

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรโดยใช้ PELTIER
DEVELOPMENT OF THE PELTIER COOLING SYSTEM

โดย



T119362

นาย นัฐพล มุ่งหมาย

นาย บดินทร์ ทศบวร

นาย ประวิทย์ เรืองเดช

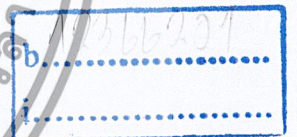
อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมพ์สาร

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....119362

วัน,เดือน,ปี.....7.S.A. 2554



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรโดยใช้ PELTIER
DEVELOPMENT OF THE PELTIER COOLING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นาย นัฐพล มุ่งหมาย รหัสประจำตัว 5001788
2. นาย บดินทร์ ทศบวร รหัสประจำตัว 50010845
3. นาย ประวิทย์ เรืองเดช รหัสประจำตัว 50010912

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ ทิมสาร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรโดยใช้ PELTIER

นายณัฐพล มุ่งหมาย 50010788

นายบัณฑิต ทศบวร 50010845

นายประวิทย์ เรืองเดช 50010912

ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบหล่อเย็นในเครื่องจักรมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และปัญหาที่พบบ่อยเกี่ยวกับระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรแบบใช้สารทำความเย็นนั้นคือการรั่วไหลของสารทำความเย็นเนื่องจากเกิดการกัดกร่อนจากสารเคมีภายในโรงงาน จากปัญหาข้างต้น จึงได้ทำการศึกษาระบบหล่อเย็นโดยใช้ PELTIER แทนระบบหล่อเย็นโดยใช้สารหล่อเย็น ในโครงการนี้นำเสนอการออกแบบระบบหล่อเย็นโดยใช้ PELTIER ซึ่งการออกแบบนั้นจะทำโดยออกแบบชุดทดลองที่มี PELTIER ขนาด 80, 120, 172 วัตต์ และทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ PELTIER ขนาด 23.5, 18.6, 14, 9.3 และ 4.9 โวลต์ รวมถึงการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของมวลอากาศทางด้านเย็นขนาด 0.071 และ 0.040 kg/s หลังการทดลองจะทำการหาค่ากำลังการทำความเย็นและสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ที่ PELTIER ขนาด 80 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีกำลังทำความเย็นที่สูงสุดที่ 43.63 วัตต์ และ ที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ที่สูงสุดที่ 1.82 ผลที่ได้กล่าวมานี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการเลือกใช้งานโดยทำการปรับเปลี่ยนจำนวน PELTIER หรือ เปลี่ยนขนาดการทำความเย็นของ PELTIER ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THE PELTIER COOLING SYSTEM

Nuttapon Mungmai

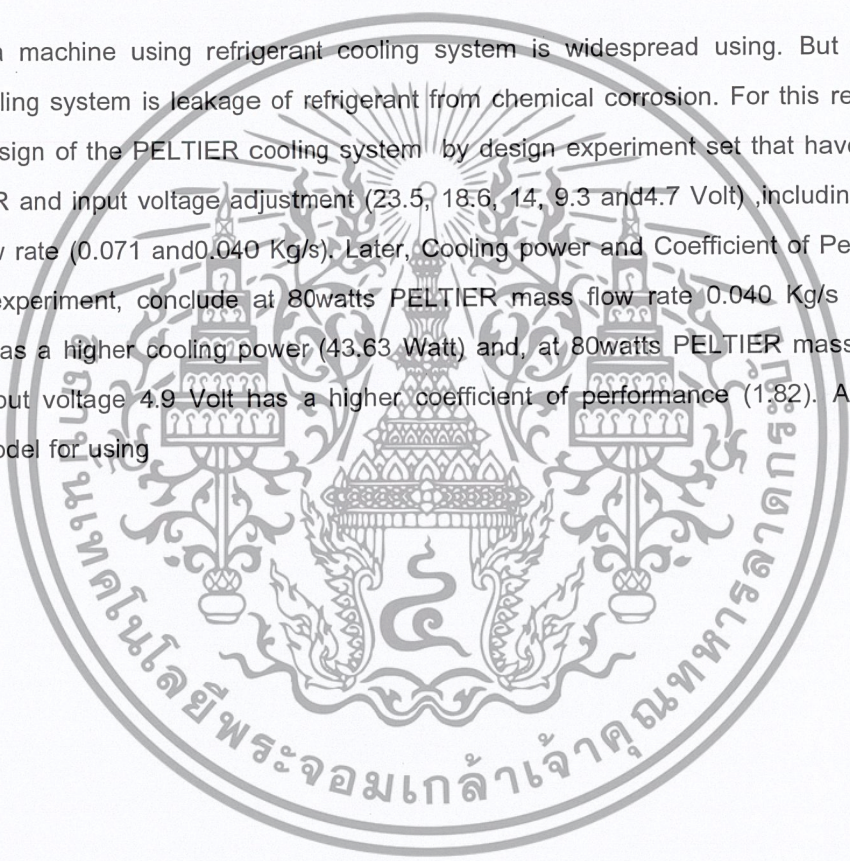
Bordin Tossaborvorn

Prawit Ruangdech

Assist.Prof. Dr.Monsak Pimsarn Advisor

ABSTRACT

Nowadays, a machine using refrigerant cooling system is widespread using. But frequently problem of this cooling system is leakage of refrigerant from chemical corrosion. For this reason ,this project presents design of the PELTIER cooling system by design experiment set that have 80, 120, 172 Watts PELTIER and input voltage adjustment (23.5, 18.6, 14, 9.3 and 4.7 Volt) ,including adjust a cool side mass flow rate (0.071 and 0.040 Kg/s). Later, Cooling power and Coefficient of Performance are solved. After experiment, conclude at 80watts PELTIER mass flow rate 0.040 Kg/s with input voltage 18.6 Volt has a higher cooling power (43.63 Watt) and, at 80watts PELTIER mass flow rate 0.040 kg/s with input voltage 4.9 Volt has a higher coefficient of performance (1.82). At last, the results can be a model for using



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ เสมอมาจาก ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ คุณทรงศักดิ์ ทศบวร ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และขอขอบคุณ บริษัท ดินแดนเทคนิคอล จำกัด ที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ทำในโครงการนี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	2
บทที่ 2 ปรากฏการณ์ PELTIER	3
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
3.1 การถ่ายเทความร้อน	5
3.1.1 กฎการอนุรักษ์มวล	5
3.1.2 การนำความร้อน	7
3.1.3 การพาความร้อน	11
3.1.4 การสมดุลพลังงาน	13
3.1.5 สหพันธ์การพาความร้อน: การไหลแบบเทอร์บูเลนต์ในท่อกลม	14
3.1.6 สหพันธ์การพาความร้อน: การไหลในท่อไม่กลม	16
3.1.7 การถ่ายเทความร้อนจากครีป	18
3.2 งานทางไฟฟ้า	19
3.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น	20
บทที่ 4 การออกแบบชุดทดสอบระบบหล่อเย็น PELTIER	21
4.1 การออกแบบและทดสอบ	21
4.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัด	22
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 หลักการของชุดทดสอบ	29
บทที่ 5 การทดสอบและผลการทดสอบ	31
5.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ	31
5.2 วิธีการทดสอบ	31
5.3 ผลการทดสอบ	34
5.3.1 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 80 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 m/s	34
5.3.2 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 m/s	39
5.3.3 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 m/s	44
5.3.4 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 m/s	49
5.4 ตารางผลการทดสอบ	54
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและปัญหาที่พบ	58
6.1 สรุปผลการทดลอง	58
6.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 N_{D_2} สำหรับการไหลแบบลามินาร์ที่ปรับตัวเต็มที่แล้วในท่อพื้นที่หน้าตัดต่างๆกัน	17
5.1 ค่าอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบเย็นเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ	54
5.2 ค่ากำลังทำความเย็นเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ	54
5.3 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น(C.O.P)ของระบบเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ	55
5.4 ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER เฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ	56
5.5 ค่ากำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ	56



สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างภายในแผ่น PELTIER	3
2.2 ส่วนประกอบทั่วไปของ Thermoelectric	4
3.1 แสดงปริมาณควบคุมเล็ก $d_x \cdot d_y \cdot d_z$	9
3.2 การพัฒนาชั้นของขอบเขตในการพาความร้อน	12
3.3 ปริมาณควบคุมสำหรับการไหลภายในท่อ	13
4.1 รูปชุดทดสอบที่ออกแบบ	21
4.2 รูปแผ่น PELTIER	23
4.3 รูปเทอร์โมคัปเปิล	24
4.4 รูปมิเตอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น	24
4.5 รูปเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ	25
4.6 รูป Data Locker	25
4.7 รูปมัลติมิเตอร์	26
4.8 รูปอุปกรณ์วัดความเร็วลม	26
4.9 รูปอุปกรณ์ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า	27
4.10 ครีบริบายความร้อน	27
4.11 รูปชุดการทดสอบจริง 1	29
4.12 รูปชุดการทดสอบจริง 2	30
4.13 รูปชุดการทดสอบจริง 3	30
5.1 รูปแสดงจุดในการวัดความเร็วลมเพื่อใช้ในการเฉลี่ย	31
5.2 รูปแสดงหน้าตัดที่ลดลง	32
5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้า ทางด้านครีบเย็น (C°) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 80 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	34
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 80 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	35
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 80 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 80 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	37
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 80 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	38
5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้า ทางด้านคริสเย็น (C°) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	39
5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	40
5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	41
5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	42
5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	43
5.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้า ทางด้านคริสเย็น (C°) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.040 \text{ kg/s}$]	44
5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.040 \text{ kg/s}$]	45
5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.040 \text{ kg/s}$]	46
5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.040 \text{ kg/s}$]	47
5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 120 วัตต์, $\dot{m} = 0.040 \text{ kg/s}$]	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้า ทางด้านคริสเยน (C°) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 172 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	49
5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 172 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	50
5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น กับช่วงเวลา (วินาที) [PELTIER ขนาด 172 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	51
5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 172 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	52
5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)[PELTIER ขนาด 172 วัตต์, $\dot{m} = 0.071 \text{ kg/s}$]	53



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบัน เครื่องจักรมีความต้องการระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทำงาน โดยประสิทธิภาพของเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของระบบควบคุม ซึ่งผลจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อุปกรณ์นั้นเกิดความไม่เสถียรในการทำงานอย่างเต็มที่ หรืออาจทำให้อุปกรณ์เสียหายไปในที่สุด เพราะเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีระบบจัดการกับค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสม โดยในปัจจุบันได้ใช้ระบบหล่อเย็นที่ใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีข้อเสียคือ เมื่ออายุการใช้งานเพิ่มขึ้น ท่อภายในระบบจะเกิดการรั่วซึม ทำให้ต้องมีเติมสารทำความเย็นเข้าไปในระบบอยู่เรื่อยๆ และเกิดการกัดกร่อนที่บริเวณรังผึ้งอันเนื่องมาจากสารเคมีภายในโรงงาน จึงต้องมีการแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวโดยการคิดค้นระบบหล่อเย็นชนิดใหม่ขึ้น ระบบหล่อเย็นที่ทำการศึกษาและพัฒนาเป็นกรณี PELTIER ซึ่งเป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนทางอิเล็กทรอนิกส์มาทำการศึกษาและพัฒนา ระบบนี้จะไม่มีการใช้สารหล่อเย็นจึงไม่มีผลกระทบที่เกิดจากสารหล่อเย็น โดย PELTIER จะมีคุณสมบัติการดูดความร้อนและการระบายออกได้รวดเร็ว ปกติแล้ว PELTIER จะมีความสามารถในการปั๊มความร้อนให้ทั้ง 2 ด้านมีอุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส หรือใน PELTIER คุณภาพสูงๆ อาจทำให้ต่างได้ถึง 120 องศาเซลเซียส

