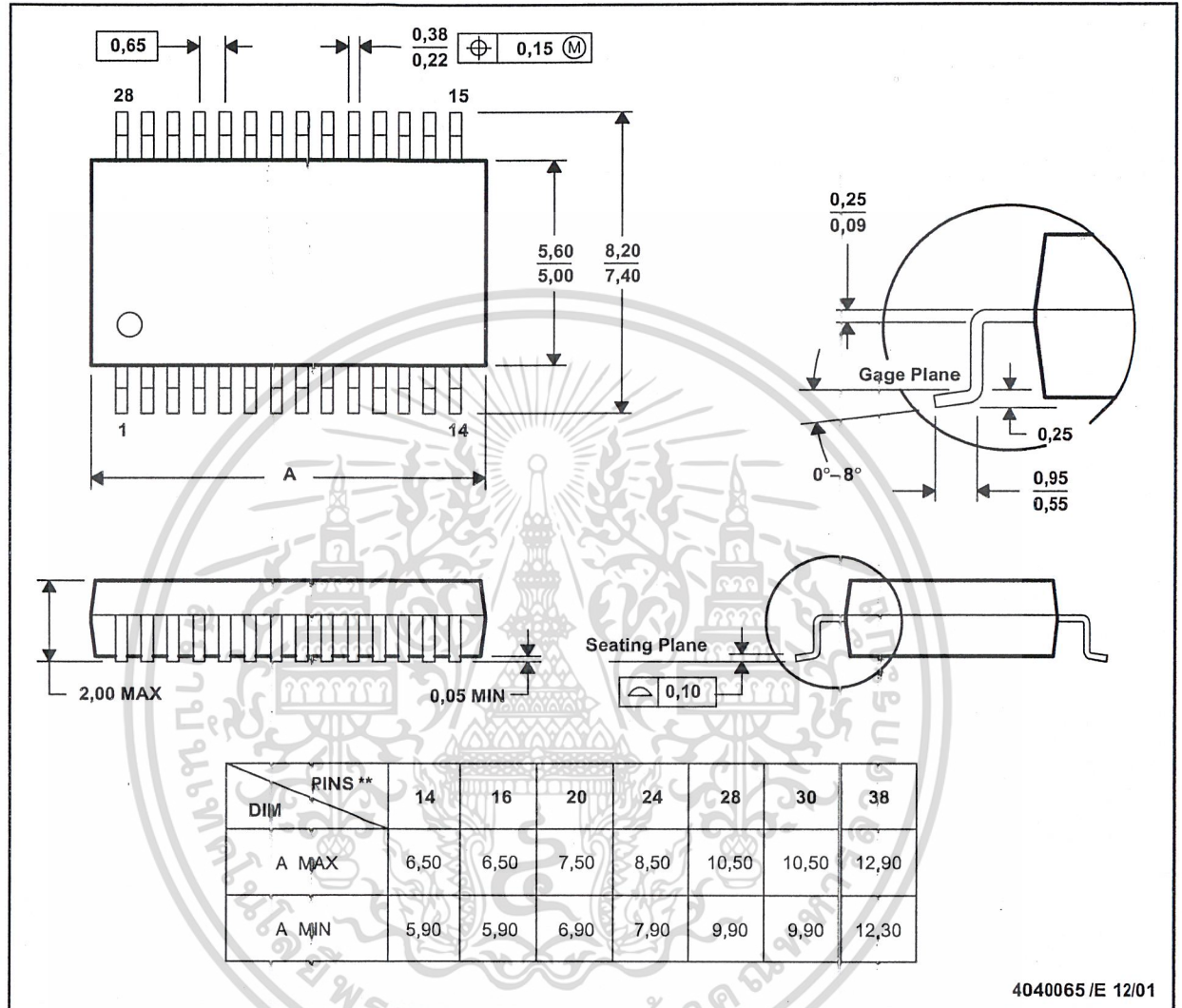
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา www.ti.com อย่างเป็นทางการของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DB (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE

28 PINS SHOWN



4040065 / E 12/01

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0,15.
 D. Falls within JEDEC MQ-150



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ควรเปิดเผยให้บุคคลภายนอกได้ทราบโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or "enhanced plastic." Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Audio	www.ti.com/audio	Communications and Telecom	www.ti.com/communications
Amplifiers	amplifier.ti.com	Computers and Peripherals	www.ti.com/computers
Data Converters	dataconverter.ti.com	Consumer Electronics	www.ti.com/consumer-apps
DLP® Products	www.dlp.com	Energy and Lighting	www.ti.com/energy
DSP	dsp.ti.com	Industrial	www.ti.com/industrial
Clocks and Timers	www.ti.com/clocks	Medical	www.ti.com/medical
Interface	interface.ti.com	Security	www.ti.com/security
Logic	logic.ti.com	Space, Avionics and Defense	www.ti.com/space-avionics-defense
Power Mgmt	power.ti.com	Transportation and Automotive	www.ti.com/automotive
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Video and Imaging	www.ti.com/video
RFID	www.ti-rfid.com	Wireless	www.ti.com/wireless-apps
RF/IF and ZigBee® Solutions	www.ti.com/lprf		

TI E2E Community Home Page

e2e.ti.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amplifier Transistors

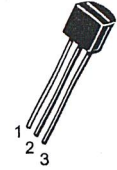
NPN Silicon

MAXIMUM RATINGS

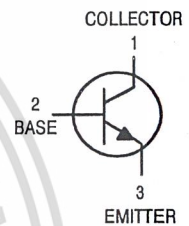
Rating	Symbol	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CE0}	40	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CB0}	75	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EB0}	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C/W}$



CASE 29-11, STYLE 17
TO-92 (TO-226AA)