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ศึกษาระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรโดยใช้ PELTIER แทนการใช้ระบบความเย็นแบบอัดไอ
- 1.2.2 ออกแบบชุดทดสอบ ระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรโดยใช้ PELTIER ซึ่งนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรมาออกแบบชุดทดสอบ
- 1.2.3 ทดสอบระบบโดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าขนาดที่จ่ายให้กับ PELTIER และปรับอัตราการไหลของมวลอากาศ เพื่อหาหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบหล่อเย็นที่ใช้ PELTIER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

วิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของ PELTIER เมื่อประกอบกับชุดทดสอบที่ได้ออกแบบ โดยเลือกใช้ PELTIER ขนาด 80, 120 และ 172 วัตต์ ทดลองโดยการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่าย ให้กับ PELTIER 23.5, 18.6, 14, 9.3 และ 4.9 โวลต์ และปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศด้าน ลมเข้าครีปฝั่งเย็นจาก 0.071 kg/s เป็น 0.040 kg/s ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดที่วัดได้จาก ชุดทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดที่เหมาะสมกับครีปที่ได้เลือกมาใช้ ในการทดสอบ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

โครงการนี้เริ่มต้นโดยการศึกษาคุณสมบัติของ PELTIER ที่จะเลือกใช้ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ให้เลือกใช้ และศึกษาทฤษฎีกฎอนุรักษ์มวลสำหรับการวนการที่มีการไหลแบบคงตัว สมดุลพลังงาน งานไฟฟ้า สัมประสิทธิ์สมรรถนะ และปรากฏการณ์ PELTIER ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการ คำนวณ ออกแบบชุดการทดสอบให้มีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของ PELTIER ทำการทดสอบเพื่อหา สัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดจาก PELTIER และค่าแรงดันไฟฟ้าที่เลือกใช้ โดยรายละเอียดของผล การทดลองจะแสดงไว้ในผลการทดสอบและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

- 1.5.1 สามารถสร้างชุดการทดสอบเพื่อทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(C.O.P.)
- 1.5.2 สามารถบอกถึงตัวแปรที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะ(C.O.P.)ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ปรากฏการณ์ PELTIER

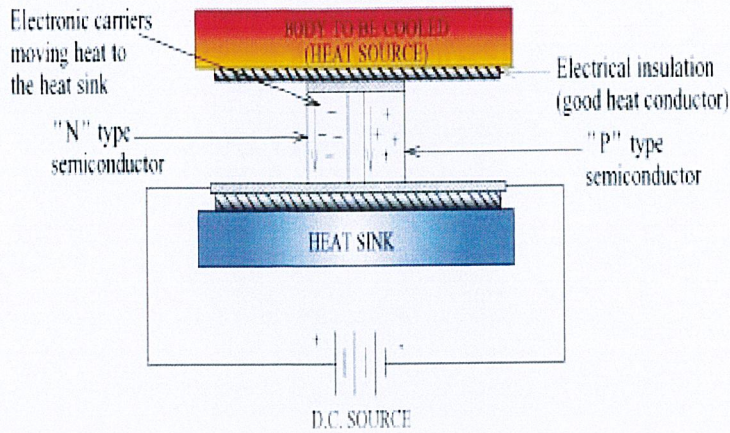
ปรากฏการณ์ PELTIER ถูกตั้งชื่อตาม JEAN-CHARLES PELTIER นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสซึ่งเป็นผู้ที่ค้นพบปรากฏการณ์ปีค.ศ.1834 โดยปรากฏการณ์ PELTIER มีพื้นฐานจากเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) โดยจะมีลักษณะเป็นการปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปผ่านวัสดุ 2 ชนิดที่แตกต่างกันจนทำให้เกิดอุณหภูมิที่แตกต่างขึ้นมา โดยปรากฏการณ์ PELTIER นี้เป็นปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดยอีกสองปรากฏการณ์ได้แก่ ปรากฏการณ์ Seebeck และปรากฏการณ์ Thomson



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในแผ่น PELTIER

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ทั่วไป จะถูกสร้างขึ้นโดยใช้เซรามิก 2 แผ่นที่สอดใส่ Bismuth-Telluride ซึ่งเป็นวัสดุกึ่งตัวนำ โดยที่วัสดุเซรามิกที่ติดอยู่ทั้ง 2 ด้านของอุปกรณ์นั้นมีหน้าที่ไว้สำหรับเป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้า วัสดุกึ่งตัวนำชนิด N นั้นมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนมาก แต่ในขณะที่วัสดุกึ่งตัวนำชนิด P นั้นแทบจะไม่มีอิเล็กตรอนอยู่เลย ซึ่งวัสดุ N และวัสดุ P จะถูกใช้ร่วมกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการนำกระแสไฟฟ้าและยังนำพาความร้อนได้ดีอีกด้วย โดยส่วนใหญ่แล้วในอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ชิ้นหนึ่งจะมี N และ P อยู่เป็นจำนวนหลายร้อยคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบทั่วไปของเทอร์โมอิเล็กทริก

อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากวัสดุ P ไปสู่วัสดุ N โดยผ่านทางตัวเชื่อมต่อทางไฟฟ้า และอิเล็กตรอนจะมุ่งหน้าเข้าสู่สถานะที่มีพลังงานสูง และทำการดูดซับพลังงาน (ที่บริเวณด้านเย็น) และมีการเคลื่อนที่ต่อไปผ่านโครงข่ายของวัสดุ กระแสการไหลของอิเล็กตรอนจากวัสดุชนิด N สู่วัสดุชนิด P โดยผ่านตัวเชื่อมต่อทางไฟฟ้า ตกสู่สถานะที่มีพลังงานต่ำลงและปลดปล่อยพลังงานออกเป็นพลังงานความร้อน ที่บริเวณด้านร้อนของแผ่น

โดยเมื่อกระแสไหลผ่านวงจร ความร้อนจะสูงขึ้นที่ด้านร้อน (T_c) และความร้อนจะลดลงที่ด้านเย็น (T_h) ซึ่งอัตราการดูดซับความร้อนของแผ่น PELTIER จะมีค่าเท่ากับ

$$\dot{Q} = (\alpha_A - \alpha_B)I \quad (2.1)$$

เมื่อ α_A, α_B คือสัมประสิทธิ์ PELTIER ของวัสดุ A และ B ตามลำดับ

: เนื่องจากที่มาของเนื้อหาและรูปภาพในบทนี้มาจาก www.tec-microsystems.com และ www.electronics-cooling.com ผู้สนใจศึกษาเพิ่มเติมสามารถหาอ่านได้จากเว็บไซต์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การถ่ายเทความร้อน

3.1.1 กฎการอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass)

กฎการอนุรักษ์มวลเป็นกฎที่กล่าวถึงมวลจะไม่สูญหายหรือเกิดขึ้นเองได้ ถ้าเราพิจารณาการไหลของของไหลที่ผ่านเข้าไปในปริมาตรควบคุมใดๆ จะเป็นได้ว่า ถ้ามวลของของไหลที่ไหลเข้าไปในปริมาตรควบคุมมากกว่ามวลของของไหลที่ออกจากปริมาตรควบคุม ผลต่างของมวลที่ไหลเข้ากับออกจากปริมาตรควบคุม ก็คือ มวลที่เพิ่มขึ้นในปริมาตรควบคุมนั่นเอง ในทางกลับกัน ถ้ามวลของของไหลที่ไหลเข้าไปในปริมาตรควบคุมน้อยกว่าที่ไหลออกจากปริมาตรควบคุมจะพบว่ามวลของของไหลในปริมาตรควบคุมจะลดลงเช่นกัน

ในการพัฒนาสมการพื้นฐานของกฎการไม่สูญหายของมวลนั้น เราสามารถทำให้ได้โดยหลักการของความสัมพันธ์ของระบบกับปริมาตรควบคุม หรือหลักการของการพัฒนาการไหลของของไหลในรูปแบบของดิฟเฟอเรนเชียล

จากกฎการไม่สูญหายของมวลในรูปแบบอินทิเกรต (Conservation of Mass in Integral Form) ได้ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ระบบกับปริมาตรควบคุมกับคุณสมบัติกับ N ใดๆ ดังนี้

$$\left(\frac{dN}{dt} \right)_{system} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \eta \rho dV + \int_{CS} \eta \rho \vec{k} \cdot d\vec{A} \quad (3.1)$$

- โดยที่
- N คือ คุณสมบัติเอ็กเทนซีฟใดๆของของไหล (Extensive Property)
 - ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล
 - η คือ คุณสมบัติอินเทนซีฟของของไหล (Intensive Property)

โดยความหมายของระบบแล้วพบว่า ระบบจะต้องมีมวลที่คงที่เสมอ ดังนั้นถ้าเราพิจารณาคุณสมบัติ N ใดๆ คือ มวล (M) แล้วจะได้ว่า

$$\left(\frac{dN}{dt} \right)_{system} = \left(\frac{dM}{dt} \right)_{system} = 0 \quad (3.2)$$

แต่จากความสัมพันธ์คุณสมบัติเอ็กเทนซีฟกับคุณสมบัติอินเทนซีฟ จะได้ว่า $\frac{N}{M} = \eta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราพิจารณาให้ $N = M$ แล้วจะได้ว่า $\eta = 1$ ดังนั้น สมการที่ (3.1) จะเขียนใหม่ได้ว่า

$$\left. \frac{dM}{dt} \right)_{system} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho dV + \int_{CS} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.3)$$

หรือ

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho dV + \int_{CS} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.4)$$

สมการ (3.4) เป็นสมการตามกฎการอนุรักษ์มวลในรูปแบบอินทิเกรต ซึ่งพัฒนาจากความสัมพันธ์ของระบบกับปริมาตรควบคุม โดยมีชื่อเรียกว่า สมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) โดยเทอมแรกทางขวามือของสมการหมายถึง อัตราการไหลสุทธิของมวลที่ผ่านผิวควบคุม ส่วนเทอมที่สองหมายถึง 1 อัตราการไหลสุทธิของมวลที่ผ่านผิวควบคุม ซึ่งการไหลนี้อาจจะเข้าหรือออกก็ได้ และจากสมการจะพบว่า ในกรณีของไหลไหลผ่านผิวควบคุม เข้าไปในปริมาตรควบคุมนั้น เทอม $\vec{V} \cdot d\vec{A}$ จะมีค่าเป็นบวก เนื่องจากมุม α จะน้อยกว่า 90° กล่าวคือ ทิศทางของเวกเตอร์ $d\vec{A}$ กับเวกเตอร์ความเร็วต่างก็มีทิศทางออกทั้งคู่

กรณีที่การไหลเป็นแบบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Steady Flow) ซึ่งหมายถึง ของไหลได้ไหลไปช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วจนมีสถานะและไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมวลของของไหลในปริมาตรควบคุมแล้ว จะได้ว่า เทอมแรกทางขวามือของสมการ (3.4) จะมีค่าเป็นศูนย์ หรือ

$$0 = \int_{CS} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.5)$$

สมการ (3.5) มีหน่วยเป็นมวลต่อหน่วยเวลา (kg/s) การอินทิเกรตตลอดพื้นที่หน้าตัดของผิวควบคุมเราจะเรียกเทอมนี้ว่าอัตราการไหลของมวล (Mass Flow Rate) ใช้สัญลักษณ์ M โดยอัตราการไหลของมวลผ่านผิวควบคุมที่มีพื้นที่ A จะเท่ากับ

$$M = \int_{CS} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.6)$$

กรณีที่ของไหลเป็นการไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน (Incompressible Flow) หรืออาจกล่าวได้ว่า ความหนาแน่น ρ มีค่าคงที่นั้น จากสมการ (3.5) เราเขียนได้ใหม่ว่า

$$0 = \int_{CS} \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.7)$$

โดยที่สมการ (3.7) มีหน่วยเป็น ปริมาตรต่อหน่วยเวลา (m^3/s) ซึ่งการอินทิเกรตตลอดพื้นที่หน้าตัดของผิวควบคุม เราจะเรียกเทอมนี้ว่า อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow Rate) ใช้สัญลักษณ์ Q โดยอัตราการไหลเชิงปริมาตรผ่านผิวควบคุมที่มีพื้นที่ A จะเท่ากับ

$$Q = \int_A \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.8)$$

จากสมการ (3.8) เราหาความเร็วเฉลี่ย \bar{V} ที่ไหลเข้าหรือออกจากปริมาตรควบคุมได้ ดังนี้

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{1}{A} \int \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3.9)$$

: เนื่องจากที่มาของเนื้อหาในหัวข้อนี้มาจาก “Introduction to Fluid Mechanical”, Robert W. Fox, Alan T. McDonald, School of Mechanical Engineering Purdue University. ผู้ที่สนใจศึกษาเพิ่มเติมสามารถหาอ่านได้จากในเล่ม

3.1.2 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยการเคลื่อนแบบจลน์ (Kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในโครงสร้างของ โมเลกุล (Lattice) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า วัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น เงิน ทองแดง เหล็ก ฯลฯ อันเป็นผลจากการนำหรือถ่ายเทพลังงานความร้อน โดยอิเล็กตรอนอิสระเหล่านี้

กฎสี่เหลี่ยมผืนผ้าของการนำความร้อน โดยถือเกณฑ์การสังเกตจากการทดลอง กำหนดจากบิโตร์ (Biot) แต่ต่อมานักฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ โจเซฟ ฟูริเยร์ (JOSEPH FOURIER) นำหลักการนี้มาวิเคราะห์เป็นทฤษฎีความร้อน กฎนี้กล่าวว่า อัตราการไหลของการนำความร้อนในทิศทางที่กำหนดเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อนและเกรเดียนต์ของอุณหภูมิในทิศทางนั้น สำหรับการไหลของความร้อนในทิศทาง X กฎของฟูริเยร์กำหนดเป็น

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad W \quad (3.10a)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

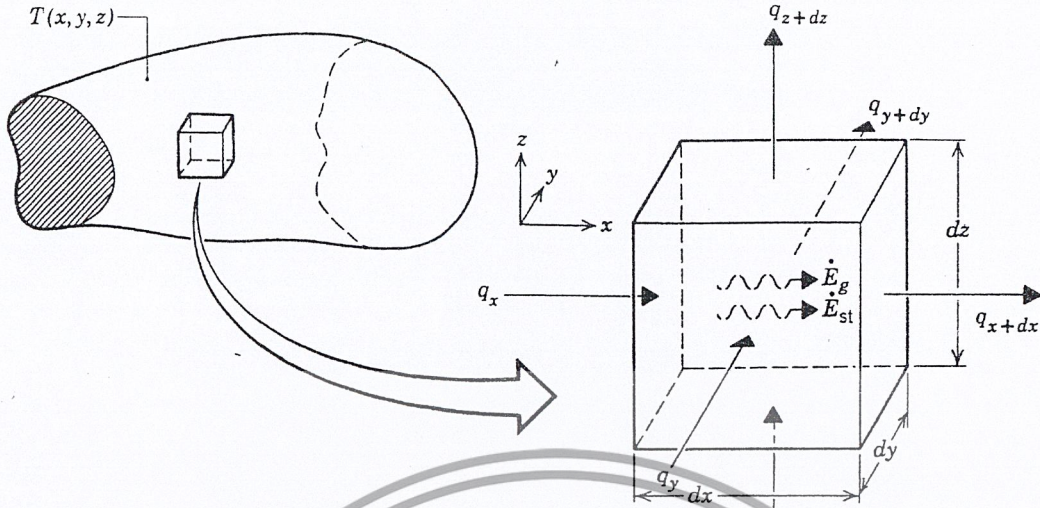
หรือ
$$q'' = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad \text{W/m}^2 \quad (3.10b)$$

โดยที่ q_x คือ อัตราการนำความร้อนผ่านพื้นที่ A ในทิศทางบวก x
 q'' คือ ฟลักซ์ความร้อนในทิศทางบวก x
 k คือ ค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุ (Thermal Conductivity Of Material)

จากสมการ (3.10a) ถ้าอุณหภูมิลดลงในทิศทางบวก x แล้ว dT / dx เป็นลบ ดังนั้น q_x'' (หรือ q_x) มีค่าเป็นบวก เนื่องจากสมการมีเครื่องหมายลบติดอยู่ เพราะฉะนั้นเครื่องหมายลบจึงต้องใส่ในสมการและเพื่อให้แน่ใจว่า q_x'' (หรือ q_x) เป็นปริมาณบวก เมื่อการไหลของความร้อนอยู่ในทิศทางบวกของ x ในทางกลับกันเมื่อทางด้านขวามือของสมการเป็นลบ แสดงว่าการไหลของความร้อนอยู่ในทิศทางลบของ x

จุดประสงค์หลัก ในการวิเคราะห์การนำความร้อนก็เพื่อที่จะหา สนามอุณหภูมิ (Temperature field) ในตัวกลางหนึ่งซึ่งเป็นผลจากเงื่อนไขซึ่งสอดคล้องกับขอบเขตของมัน นั่นคือ ต้องทราบการกระจายของอุณหภูมิ (Temperature Distribution) เมื่อทราบค่านี้ก็จะสามารถหาฟลักซ์ความร้อนที่จุดใดๆในตัวกลางนั้น จากกฎของฟูริเยร์ (Fourier's Law) การหาค่านี้ทำโดยใช้กฎของพลังงาน (Energy Conservation) กับปริมาณควบคุมดิฟเฟอเรนเชียลซึ่งระบุกระบวนการถ่ายเทพลังงาน และใช้สมการอัตราที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นสมการดิฟเฟอเรนเชียลซึ่งคำตอบของมันจะให้การกระจายอุณหภูมิในตัวกลางหรือวัตถุนั้น

พิจารณาตัวกลางที่มีเนื้อเดียวกันซึ่งมีเกรเดียนอุณหภูมิจริง และการกระจายของอุณหภูมิ $T(x, y, z)$ กำหนดในพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) เรากำหนดปริมาณควบคุมเล็กๆมาๆ q_x, q_y, q_z ตามที่แสดงในรูป 3.1 ถ้ามีเกรเดียนอุณหภูมิแล้วการนำความร้อนจะเกิดขึ้นข้ามแต่ละอันของผิวควบคุม อัตราการนำความร้อนที่ตั้งฉากกับผิวควบคุมแต่ละอันที่ตำแหน่งโคออร์ดิเนต x, y, z ซึ่งแสดงโดยเทอม q_x, q_y, q_z ตามลำดับ อัตราการนำความร้อนที่ผิวตรงข้ามสามารถกระจายโดยอนุกรมเทลเลอร์ (Taylor series expansions) โดยไม่คิดเทอมลำดับสูงๆ (Higher Order Terms) จะได้



รูปที่ 3.1 แสดงปริมาตรควบคุมเล็กๆ $dx \cdot dy \cdot dz$

: ที่มาของรูป รศ. ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน", ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \tag{3.11a}$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y} dy \tag{3.11b}$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \tag{3.11c}$$

ภายในตัวกลางมีแหล่งพลังงานซึ่งสามารถผลิตอัตราพลังงานความร้อนได้ เทอมนี้แทนด้วย

$$\dot{E}_g = \dot{q} dx dy dz \tag{3.12}$$

โดยที่ \dot{q} คืออัตราพลังงานที่ผลิตขึ้นในตัวกลางต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (W / m^3) นอกจากนี้ก็ยังมีพลังงานซึ่งเก็บไว้โดยวัตถุหรือตัวกลางในปริมาตรควบคุม ซึ่งคือ

$$\dot{E}_{st} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \dot{q} dx dy dz \tag{3.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของตัวกลางต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรต่อเวลาที่เปลี่ยนไป

เมื่อใช้กฎทรงพลังงานกับปริมาตรควบคุมจะได้

$$\dot{E}_{in} + \dot{E}_g - \dot{E}_{out} = \dot{E}_{st} \quad (3.14)$$

ดังนั้นจะเห็นว่า อัตราการนำความร้อนประกอบด้วยการไหลเข้า (\dot{E}_{in}) และการไหลออก (\dot{E}_{out}) ของพลังงานและแทนสมการ (3.12) และ (3.13) ได้

$$(q_x + q_y + q_z) + \dot{q} d_x d_y d_z - (q_{x+dx} + q_{y+dy} + q_{z+dz}) = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} dx dy dz \quad (3.15)$$

แทนด้วยสมการ(3.11) ได้

$$-\frac{\partial q_x}{\partial x} dx - \frac{\partial q_y}{\partial y} dy - \frac{\partial q_z}{\partial z} dz + \dot{q} d_x d_y d_z = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} dx dy dz \quad (3.16)$$

จากกฎของฟูริเยร์ อัตราการนำความร้อนเป็น

$$q_x = -k dy dz \frac{\partial T}{\partial x}, \quad q_y = -k dx dz \frac{\partial T}{\partial y}, \quad q_z = -k dx dy \frac{\partial T}{\partial z} \quad (3.17)$$

โดยการแทน (3.16) และ (3.17) และหารตลอดด้วยมิติของปริมาตรควบคุม $dx dy dz$ จะได้

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.18)$$

สมการ (3.18) เป็นรูปทั่วไป (General form) ของสมการฟุ้งกระจายของความร้อน (heat diffusion equation) ในพิกัดคาร์ทีเซียน โดยทั่วไปสมการนี้เรียกว่า สมการความร้อน เป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับวิเคราะห์การนำความร้อน จากคำตอบของมัน เราจะได้การกระจายของอุณหภูมิเป็นฟังก์ชันของเวลา จากสมการความร้อนสามารถกล่าวได้ว่า “ที่จุดใดๆ ในตัวกลางอัตราการนำความร้อนสุทธิในปริมาตรหนึ่งหน่วยรวมกับอัตราการผลิตความร้อนเชิงปริมาตร ต้องมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของพลังงานความร้อนที่สะสมไว้ภายในปริมาตรนั้น”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีค่า $k =$ คงที่จะได้ว่า

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.19)$$

โดยที่ $\alpha = k / \rho c_p$ เรียกว่า ค่าการฟุ้งกระจายของความร้อน (thermal diffusivity) ของวัสดุ คุณสมบัติทางเทอร์โมฟิสิกส์ที่สำคัญนี้ก็เป็นอัตราส่วนของค่าการนำความร้อน (k) ของวัสดุต่อค่าความจุความร้อน (ρc_p) ค่า α มาก (ค่า k มาก และ/หรือ ρc_p น้อย) หมายความว่า วัสดุนั้นมีการถ่ายเทความร้อนโดยการนำมากกว่าที่พลังงานที่เก็บเอาไว้มากหรือความร้อนแพร่กระจายตลอดวัตถุอย่างรวดเร็ว มีหน่วยเป็น m^2 / s

3.1.3 การพาความร้อน (Convection heat transfer)