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10\text{ mAdc}, I_B = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	40	—	Vdc
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 10\text{ }\mu\text{Adc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	75	—	Vdc
Emitter–Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\text{ }\mu\text{Adc}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 60\text{ Vdc}, V_{EB(off)} = 3.0\text{ Vdc}$)	I_{CEX}	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 60\text{ Vdc}, I_E = 0$) ($V_{CB} = 60\text{ Vdc}, I_E = 0, T_A = 150^\circ\text{C}$)	I_{CBO}	— —	0.01 10	μAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{EB} = 3.0\text{ Vdc}, I_C = 0$)	I_{EBO}	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_{CEO}	—	10	nAdc
Base Cutoff Current ($V_{CE} = 60\text{ Vdc}, V_{EB(off)} = 3.0\text{ Vdc}$)	I_{BEX}	—	20	nAdc

Q2N2222

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ($I_C = 0.1 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, T_A = -55^\circ\text{C}$) ($I_C = 150 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾ ($I_C = 500 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾	h_{FE}	35 50 75 35 100 50 40	— — — — 300 — —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, I_B = 15 \text{ mAdc}$) ($I_C = 500 \text{ mAdc}, I_B = 50 \text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	— —	0.3 1.0	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, I_B = 15 \text{ mAdc}$) ($I_C = 500 \text{ mAdc}, I_B = 50 \text{ mAdc}$)	$V_{BE(sat)}$	0.6 —	1.2 2.0	Vdc

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain — Bandwidth Product ⁽²⁾ ($I_C = 20 \text{ mAdc}, V_{CE} = 20 \text{ Vdc}, f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	300	—	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}, I_E = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{obo}	—	8.0	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5 \text{ Vdc}, I_C = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{ibo}	—	25	pF
Input Impedance ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{ie}	2.0 0.25	8.0 1.25	k Ω
Voltage Feedback Ratio ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{re}	— —	8.0 4.0	$\times 10^{-4}$
Small-Signal Current Gain ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	50 75	300 375	—
Output Admittance ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{oe}	5.0 25	35 200	μmhos
Collector Base Time Constant ($I_E = 20 \text{ mAdc}, V_{CB} = 20 \text{ Vdc}, f = 31.8 \text{ MHz}$)	$rb'C_c$	—	150	ps
Noise Figure ($I_C = 100 \mu\text{Adc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, R_S = 1.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz}$)	N_F	—	4.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

Delay Time	$(V_{CC} = 30 \text{ Vdc}, V_{BE(off)} = -2.0 \text{ Vdc}, I_C = 150 \text{ mAdc}, I_{B1} = 15 \text{ mAdc})$ (Figure 1)	t_d	—	10	ns
Rise Time		t_r	—	25	ns
Storage Time	$(V_{CC} = 30 \text{ Vdc}, I_C = 150 \text{ mAdc}, I_{B1} = I_{B2} = 15 \text{ mAdc})$ (Figure 2)	t_s	—	225	ns
Fall Time		t_f	—	60	ns

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.
2. f_T is defined as the frequency at which $|h_{fe}|$ extrapolates to unity.

<http://www.okDatasheet.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q2N2222