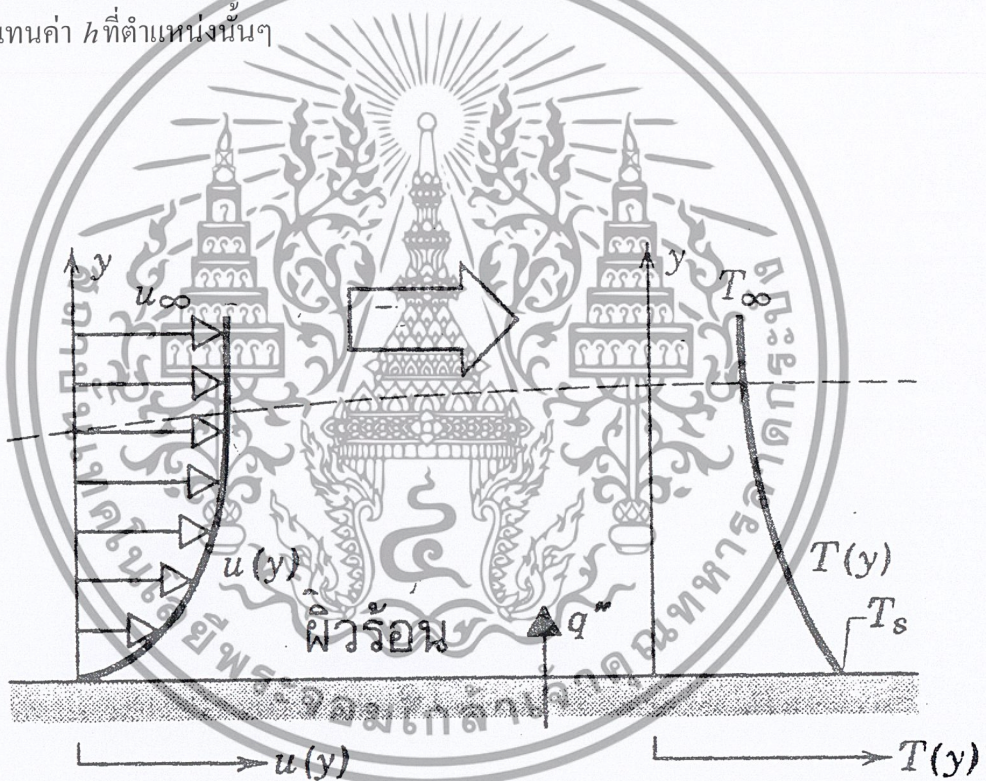
เมื่อของไหลไหลผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งหรือไหลผ่านภายในช่องทางการไหล โดยที่อุณหภูมิของของไหลและผิวของแข็งมีค่าแตกต่างกัน การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อของไหลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวของของแข็ง กลไกการถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อน” ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการนำขึ้นเองโดยใช้ไม้หรือพัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำทำให้ของไหลไหลผ่านพื้นผิว การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบบังคับ” (forced convection) ถ้าการเคลื่อนที่ของของไหลเกิดแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า “การพาความร้อนแบบอิสระ หรือ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ” (free or natural convection) เช่น ปล่องผ่นวัตถุร้อนที่วางไว้ในแนวตั้งไว้ในอากาศเย็นที่หยุดนิ่ง ชั้นของอากาศที่ติดกับพื้นผิวของแผ่นวัตถุจะมีการเคลื่อนที่เพราะเกรเดียนอุณหภูมิในอากาศเป็นผลให้เกรเดียนของความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่ของของไหลมีผลกระทบต่อสนามอุณหภูมิในของไหล การคำนวณหาการกระจายของอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนแบบการพาในทางปฏิบัติเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากในทางวิศวกรรม เพื่อให้การคำนวณการถ่ายเทความร้อนง่ายขึ้นระหว่างผิวที่ร้อน T_w และอุณหภูมิของของไหลเย็นที่ไหลบนผิวที่อุณหภูมิ T_f ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) ถูกกำหนดเป็น

$$q'' = h(T_w - T_f) \quad (3.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ q'' เป็นฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทจากของไหลที่ร้อนไปยังผนังเย็น สมการ (3.20) เป็นสมการที่ได้มาจากกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of Cooling) โดยที่อุณหภูมิมีหน่วยเป็นเซลเซียส หรือเคลวิน และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h มีหน่วยเป็น $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (Convection heat transfer coefficient or film convection coefficient) จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของการไหล (เช่น ลามินาร์ หรือ เทอร์บูเลนต์) รูปทรงของวัตถุพื้นที่ที่ของไหลไหลผ่าน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของไหล อุณหภูมิเฉลี่ย และตำแหน่งต่างๆตามพื้นที่ผิวของวัตถุ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกลไกของการถ่ายเทความร้อนว่าเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ (การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดการปั๊มหรือพัดลม) หรือเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (การเคลื่อนที่ของของไหลเนื่องจากแรงลอยตัว) ค่าของ h จะแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งต่างๆตามพื้นที่ผิววัตถุ ดังนั้นในทางวิศวกรรมแล้ว เพื่อความสะดวกจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยตลอดพื้นที่ผิว (h_m) แทนค่า h ที่ตำแหน่งนั้นๆ



รูป 3.2 การพัฒนาชั้นของขอบเขตในการพาความร้อน

: ที่มาของรูป รศ. ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน", ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสามารถวิเคราะห์ได้จากการพิจารณาการไหลผ่านวัตถุซึ่งมีรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ เช่น แผ่นเรียบ หรือการไหลภายในท่อทรงกระบอก สำหรับการไหลผ่านวัตถุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรูปทรงสลับซับซ้อน ค่า h สามารถหาได้จากวิธีทางการทดลอง ซึ่งค่าที่ได้จะมีช่วงความแตกต่างกัน กว้างมากตามแต่ละรูปแบบ สำหรับการประยุกต์ต่างๆ

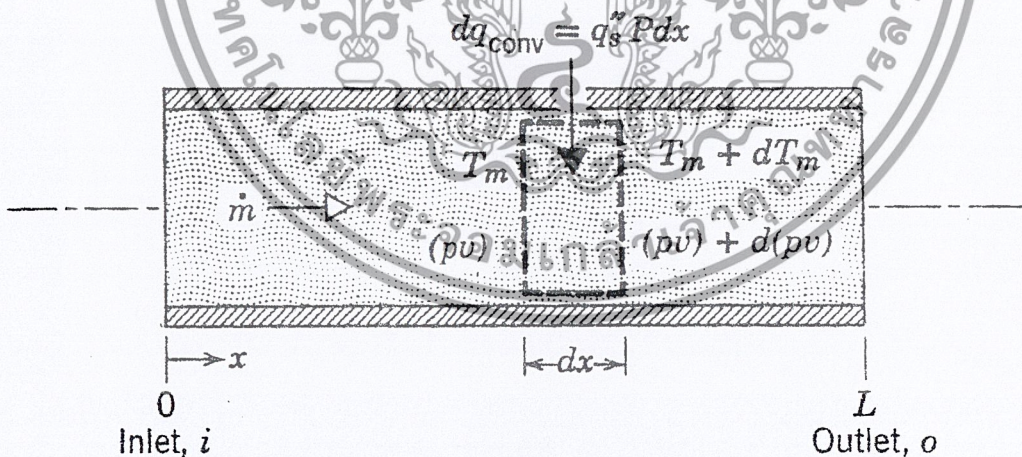
3.1.4 การสมดุลพลังงาน (Energy Balance)

พิจารณาการไหลภายในท่อตามรูปที่ 3.3 ของไหลไหลด้วยอัตรามวลคงที่ \dot{m} และมีการพาความร้อนเกิดขึ้นที่ผิวภายใน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของของไหลรวมทั้งการนำความร้อนในทิศทางแนวแกนจะไม่นำมาคิดละทิ้งได้ ดังนั้นถ้าไม่มีงานเพลาส่งกระทำโดยของไหลขณะไหลผ่านท่อแล้ว จะมีเพียงอิทธิพลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน และกับงานจากการไหลเท่านั้น

งานของการไหลเป็นงานที่ใช้เคลื่อนของไหลผ่านปริมาตรควบคุม ติดต่อหน่วยมวลของไหล และจะอยู่ในรูปของผลคูณของความดัน p และปริมาตรจำเพาะ v (ซึ่ง $v = \frac{1}{\rho}$)

โดยการประยุกต์การอนุรักษ์พลังงานต่อปริมาตรควบคุมตามรูปที่ 3.3 และจากนิยามของ T_m จะได้

$$dq_{conv} + \dot{m}(c_v T_m + pv) - \left[\dot{m}(c_v T_m + pv) + \dot{m} \frac{d(c_v T_m + pv)}{dx} dx \right] = 0 \quad (3.21)$$



รูปที่ 3.3 ปริมาตรควบคุมสำหรับการไหลภายในท่อ

: ที่มาของรูป รศ. ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์, “การถ่ายเทความร้อน”, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หรือ } dq_{conv} + \dot{m}d(c_v T_m + pV) \quad (3.22)$$

ถ้าของไหลเป็นแก๊ส ($pV = RT_m$, และ $c_p = c_v + R$) จะได้

$$dq_{conv} = \dot{m}c_p dT_m \quad (3.23)$$

สมการนี้ใช้ได้สำหรับของเหลวที่อัดตัวไม่ได้เช่นกัน ในกรณีนี้ $c_p = c_v$ และพบว่า v น้อยมากๆ $d(pV)$ โดยทั่วไปจะน้อยกว่า $dc_v T_m$ มากจนตัดทิ้งได้

รูปพิเศษของสมการ (3.23) เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขของท่อทั้งหมด โดยการอินทิเกรตจากทางเข้าถึงทางออกของท่อจะได้

$$q_{conv} = \dot{m}c_p (T_{m,o} - T_{m,i}) \quad (3.24)$$

โดยที่ q_{conv} เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อทั้งหมด

อาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่สะดวกได้โดยใช้สมการอัตราการพาความร้อนต่อปริมาตรควบคุม

คือ $dq_{conv} = q_s'' P dx$ ซึ่ง P เป็นเส้นรอบรูป ($P = \pi D$ สำหรับท่อกลม) จะได้ว่า

$$\frac{dT_m}{dx} = \frac{q_s'' P}{\dot{m}c_p} = \frac{P}{\dot{m}c_p} h(T_s - T_m) \quad (3.25)$$

สำหรับค่า $T_m(x)$ จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขความร้อนที่ผิวคือ อาจจะเป็นกรณี ฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ หรืออุณหภูมิที่ผิวคงที่ก็ได้

3.1.5 สหพันธ์การพาความร้อน : การไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ในท่อกลม

สมการ นัสเซชันัมเบอร์ Nu_x สำหรับการไหลแบบเทอร์บูเลนซ์ที่ปรับตัวเต็มที่แล้วในท่อกลมเรียบเสนอโดยColburn ซึ่งได้มาจาก Chilton-Colburn analogy จะอยู่ในรูป

$$\frac{C_f}{2} = \frac{f}{8} = St Pr^{2/3} = \frac{Nu_D}{Re_D Pr} \quad (3.26)$$

โดยที่ C_f = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่จุดใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

St = ค่าสแตนต์นัมเบอร์ที่จุดใดๆ (Stanton number)

Re_D = ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number)

Pr = ค่าพลาตันนัมเบอร์ (Prantl number)

แทน f จาก สมการของ Colburn จะเป็น

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \quad (3.27)$$

Dittus-Boelter ได้เสนอสมการซึ่งต่างกันเล็กน้อย เป็น

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad (3.28)$$

โดยที่ $n = 0.4$ สำหรับการทำความร้อน ($T_s > T_m$)

โดยที่ $n = 0.3$ สำหรับการทำความเย็น ($T_s < T_m$)

สมการนี้ได้รับการยืนยันจากผลการทดลองสำหรับช่วงของเงื่อนไขดังนี้

$$\left[\begin{array}{l} 0.7 \leq Pr \leq 160 \\ Re_D \geq 10,000 \\ L/D \geq 10 \end{array} \right]$$

สมการต่างๆนี้จะใช้เฉพาะกรณีของความแตกต่างอุณหภูมิ ($T_s - T_m$) ไม่มากนัก โดยคุณสมบัติต่างๆคิดที่ T_m สำหรับกรณีไหลที่แสดงลักษณะการแปรเปลี่ยนคุณสมบัติมากๆ Seider และ Tate ได้แนะนำให้ใช้สมการต่อไปนี้

$$Nu_D = 0.027 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} \quad (3.29)$$

สำหรับ

$$\left[\begin{array}{l} 0.7 \leq Pr \leq 16,700 \\ Re_D \geq 10,000 \\ L/D \geq 10 \end{array} \right]$$

โดยที่คุณสมบัติต่างๆยกเว้นค่า μ_s หาที่ T_m โดยที่ μ_s คิดที่ T_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการทั้งนี้ใช้ได้ทั้งกรณีของ q_s'' คงที่และ T_s คงที่ แต่ไม่สามารถใช้ได้กับโลหะเหลวซึ่งมีค่า Pr ต่ำมาก ๆ ($3 \times 10^{-3} \leq Pr \leq 5 \times 10^{-2}$) สำหรับการไหลที่โลหะเหลวแบบเทอร์บูเลนต์ที่ปรับตัวเต็มที่แล้ว ($L/D \geq 10$) ในท่อกลมเรียบนั้นในกรณีฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ (q_s'' คงที่) Skupinski ได้เสนอสมการในรูป

$$Nu_D = 4.82 + 0.0185 Pe_D^{0.827} \quad q_s'' = \text{constant} \quad (3.30)$$

$$Pe = RePr \quad (3.31)$$

Pe = ความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรไร้มิติหน่วย Peclet number

โดยที่ $\left[\begin{array}{l} 3.6 \times 10^3 < Re < 9.05 \times 10^3 \\ 10^2 \leq Pe < 10^4 \end{array} \right]$

เช่นเดียวกันสำหรับ T_s คงที่ Seban และ Shimazaki ได้เสนอสมการดังนี้คือ

$$Nu_D = 5.0 + 0.025 Pe_D^{0.8} \quad T_s = \text{constant} \quad (3.32)$$

สำหรับ $Pe_D > 100$

3.1.6 สหพันธ์การพาความร้อน : ท่อที่ไม่กลม

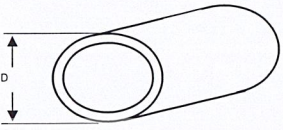
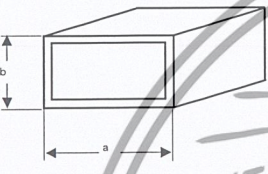
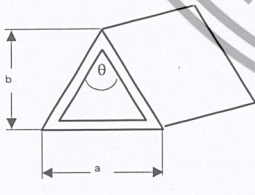
ถึงแม้ว่าเรามีข้อจำกัดมากเกี่ยวกับการพิจารณาต่อการไหลภายในท่อกลม การประยุกต์ทางวิศวกรรมส่วนใหญ่จำนวนมากเกี่ยวข้องกับพาความร้อนในท่อที่ไม่กลม สมการที่กล่าวมาแล้วใช้ได้ดีพอประมาณกับท่อที่ไม่มีพื้นที่หน้าตัดกลม โดยการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางลักษณะเป็นความยาวเฉพาะ (Characteristic Length) ซึ่งเรียกว่า “เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก” (Hydraulic diameter) และนิยามเป็นดังนี้

$$D_h \equiv \frac{4A_c}{P} \quad (3.33)$$

ซึ่ง A_c และ P เป็นพื้นที่หน้าตัดและเส้นรอบรูปของการไหลตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางนี้จะใช้ในการคำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น Re_D และ Nu_D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการไหลแบบลามินาร์ สหพันธ์ที่ใช้ในท่อกลมเมื่อนำมาใช้ในกรณีนี้อาจใช้ความแม่นยำน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับพื้นที่หน้าตัดที่มีมุมหลายมุม สำหรับกรณีเช่นนั้น ค่า Nu_D ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขปรับตัวเต็มที่แล้วหาได้จากตาราง Nu_D

Factor	Tube Geometry	$T_w = \text{Constant}$	$q'' = \text{Constant}$	Friction
		3.66	4.36	64.00/Re
	a/b			
	1	2.98	3.61	56.92/Re
	2	3.39	4.12	62.20/Re
	3	3.96	4.79	68.36/Re
	4	4.44	5.33	72.92/Re
	6	5.14	6.05	78.80/Re
	8	5.60	6.49	82.32/Re
	∞	7.45	8.24	96.00/Re
	a/b			
	1	3.66	4.36	64.00/Re
	2	3.74	4.56	67.28/Re
	4	3.79	4.88	72.96/Re
	8	3.72	5.09	76.60/Re
	16	3.65	5.18	78.16/Re
	θ			
	10°	1.61	2.45	50.80/Re
	30°	2.26	2.91	52.28/Re
	60°	2.47	3.11	53.32/Re
	90°	2.34	2.98	52.60/Re
	120°	2.00	2.68	50.96/Re

ตาราง 3.1 Nu_D สำหรับการไหลแบบลามินาร์ที่ปรับตัวเต็มที่แล้วในท่อพื้นที่หน้าตัดต่าง ๆ กัน : ที่มาของรูป รศ. ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน", ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.7 การถ่ายเทความร้อนจากครีบริบ

การติดครีบริบเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากพื้นผิวโดยอาจพิจารณาได้ง่ายๆจากสมการของการพาความร้อน

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad (3.34)$$

เมื่อต้องการเพิ่มค่า q ให้มากขึ้นโดยค่า h , T_s , T_∞ ยังคงเดิมก็จะทำได้โดยการเพิ่มค่า A ซึ่งเพิ่มได้โดยการติดครีบริบเข้าไปโดยปกติจะใช้ครีบริบเมื่อผิวหนึ่งของวัสดุสัมผัสของไหลที่มีค่า h สูงแต่อีกด้านหนึ่งสัมผัสกับของไหลที่มีค่า h ต่ำเพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้สูงขึ้นเช่นครีบริบที่ติดกับหม้อน้ำร้อนและครีบริบที่ติดอยู่ด้านนอกของเครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศ

อุณหภูมิที่โคนจะถือว่าเท่ากับอุณหภูมิของพื้นผิวที่ครีบริบติดอยู่แต่อุณหภูมิตามความยาวของครีบริบจะลดลงเรื่อยๆเนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนออกไปจากครีบริบโดยสมการพลังงานหนึ่งมิติของครีบริบซึ่งมีไว้เพื่อหาอัตราการนำความร้อนที่จุดใดๆในครีบริบก็ได้

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \left(\frac{1}{A_c} \frac{dA_c}{dx} \right) \frac{dT}{dx} - \left(\frac{1}{A_c} \frac{h dA_c}{k dx} \right) (T - T_\infty) = 0 \quad (3.35)$$

กรณีที่จะใช้ในการทำโครงงานคือกรณี ครีบริบมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ โดยครีบริบแต่ละอันจะติดที่ผิวฐานอุณหภูมิ $T(0) = T_b$ และยื่นผ่านของไหลอุณหภูมิ T ครีบริบกรณีนี้ A_c คงที่ และ $A_s = Px$ โดยที่ A_s เป็นพื้นที่ผิววัดจากฐานถึง x และ P คือเส้นรอบรูปหน้าตัดของครีบริบ ดังนั้นจะได้ $dA_c/dx = 0$ และ $dA_s/dx = P$ เพราะฉะนั้นลดรูปสมการได้

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{hP}{kA_c} (T - T_\infty) = 0 \quad (3.36)$$

และให้ $\theta = T - T_\infty$ ดังนั้น

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{d^2\theta}{dx^2} \quad (3.37)$$

จะได้สมการใหม่เป็น

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - m^2\theta = 0 \quad \text{โดยที่} \quad m^2 = \frac{hP}{kA_c} \quad (3.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคำตอบทั่วไปของสมการคือ

$$\theta(x) = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx} \quad (3.39)$$

และในกรณีครีบบมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอและปลายครีบบั้มนวนไว้ มีเงื่อนไขที่ขอบ คือ

$$\text{ที่ } x = 0, \theta_b = T_b - T_\infty$$

$$X = L, dT/dx = d\theta/dx = 0$$

ซึ่งจะได้คำตอบของสมการการกระจายอุณหภูมิเป็น

$$\theta(x) = (T_b - T_\infty) \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL} \quad (3.40)$$

และอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด เท่ากับ

$$q_f = q_b = (T_b - T_\infty) \sqrt{hPkA_c} \tanh(mL) \quad (3.41)$$

: เนื่องจากที่มาของเนื้อหาและรูปภาพในบทนี้มาจาก รศ.ดร.พงษ์เจตพรหมวงศ์, “การถ่ายเทความร้อน”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้สนใจศึกษาเพิ่มเติมสามารถหาอ่านได้จากในเล่ม

3.2 งานทางไฟฟ้า

งานไฟฟ้า (electrical work, W_e) คือ พลังงานไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าเนื่องจากผลแรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ โดยเมื่ออิเล็กตรอน N คูლობบ์เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความต่างศักย์ V งานไฟฟ้าจะมีค่าเป็นดังนี้

$$W_e = VN \quad (\text{W}) \quad (3.42)$$

เมื่อเขียนในรูปเทียบต่อหน่วยเวลาหรือกำลังไฟฟ้า จะได้

$$\dot{W}_e = VI \quad (\text{W}) \quad (3.43)$$

เมื่อ $\dot{W}_e =$ กำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N	=	จำนวนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในหนึ่งหน่วยเวลา
V	=	แรงดันทางไฟฟ้า
I	=	กระแสไฟฟ้า

3.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นถูกแสดงในเทอมของสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance ; COP) และแทนด้วยสัญลักษณ์ COP_R วัตถุประสงค์ของเครื่องทำความเย็นคือ การกำจัดความร้อน (Q_L) ออกจากห้องทำความเย็น ดังนั้น เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์จึงจำเป็นต้องมีการป้อนงาน ($W_{net,in}$) เข้าไป ค่า COP ของเครื่องทำความเย็นจึงสามารถแสดงได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