SWITCHING TIME EQUIVALENT TEST CIRCUITS

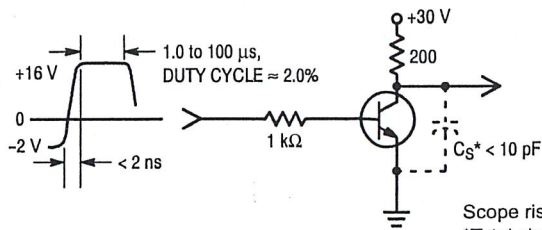


Figure 1. Turn-On Time

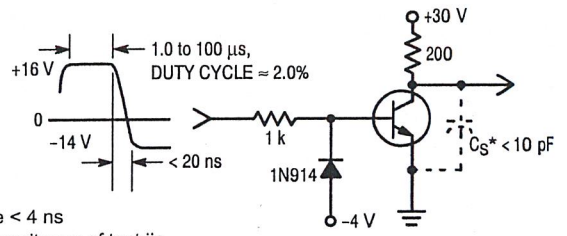


Figure 2. Turn-Off Time

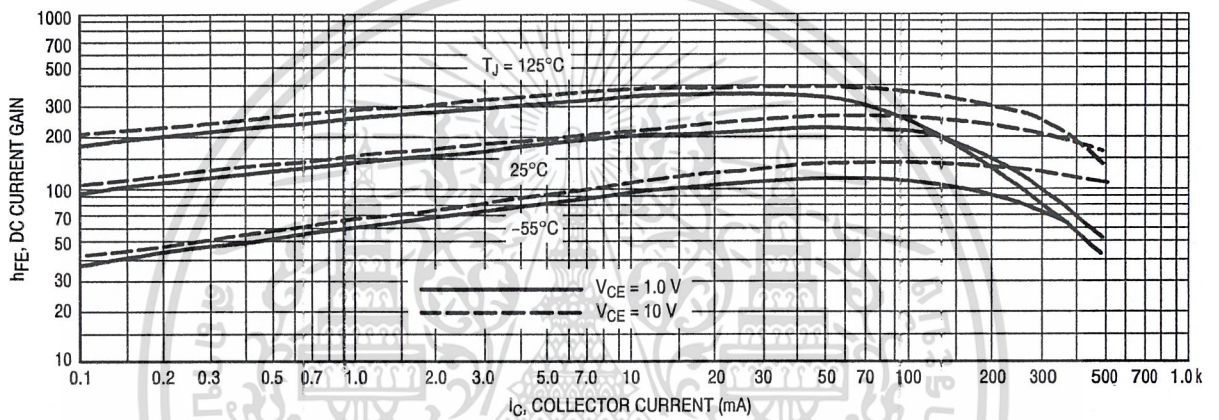


Figure 3. DC Current Gain

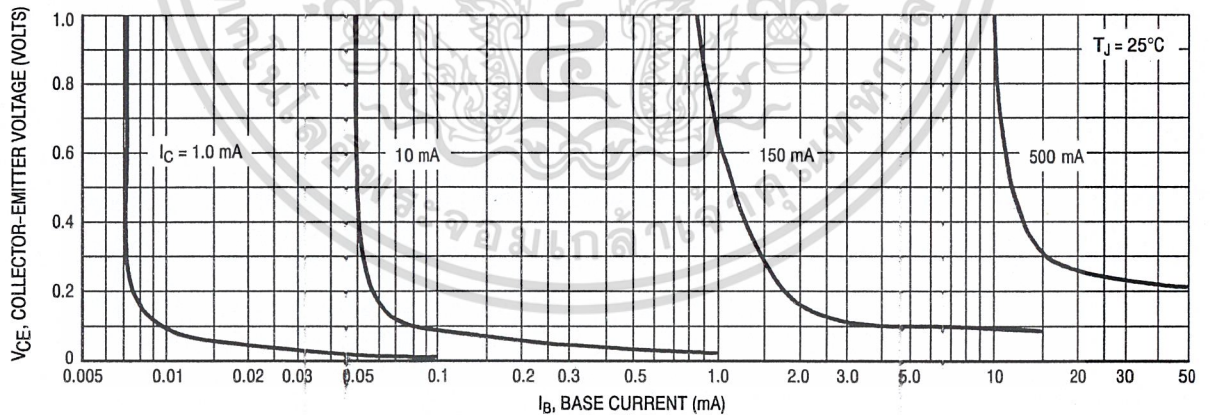


Figure 4. Collector Saturation Region

<http://www.okDatasheet.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q2N2222