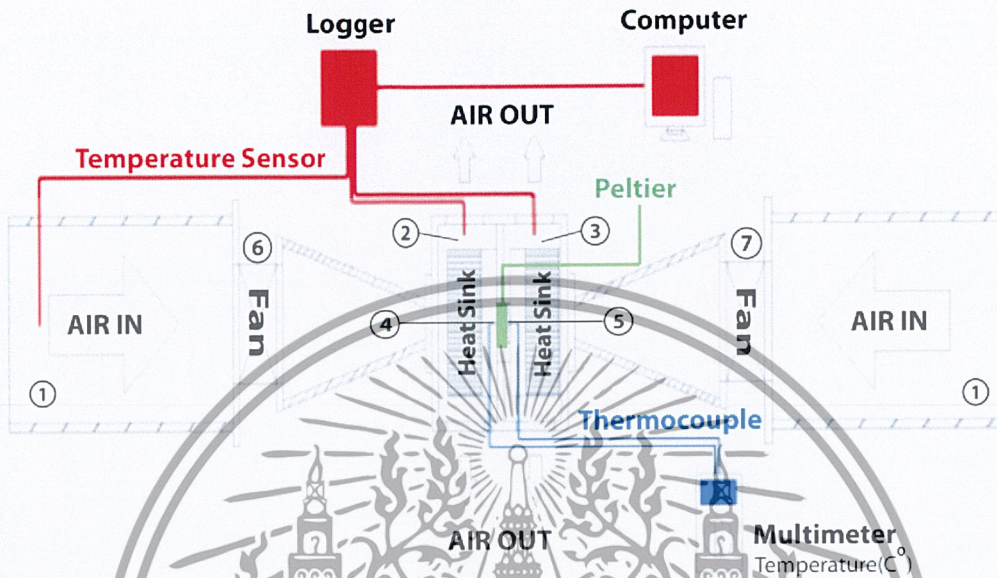
$$COP_R = \frac{\text{สิ่งที่ปรารถนาจะได้ออกมา}}{\text{สิ่งที่จำเป็นต้องป้อนเข้าไป}} = \frac{Q_L}{W_{net,in}} \quad (3.44)$$

นอกจากนั้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวยังสามารถแสดงในรูปของอัตรา โดยแทนที่ (Q_L) ด้วย (\dot{Q}_L) และ ($W_{net,in}$) ด้วย ($\dot{W}_{net,in}$)



บทที่ 4

การออกแบบชุดทดสอบระบบหล่อเย็น PELTIER



รูปที่ 4.1 ชุดทดสอบที่ออกแบบ

4.1 การออกแบบชุดทดสอบ

รูปที่ 4.1 แสดงชุดทดสอบ และมีส่วนประกอบดังนี้

4.1.1 ช่องอากาศเข้า ออกแบบให้มีขนาดเท่ากับขนาดของพัดลม เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและการคำนวณ โดยออกแบบให้กว้าง 200 มิลลิเมตร, ยาว 200 มิลลิเมตร ลึก 300 มิลลิเมตร

4.1.2 ช่องอากาศแบบนอซเซิล (NOZZLE) ออกแบบเพื่อเพิ่มความเร็วของอากาศก่อนเข้าสู่บริเวณกึ่งกลางของครีบบระบายความร้อน ซึ่งติดตั้งแผ่น PELTIER ไว้ โดยออกแบบให้ทางเข้าของอากาศมีขนาดเท่ากับขนาดของพัดลม ทางออกของอากาศ ออกแบบให้มีขนาดความกว้างเท่ากับขนาดของแผ่น PELTIER และยาวเท่ากับความยาวของครีบบระบายความร้อน

4.1.3 ชุดทดสอบหลัก ออกแบบให้มีขนาดใกล้เคียงกับครีบบระบายความร้อน เพื่อให้ลมไหลผ่านครีบบระบายความร้อนอย่างเต็มที่ โดยออกแบบให้มีขนาด กว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร และเจาะรู เพื่อระบายลมของครีบบระบายอากาศฝั่งร้อนและลมของครีบบระบายอากาศฝั่งเย็นฝั่งละ 2 รู ขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร เพื่อให้มีขนาดพอดีกับความสูงของครีบบระบายความร้อน

4.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 พัดลมเป่าอากาศ (Fan) ถูกติดตั้งไว้ที่ทางเข้าของลมทั้งสองข้างของชุดทดสอบที่บริเวณหมายเลข 6,7 (รูปที่ 4.1) ทำหน้าที่ ดูดอากาศจากภายนอกแล้วส่งเข้าไปภายในท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมก่อนส่งผ่านไปยังชุดทดสอบ

4.2.2 ครีบบระบายความร้อน (Heat sink) ถูกติดตั้งไว้ที่ผิวหน้าแต่ละด้านของแผ่น PELTIER ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากผิวหน้าของแผ่น PELTIER

4.2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ถูกติดตั้งไว้ที่ผิวหน้าของแผ่น PELTIER ทั้งสองข้างที่บริเวณหมายเลข 4,5 (รูปที่ 4.1) ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าแต่ละด้านของแผ่น PELTIER

4.2.4 มัลติมิเตอร์ (Multimeter) ทำหน้าที่ทำหน้าที่แสดงผลและบันทึกค่าการตรวจวัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่น PELTIER ที่ได้มาจากเทอร์โมคัปเปิล

4.2.5 เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น (Humidity temperature sensor SH15) ถูกติดตั้งไว้ที่ช่องระบายอากาศของลมเข้าและออกของครีบบระบายความร้อนฝั่งเย็น และลมออกของครีบบระบายความร้อนฝั่งร้อนของชุดทดสอบที่บริเวณหมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1) ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิที่บริเวณนั้นๆ แล้วส่งข้อมูลไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล

4.2.6 เครื่องบันทึกและแสดงผลอุณหภูมิ (Data logger) ทำหน้าที่แสดงผลและบันทึกค่าการตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้า ออกและตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER

4.2.7 มิเตอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น (Fluke 971 Temperature Humidity meter) ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นที่ลมเข้าและลมออกจากชุดทดสอบที่บริเวณหมายเลข 1, 2 และ 3 (รูปที่ 4.1)

4.2.8 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ทำหน้าที่วัดความเร็วลมเข้าและลมออกจากชุดทดสอบที่บริเวณหมายเลข 1 (รูปที่ 4.1)

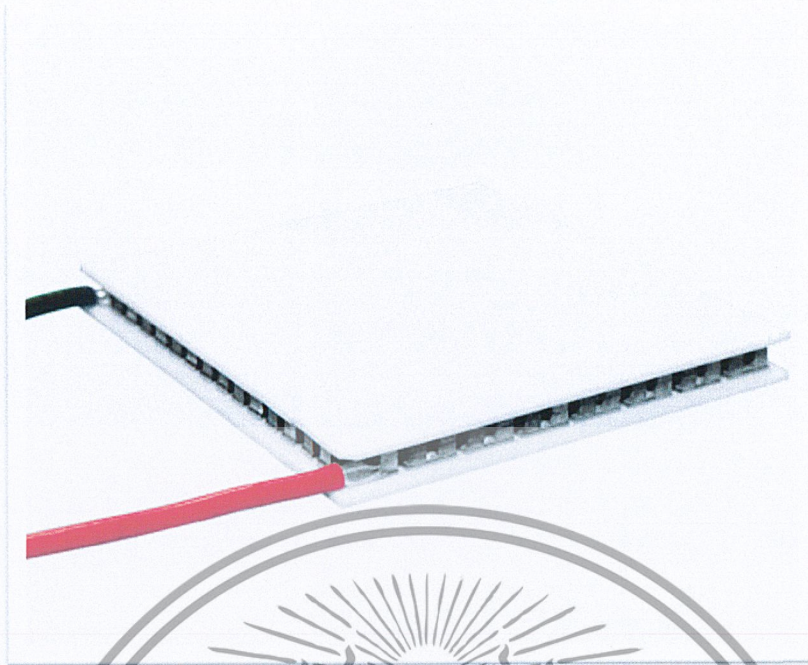
4.2.9 อุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า (Power supply) ทำหน้าที่ ปรับและจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไว้ให้กับแผ่น PELTIER

4.2.10 คอมพิวเตอร์ (computer) ทำหน้าที่ รับข้อมูลที่มาจากเครื่องบันทึกและแสดงผลค่าอุณหภูมิ (Data logger) และจัดเก็บไว้ใน โปรแกรม Microsoft Excel

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.1 PELTIER

การทดลองนี้ใช้ PELTIER ดังรูปที่ 4.2 โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน โดย PELTIER จะจัดวางอยู่ติดกับ Sink (ทำจากอลูมิเนียม) ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนโดนการนำความร้อนผ่าน Sink แล้วถ่ายเทความร้อนดังกล่าวโดนการพาความร้อนไปยังอากาศที่ไหลผ่าน Sink



รูปที่ 4.2 รูปแผ่น PELTIER

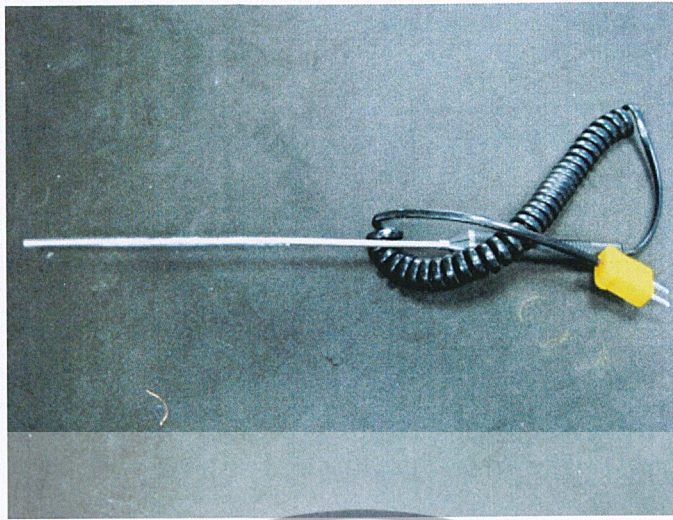
4.3.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

(1) เทอร์โมคัปเปิล จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกันไป โดรนหากเส้นผ่าศูนย์กลางโต จะมีช่วงการวัดอุณหภูมิที่สูงกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน โดยมีหลักการคือ เมื่อนำลวดโลหะสองเส้นทำด้วยโลหะที่แตกต่างกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองข้างเข้าด้วยกัน ถ้าปลายทั้งสองข้างมีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรของเส้นลวดทั้งสอง ปริมาณของกระแสไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายข้างหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายเปิด เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ดังรูป 4.3 (Type K Chromel V.S alumel) ชนิดนี้ สายบวกทำมาจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 90% และ โครเมียม 10% และสายลบทำมาจากโลหะผสมนิกเกิล 95%+5% ของผสมระหว่างอลูมิเนียมแมงกานีสและซิลิคอน ในปัจจุบันเทอร์โมคัปเปิลมีหลายแบบหลายชนิดให้เลือกใช้โดยจะส่งสัญญาณอุณหภูมิที่วัดได้มายังเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆดังนี้

- ตัวเทอร์โมคัปเปิล เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้งานจะมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน โดยเมื่อนำขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางมากขึ้นจะทำให้ช่วงอุณหภูมิการใช้งานสูงขึ้น
- ฉนวนหุ้มเทอร์โมคัปเปิล ฉนวนจะทำหน้าที่ป้องกันมิให้สายของเทอร์โมคัปเปิลเกิดการลัดวงจรและช่วยป้องกันไม่ให้สัมผัสกับปลอกหุ้มโลหะ (Protection tube) โดยฉนวนจะทำมาจากสารเคมีจำพวกแมกนีเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปเทอร์โมคัปเปิล

(2) มิเตอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

การตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นเข้าและออกจากชุดทดสอบโดยใช้ มิเตอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น(Fluke 971 Temperature Humidity meter) ดังรูป 4.4 เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ในเครื่องเดียวกัน