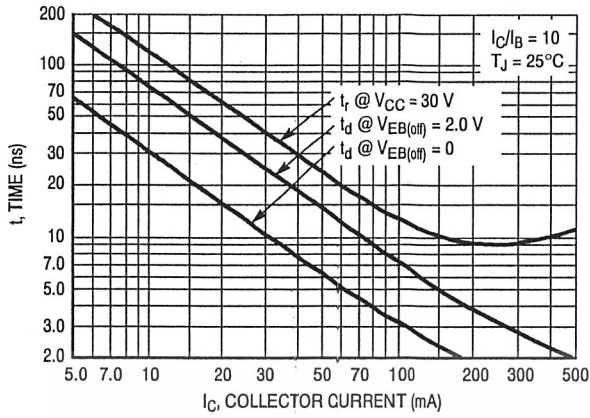


Figure 5. Turn-On Time

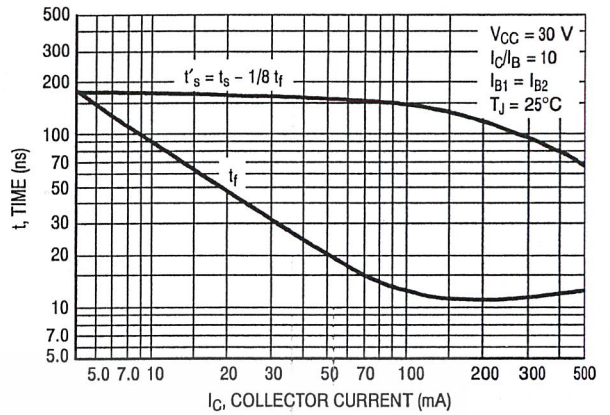


Figure 6. Turn-Off Time

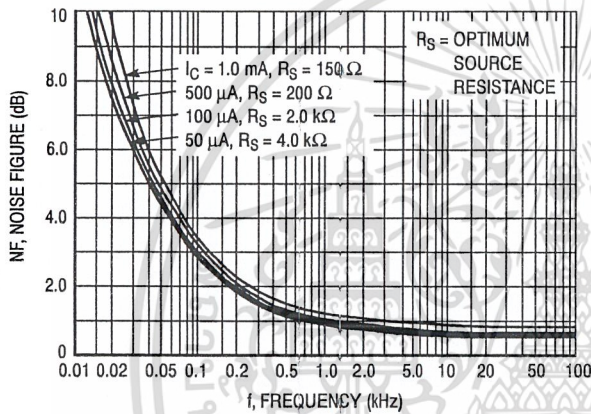


Figure 7. Frequency Effects

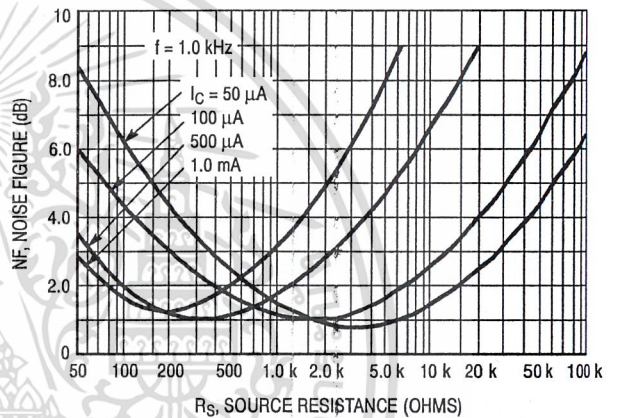


Figure 8. Source Resistance Effects

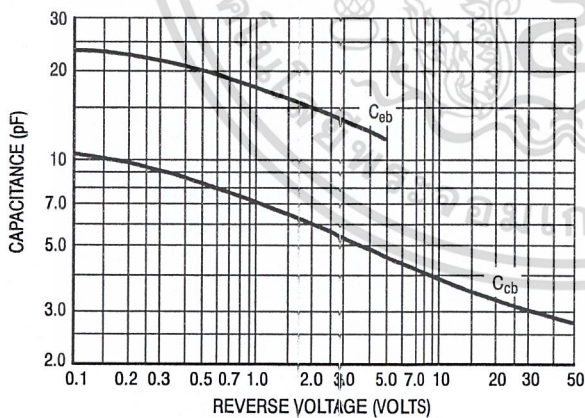


Figure 9. Capacitances

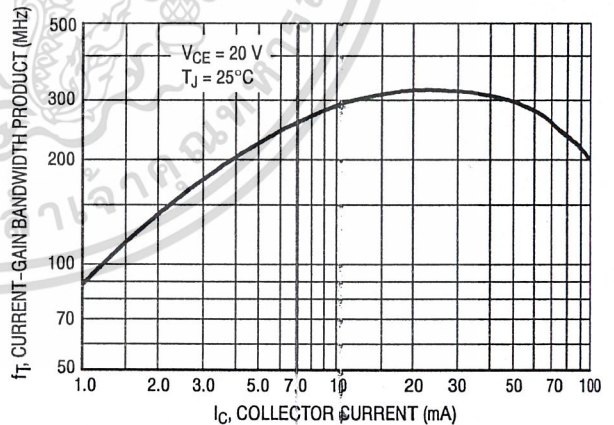


Figure 10. Current-Gain Bandwidth Product

Q2N2222

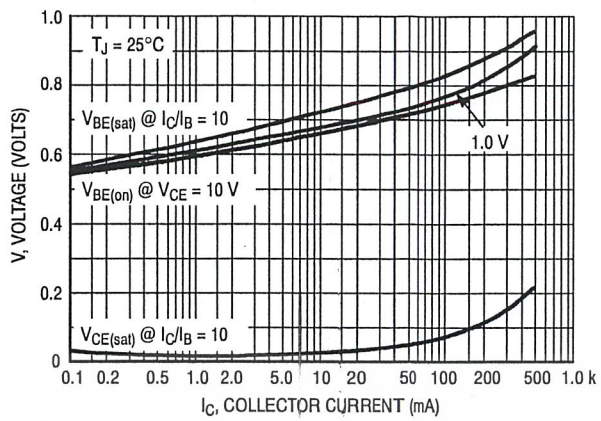


Figure 11. "On" Voltages

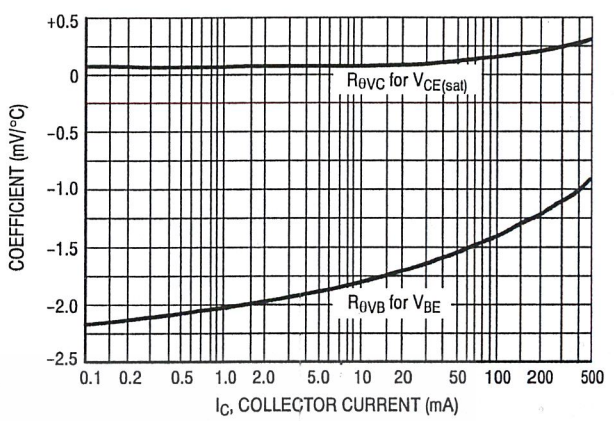


Figure 12. Temperature Coefficients



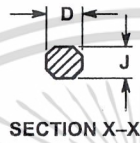
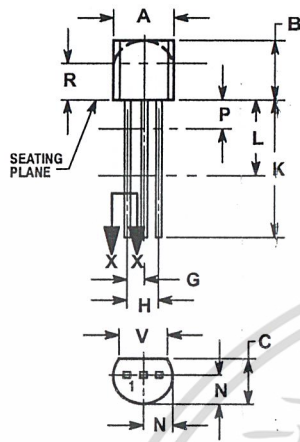
<http://www.okDatasheet.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 5 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q2N2222

PACKAGE DIMENSIONS

TO-92 (TO-226)
CASE 29-11
ISSUE AL



STYLE 17:
PIN 1. COLLECTOR
2. BASE
3. EMITTER

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.021	0.407	0.533
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	0.500	---	12.70	---
L	0.250	---	6.35	---
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	---	0.100	---	2.54
R	0.115	---	2.93	---
V	0.135	---	3.43	---

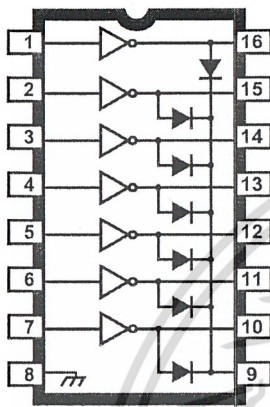
<http://www.okDatasheet.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU
2024

29304F

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Dwg. No. A-9594

Note that the ULN20xxA series (dual in-line package) and ULN20xxL series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, V_{CE}	
(ULN200xA and ULN200xL)	50 V
(ULN202xA and ULN202xL)	95 V
Input Voltage, V_{IN}	30 V
Continuous Output Current,	
I_C	500 mA
Continuous Input Current, I_{IN}	25 mA
Power Dissipation, P_D	
(one Darlington pair)	1.0 W
(total package)	See Graph
Operating Temperature Range,	
T_A	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
T_S	-55°C to +150°C

Ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads, the Series ULN20xxA/L high-voltage, high-current Darlington arrays feature continuous load current ratings to 500 mA for each of the seven drivers. At an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously, typical power loads totaling over 230 W (350 mA x 7, 95 V) can be controlled. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULN2003A/L and ULN2023A/L have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN2004A/L and ULN2024A/L have series input resistors for operation directly from 6 to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULN2003A/L and ULN2004A/L are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULN2023A/L and ULN2024A/L will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 16-pin dual in-line plastic packages (suffix "A") and 16-lead surface-mountable SOICs (suffix "L"). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. All devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C. Most (see matrix, next page) are also available for operation to -40°C; to order, change the prefix from "ULN" to "ULQ".