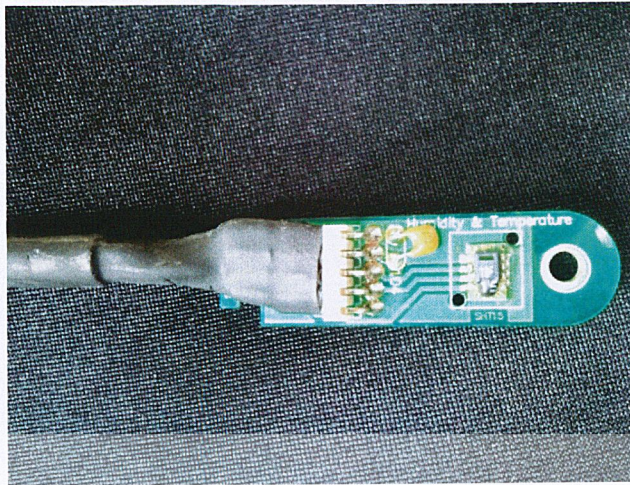


รูปที่ 4.4 รูปมิเตอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

(3) เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

การตรวจจับอุณหภูมิที่เข้าและออกจากชุดทดสอบโดยใช้(Humidity temperature sensor SH15) ดังรูป 4.5 โดยจะส่งสัญญาณอุณหภูมิที่วัดได้มายังเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

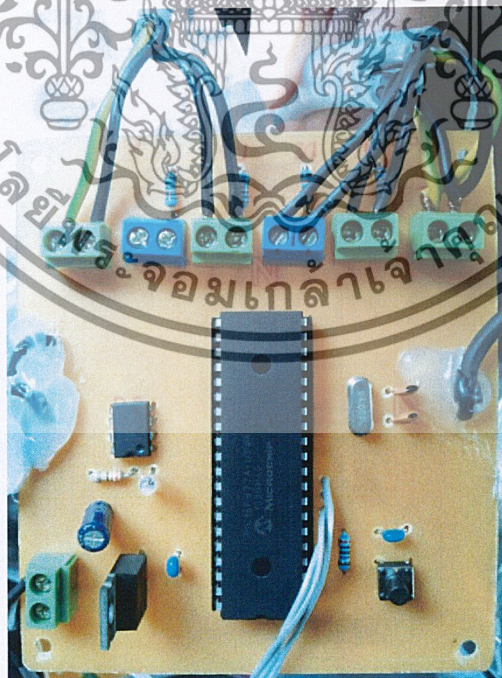


รูปที่ 4.5 รูปเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ

4.3.3 อุปกรณ์บันทึกค่าอุณหภูมิ

(1) แผงวงจร

การบันทึกค่าอุณหภูมิ อากาศเข้าออกของชุดทดสอบ โดยใช้อุปกรณ์บันทึกค่า(Data Logger) ดังรูป 4.6 เป็นตัวรับสัญญาณอุณหภูมิในแต่ละจุดผ่านทางสายที่ต่อเข้ากับตัว Sensor สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลชนิด Real time และบันทึกค่าชนิด Real time

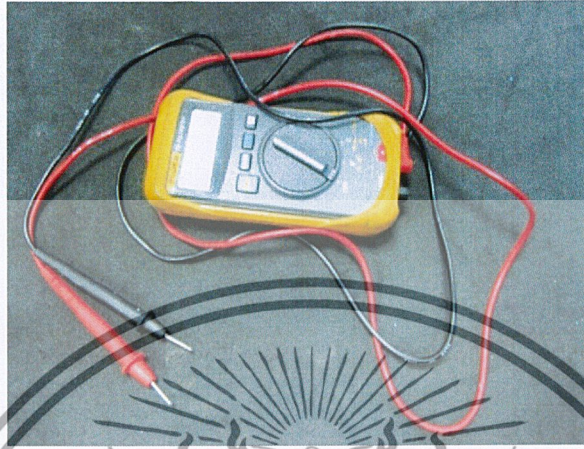


รูปที่ 4.6 รูป Data Logger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) มัลติมิเตอร์

การบันทึกค่าอุณหภูมิผิวภายในชุดทดสอบโคโนใช้อุปกรณ์ มัลติมิเตอร์(Multimeter) ดังรูปที่ 4.7 เป็นตัวรับสัญญาณอุณหภูมิในแต่ละจุดผ่านทางสายที่ต่อเข้ากับเทอร์โมคัปเปิล



รูปที่ 4.7 รูปมัลติมิเตอร์

4.3.4 อุปกรณ์วัดความเร็วอากาศ

ปริมาณอากาศที่เข้าสู่ชุดทดสอบสามารถตรวจวัดได้โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร็ว Anemometer ดังรูป 4.8 ตรวจวัดบริเวณทางเข้าและทางออกของชุดทดสอบ โดยเครื่องดังกล่าวจะวัดผลต่างการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปแล้วเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลเพื่อแสดงค่าความเร็วของอากาศต่อไป



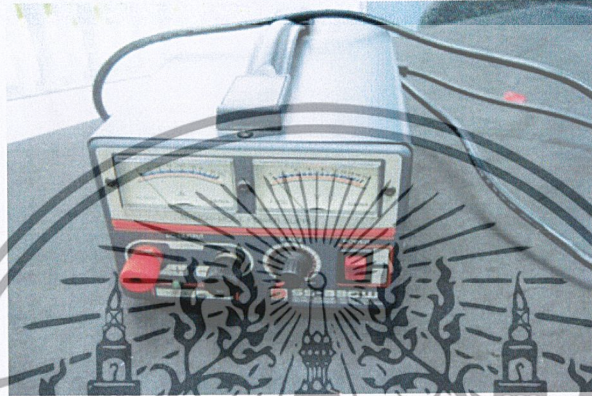
รูปที่ 4.8 อุปกรณ์วัดความเร็วอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 อุปกรณ์ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า

อุปกรณ์ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า Power Supply ดังรูปที่ 4.9 เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และสามารถควบคุมการเพิ่มหรือลดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้

การควบคุมการลดหรือเพิ่มขนาดระดับของแรงดันไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับชุดทดสอบให้มีความเหมาะสมหรือเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถปรับแรงดันได้ตั้งแต่ 0-25 โวลต์ โดยการสังเกตจากค่ากระแสที่มิเตอร์เครื่อง



รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า

4.3.6 ครีประบายความร้อน

ครีประบายความร้อนที่เลือกใช้มีขนาด 124 x 145 มิลลิเมตร จำนวน 15 ครี โดยแต่ละครีหนา 0.3 cm สูง 5.2 cm ทั้งด้านร้อนและด้านเย็น ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ครีระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความต้านทานความร้อนของครีบบระบายความร้อน

$$Q = \left[\frac{1}{R_{sa} + R_{sp}} \right] (T_j - T_a) \quad (4.1)$$

โดยที่ P คือ กำลังทางความร้อน
 R_{sa} คือ ความต้านทานความร้อนระหว่างพื้นผิวครีบกับอากาศ
 R_{sp} คือ ความต้านทานการแพร่กระจายความร้อน เท่ากับ 0.069
 T_j คือ อุณหภูมิที่บริเวณผิวของ PELTIER
 T_a คือ อุณหภูมิอากาศบริเวณทางเข้าครีบบระบายความร้อน

$$Nu = 4.421 + 0.157(L^*)^{-0.811} \quad (4.2)$$

โดยที่ $Nu = 2hs / K$
 $K = 0.0257 \text{ W/mK}^\circ$
 $L^* = L / 2D_H \text{ Re}_D$ (4.3)

โดยที่ D_H คือ Hydraulic diameter, equal to $4A_c / \rho$
 Re_D คือ Reynolds number, equal to $\rho V_f D_H / \mu$
 s คือ ช่องว่างระหว่างครีบบระบายความร้อน
 $V_f = 10 \text{ m/s}$
 $\text{Re}_D = 291.98$
 $Nu = 28.97 = 2h(0.007) / 0.0257$
 $h = 531.86$

สมการความต้านทานการพาความร้อน

$$\begin{aligned} R_{sa} &= \frac{1}{\eta h A_{fm}} + \frac{1}{2inc_p} \quad (4.4) \\ &= \left(\frac{1}{(0.7)(531.86)(0.207)} \right) + \left(\frac{1}{(2)(0.071)(1.005)} \right) \\ &= 0.0199 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