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS-Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Plastic Package or Small-Outline IC Package

x = digit to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้  ให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

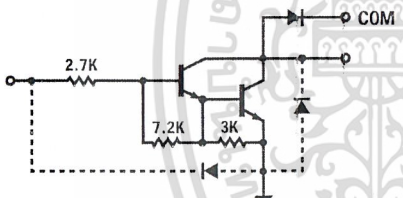
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_C(MAX)$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2003A* ULN2003L*	ULN2023A* ULN2023L
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2004A* ULN2004L*	ULN2024A ULN2024L

* Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from "ULN" to "ULQ".

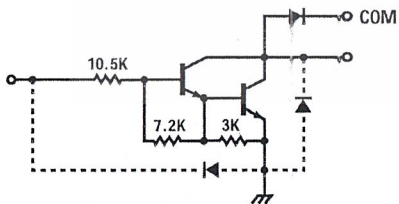
PARTIAL SCHEMATICS

ULN20x3A/L (Each Driver)

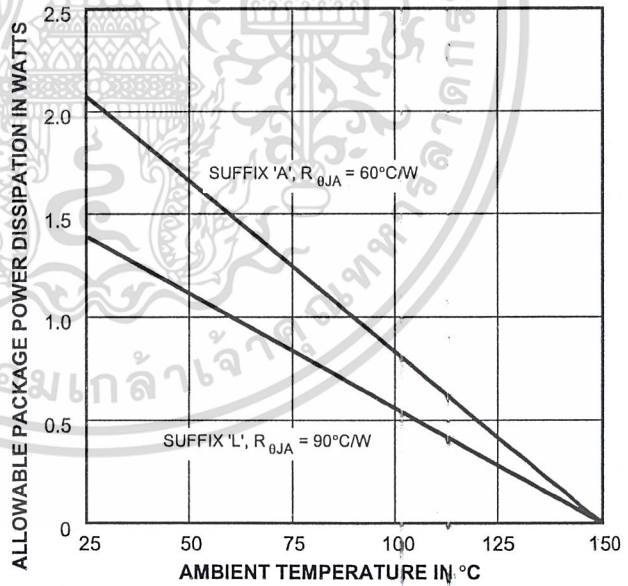


Dwg. No. A-9651

ULN20x4A/L (Each Driver)



Dwg. No. A-9898A



Dwg. GP-006A

X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cutoff, Box 15036

Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-6000

Copyright © 1974, 1998 Allegro MicroSystems, Inc.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของ Allegro MicroSystems, Inc. การทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

**Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2004A, and ULN2004L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	$V_{CE} = 50 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	μA
				$V_{CE} = 50 \text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2004A/L	$V_{CE} = 50 \text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0 \text{ V}$	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 250 \mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200 \text{ mA}, I_B = 350 \mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350 \text{ mA}, I_B = 500 \mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2003A/L	$V_{IN} = 3.85 \text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 5.0 \text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 12 \text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500 \mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	μA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2003A/L	$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 200 \text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 250 \text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 300 \text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULN2004A/L	$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 125 \text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 200 \text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 275 \text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0 \text{ V}, I_C = 350 \text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	$V_R = 50 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	μA
				$V_R = 50 \text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	$I_F = 350 \text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

**Types ULN2023A, ULN2023L, ULN2024A, and ULN2024L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	μA
				$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2024A/L	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2023A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2024A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	μA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2023A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULN2024A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	$V_R = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	μA
				$V_R = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.



115 Northeast Cutoff, Box 15036

Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

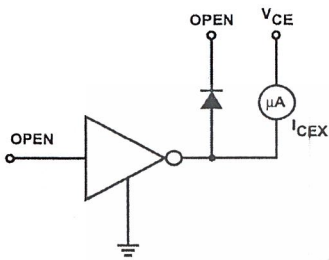
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของ Allegro MicroSystems, Inc. การใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตอาจเป็นอันตรายได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

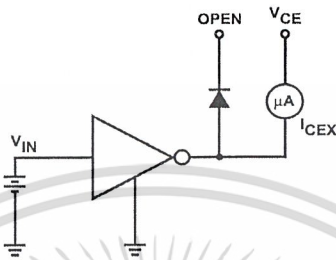
TEST FIGURES

FIGURE 1A



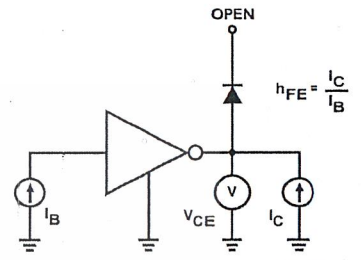
Dwg. No. A-9729A

FIGURE 1B



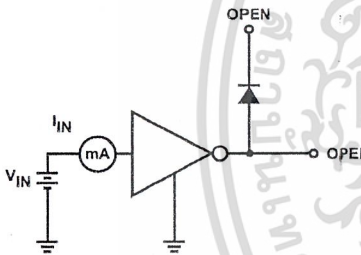
Dwg. No. A-9730A

FIGURE 2



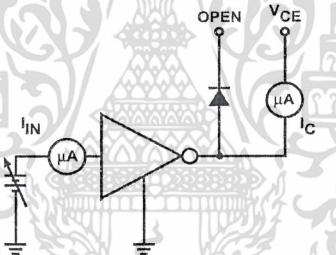
Dwg. No. A-9731A

FIGURE 3



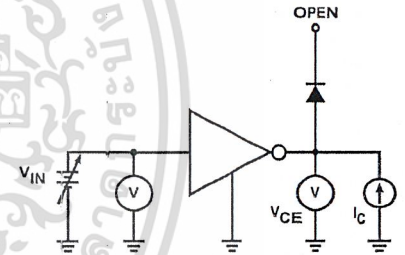
Dwg. No. A-9732A

FIGURE 4



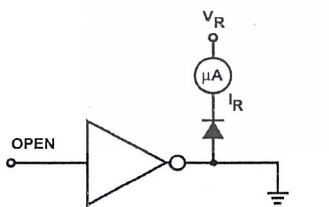
Dwg. No. A-9733A

FIGURE 5



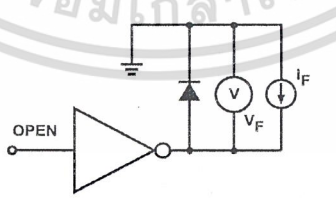
Dwg. No. A-9734A

FIGURE 6



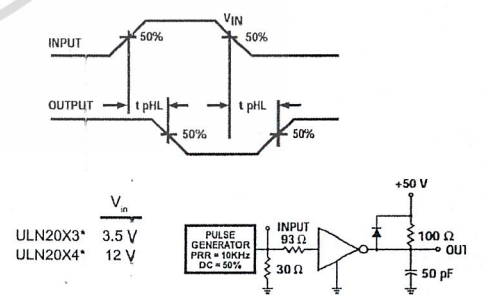
Dwg. No. A-9735A

FIGURE 7



Dwg. No. A-9736A

FIGURE 8



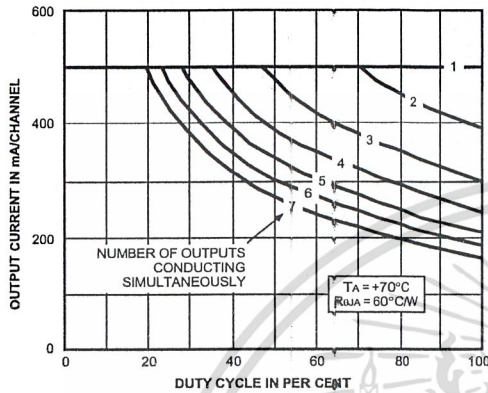
* Complete part number includes a final letter to indicate package.

X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

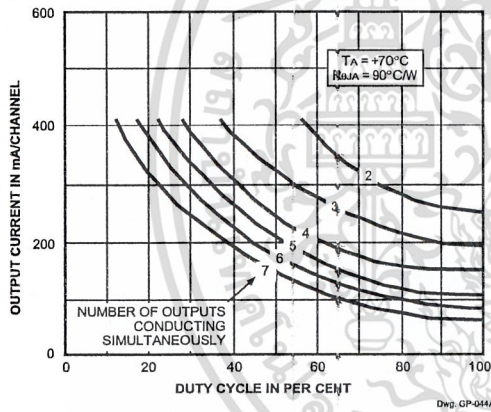
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

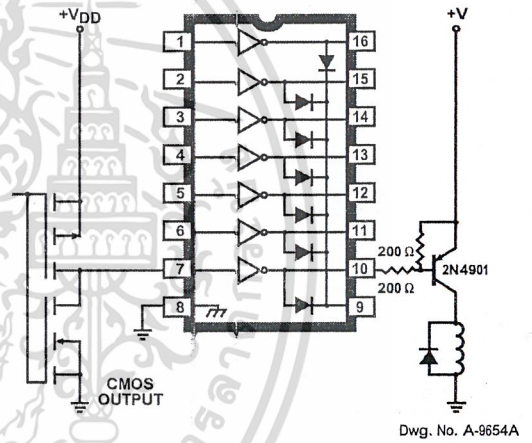
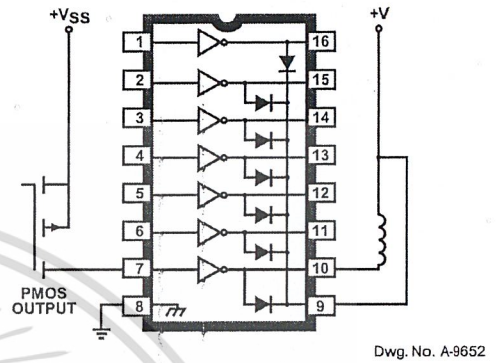
ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE (Dual In-line-Packaged Devices, Suffix 'A,')



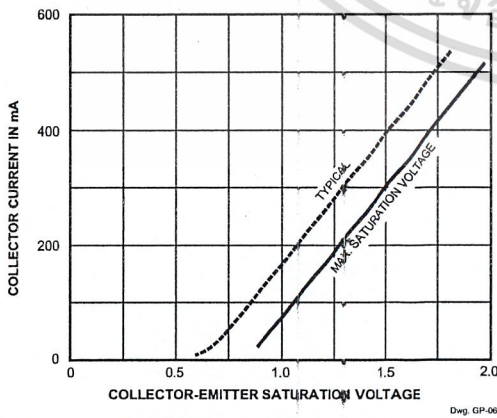
(Small-Outline-Packaged Devices, Suffix 'L,')



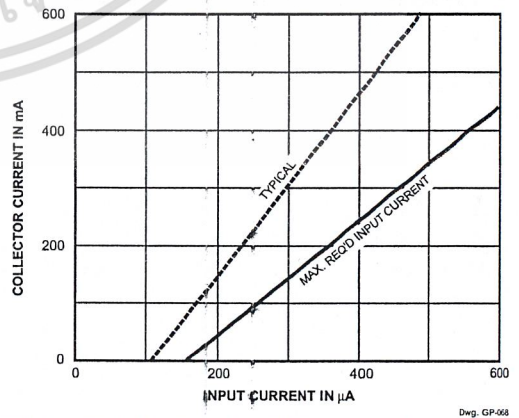
TYPICAL APPLICATIONS



SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT



COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT



115 Northeast Cutoff, Box 15036

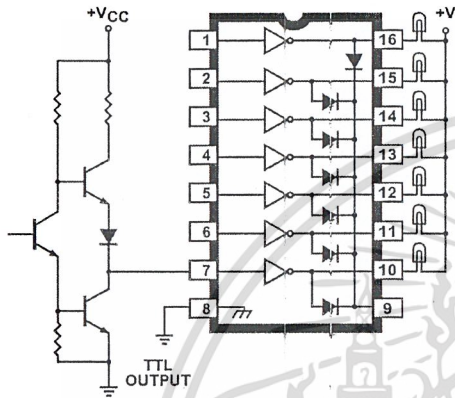
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-6000

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของ Allegro Microsystems, Inc. โปรดใช้ภายใต้เงื่อนไขการอนุญาตเท่านั้น

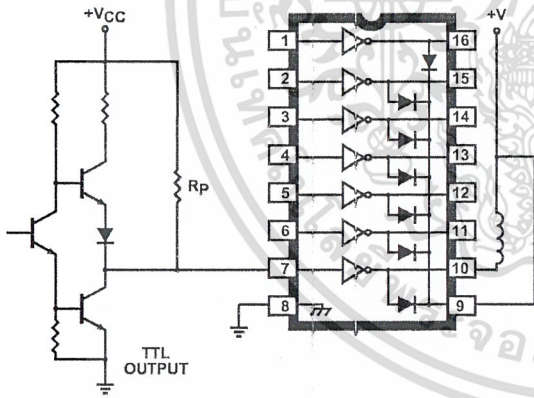
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

TYPICAL APPLICATIONS



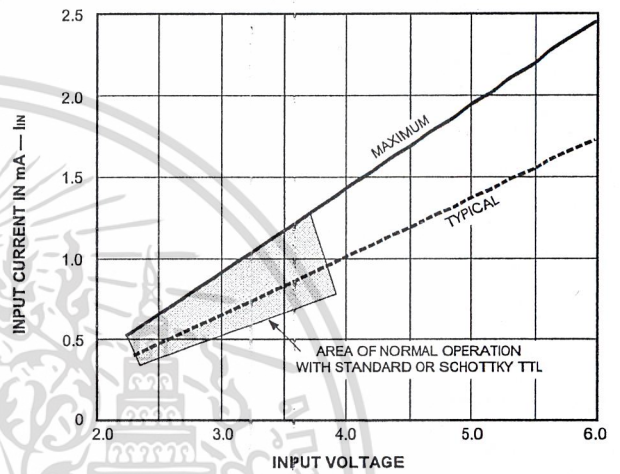
Dwg. No. A-9653A



Dwg. No. A-10,175

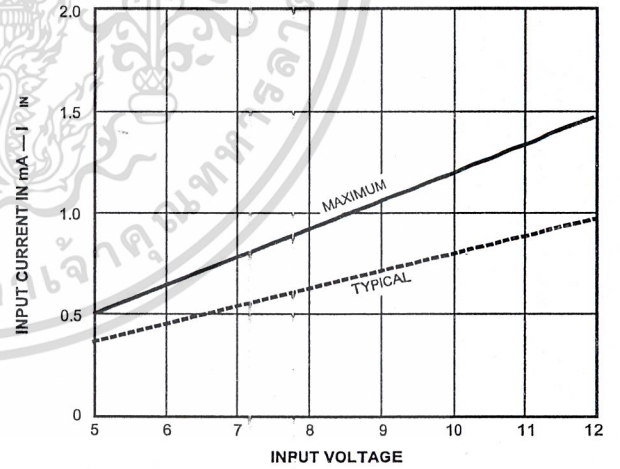
**INPUT CURRENT
AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE**

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2023A, and ULN2023L



Dwg. GP-069

Types ULN2004A, ULN2004L, ULN2024A, and ULN2024L



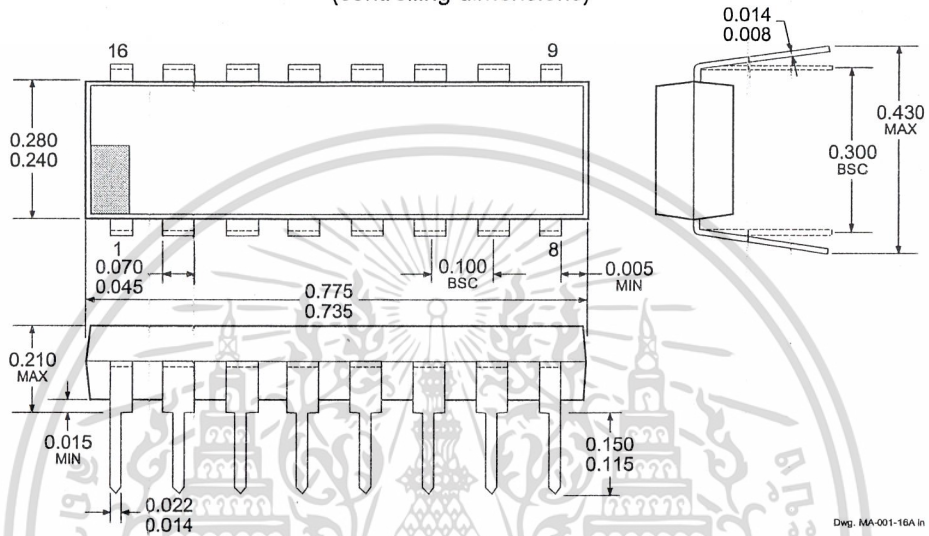
Dwg. GP-068-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

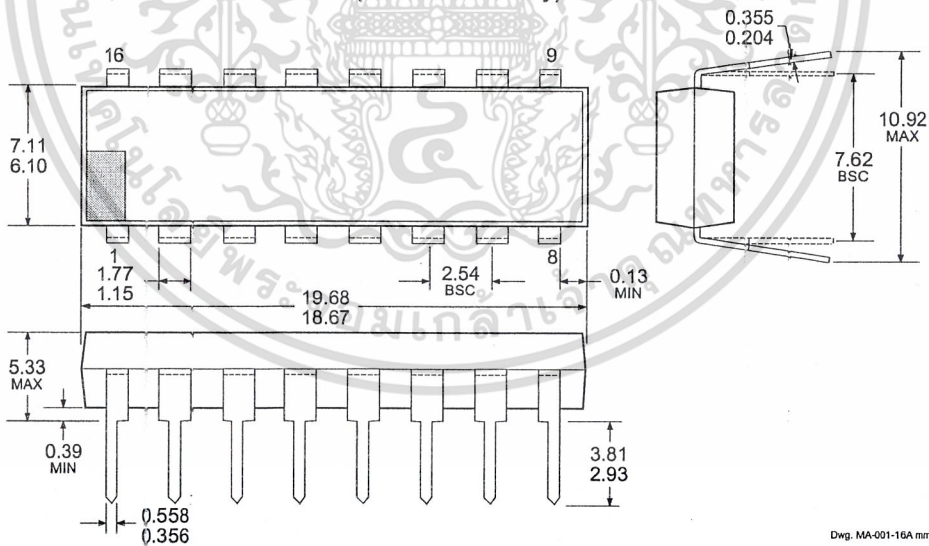
**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

PACKAGE DESIGNATOR "A"

Dimensions in Inches
(controlling dimensions)



Dimension in Millimeters
(for reference only)



- NOTES: 1. Leads 1, 8, 9, and 16 may be half leads at vendor's option.
2. Lead thickness is measured at seating plane or below.
3. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
4. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.



115 Northeast Cutoff, Box 15036

Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

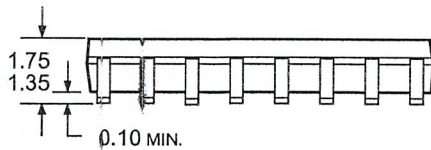
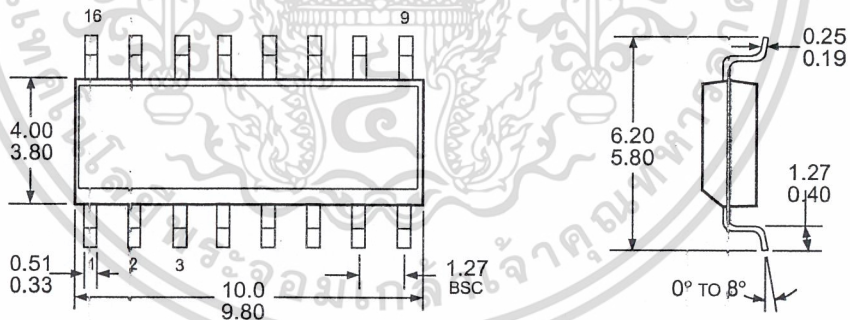
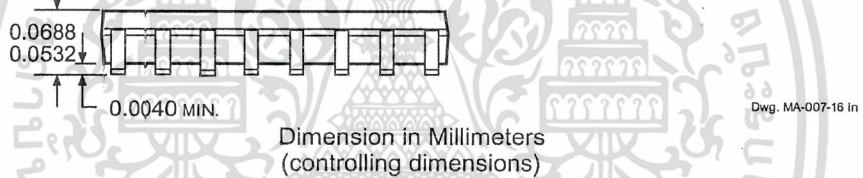
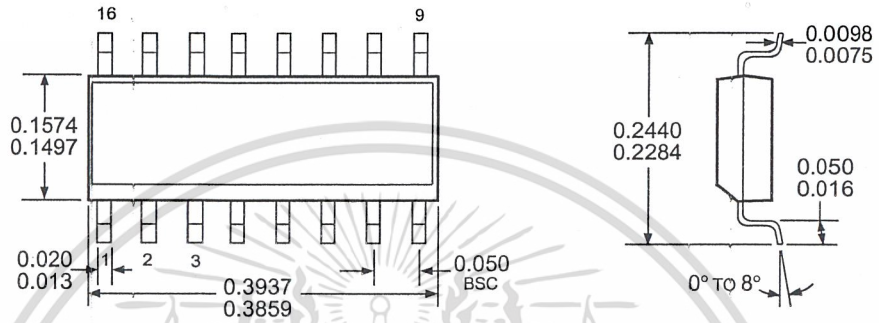
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของ Allegro MicroSystems, Inc. โปรดใช้เฉพาะสำหรับการอ้างอิงเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ขาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

PACKAGE DESIGNATOR "L"

Dimensions in Inches
(for reference only)



- NOTES: 1. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
2. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS



Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the design of its products.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; npr for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use.



115 Northeast Cutoff, Box 15036

Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-6000

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท Allegro MicroSystems, Inc. ใช้งานเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่ควรใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้