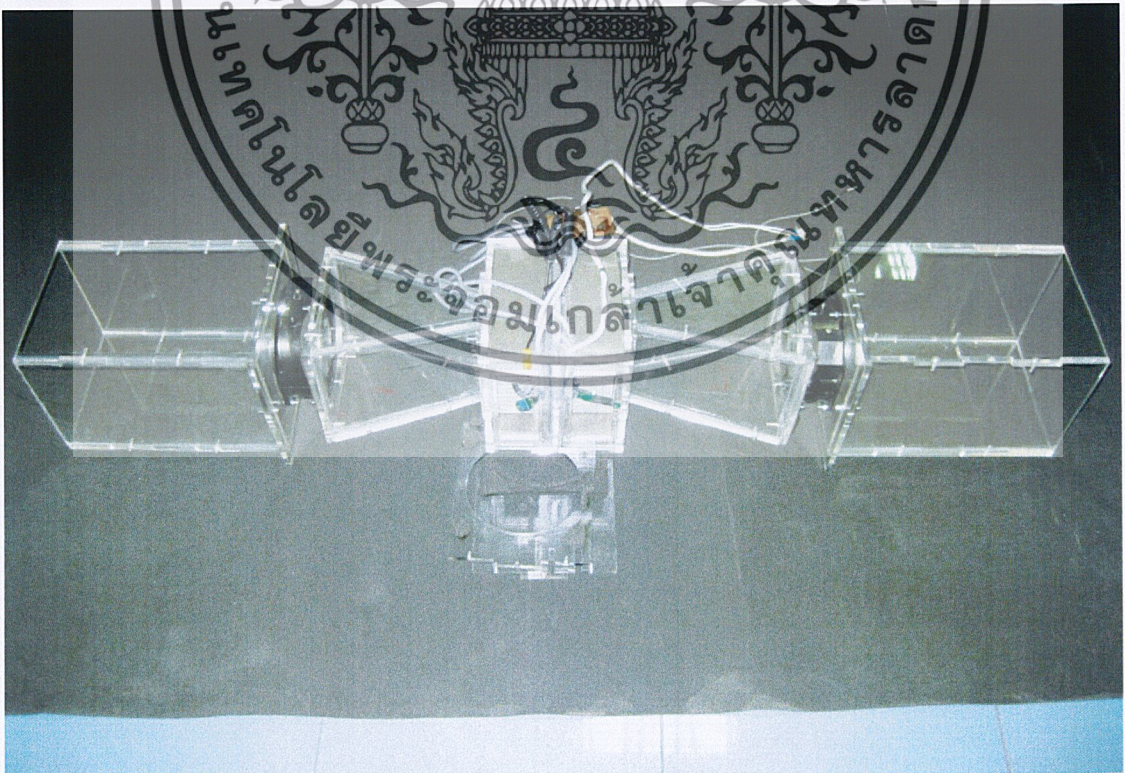
โดยที่ $A_{fin} = 0.207 \text{ m}^2$

แทนค่า R_{sa} และ R_{sp} ในสมการ (4.1) ได้

$$Q = \left[\frac{1}{0.0889} \right] (T_j - T_a) \quad (4.5)$$

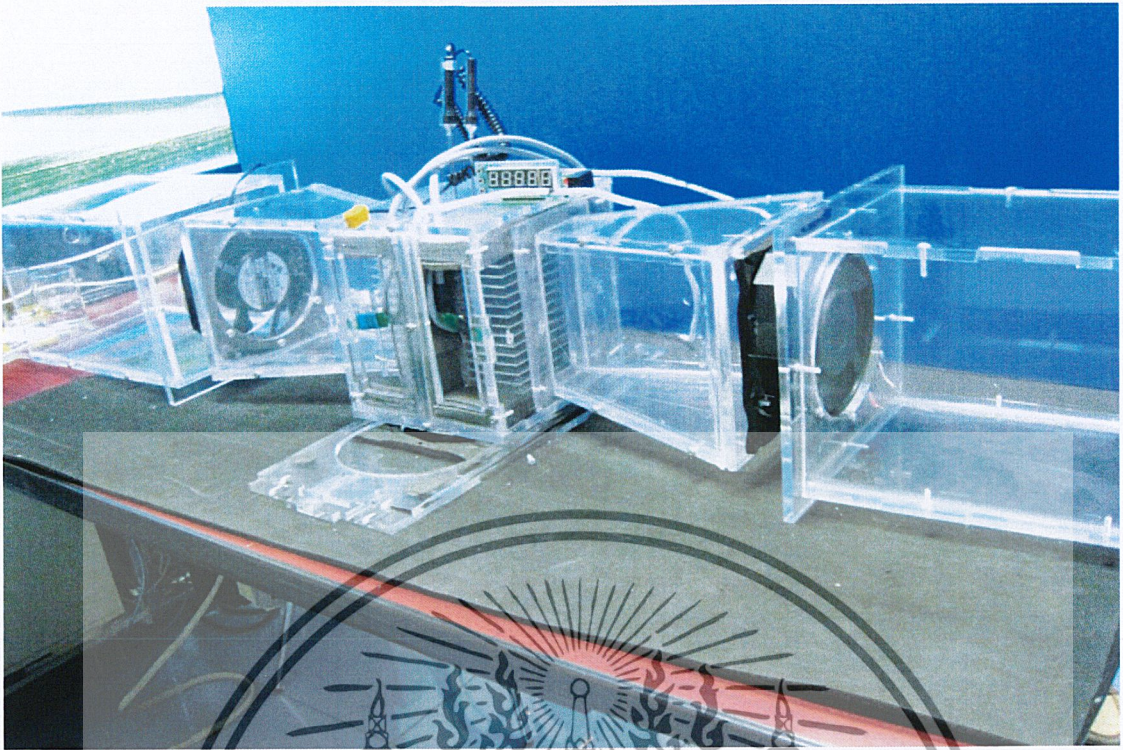
4.4 หลักการทำงานของชุดทดสอบ

เมื่อเริ่มการทำงานของชุดทดสอบ จะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าไปที่ PELTIER ทำให้มีความร้อนเกิดขึ้นส่งผ่านไปยังครีบบระบายความร้อน พัดลมทั้งสองข้างจะทำการดูดอากาศจากภายนอกเป่าผ่านที่ไปครีบบระบายความร้อน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างอากาศภายนอกกับความร้อนที่ระบายออกมาจากครีบบระบายความร้อน โดยการพาความร้อนออกไปทางช่องระบายลมออกที่อยู่ตรงกลางของชุดทดสอบ เช่น เซอร์วูดค่าอุณหภูมิต่างๆ ที่ติดตั้งบริเวณช่องลมเข้าและลมออกของครีบบระบายความร้อนฝั่งเย็น และลมออกของครีบบระบายความร้อนฝั่งร้อนของชุดทดสอบ จะทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องบันทึกและแสดงผลอุณหภูมิ (Data Logger) หลังจากทำการเก็บข้อมูลครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ ทำการทดสอบใหม่โดยปรับเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าและเริ่มการทำงานของเครื่องใหม่อีกครั้ง

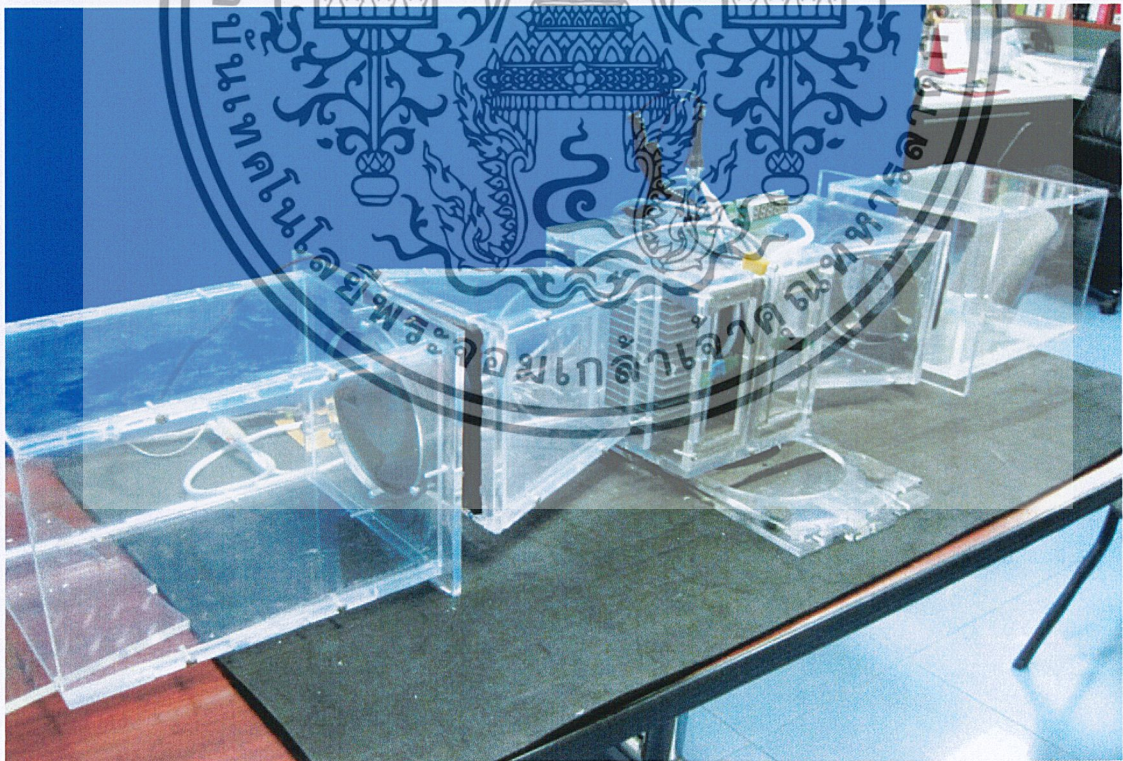


รูป 4.11 ชุดการทดสอบจริง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ชุดการทดสอบจริง 2



รูปที่ 4.13 ชุดการทดสอบจริง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบและผลการทดสอบ

5.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

5.1.1 ออกแบบชุดทดสอบ ระบบหล่อเย็นของเครื่องจักร โดยใช้ PELTIER ซึ่งนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในระบบระบบหล่อเย็นของเครื่องจักรมาออกแบบชุดทดสอบ

5.1.2 ทดสอบระบบ โดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าขนาด 23.5, 18.6, 14, 9.3 และ 4.9 โวลท์ จ่ายให้กับ PELTIER และใช้อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071, 0.040 kg/s

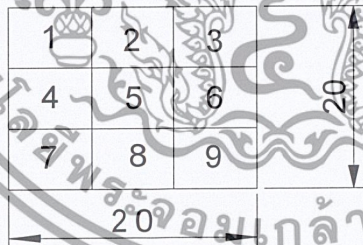
5.1.3 หาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของ PELTIER

5.2 วิธีการทดสอบ

หลังจากออกแบบชุดการทดสอบ ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบมีลำดับดังต่อไปนี้

5.2.1 วัดความเร็วลมที่เข้าชุดการทดสอบ

จากชุดการทดสอบ ได้เลือกใช้พัดลมระบายความร้อนที่มีอัตราการไหลสูงสุด 240 ลูกบาศก์ฟุต ต่อนาที ชุดทดสอบที่ออกแบบมีรูปร่างหน้าตัดของทางเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 20x20 cm ทำการวัดความเร็วลมโดยใช้ ANEMO METER วัดความเร็วลมที่บริเวณหน้าตัด 9 จุด ดังรูปที่ 5.1



รูป 5.1 แสดงจุดในการวัดความเร็วของลมเพื่อใช้ในการเฉลี่ย

ซึ่งเฉลี่ยความเร็วทั้ง 9 จุดได้ ความเร็วของลมเท่ากับ 1.3 m/s จากนั้นนำไปคำนวณหาอัตราการไหลได้จากสมการ (5.1)

$$Q = AV \quad (5.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ Q ที่ไปได้ไปคำนวณหาอัตราการไหลของมวลอากาศจากสมการ (5.2)

$$\dot{m} = \rho Q \quad (5.2)$$

โดยที่ Q	คือ อัตราการไหลของลม (m^3/s)
A	คือ พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศ (m^2)
V	คือ ความเร็วลม (m^2/s)
\dot{m}	คือ อัตราการไหลของมวลอากาศ (kg/s)
ρ	คือ ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ $1.184 \text{ kg}/\text{m}^3$ ที่อุณหภูมิห้อง 25 C°

ซึ่งได้อัตราการไหลของมวลอากาศเท่ากับ $0.071 \text{ kg}/\text{s}$

5.2.2 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER

เนื่องจาก PELTIER สามารถรับแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 27 โวลต์ ในการทดลองเลือกใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER เท่ากับ 23.5, 18.6, 14, 9.3 และ 4.7 โวลต์ ตามลำดับ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับตารางข้อมูลที่แนบในภาคผนวก

5.3.3 เก็บข้อมูลผลการทดสอบ

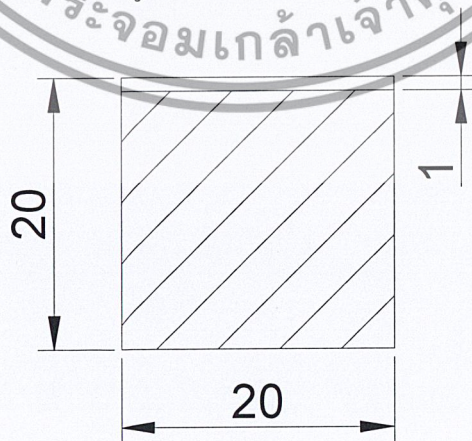
เครื่องบันทึกและแสดงผลอุณหภูมิ จะเก็บค่าทุก 5 วินาที โดยเก็บค่าตั้งแต่เริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าจนค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าคงที่

5.3.4 ทำการทดสอบ โดยเลือกใช้ PELTIER ขนาด 120 วัตต์

5.3.5 ใช้เทอร์โมคัปเปิลวัดความแตกต่างอุณหภูมิผิวของ PELTIER บันทึกผลทุก 15 นาที

5.3.6 เปลี่ยนค่าอัตราการไหลของมวลอากาศ

ทำการเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของมวลอากาศโดยลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดลมเข้าให้มีขนาดเล็กที่สุด โดยลดให้เหลือพื้นที่ $20 \times 1 \text{ cm}$ ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงหน้าตัดที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งคำนวณอัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถหาได้ และทำการทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 5.2.2

5.2.7 เปลี่ยนขนาดของ PELTIER จาก 120 วัตต์ เป็น 80 และ 172 วัตต์ ตามลำดับ โดยให้มีอัตราการไหลมวลของอากาศเท่ากับ 0.071 kg/s (เป็นการทดสอบเพิ่มเติม PELTIER ขนาด 80 และ 172 วัตต์ ต้องใช้ระยะเวลาในการนำเข้า จึงสามารถทดสอบได้เพียงแค่อัตราการไหลมวลของอากาศเท่ากับ 0.071 kg/s)

5.2.8 คำนวณหากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ PELTIER กำลังการทำความเย็น และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น(C.O.P.) จากสมการ (3.43), (3.24) และ (3.44) ตามลำดับ

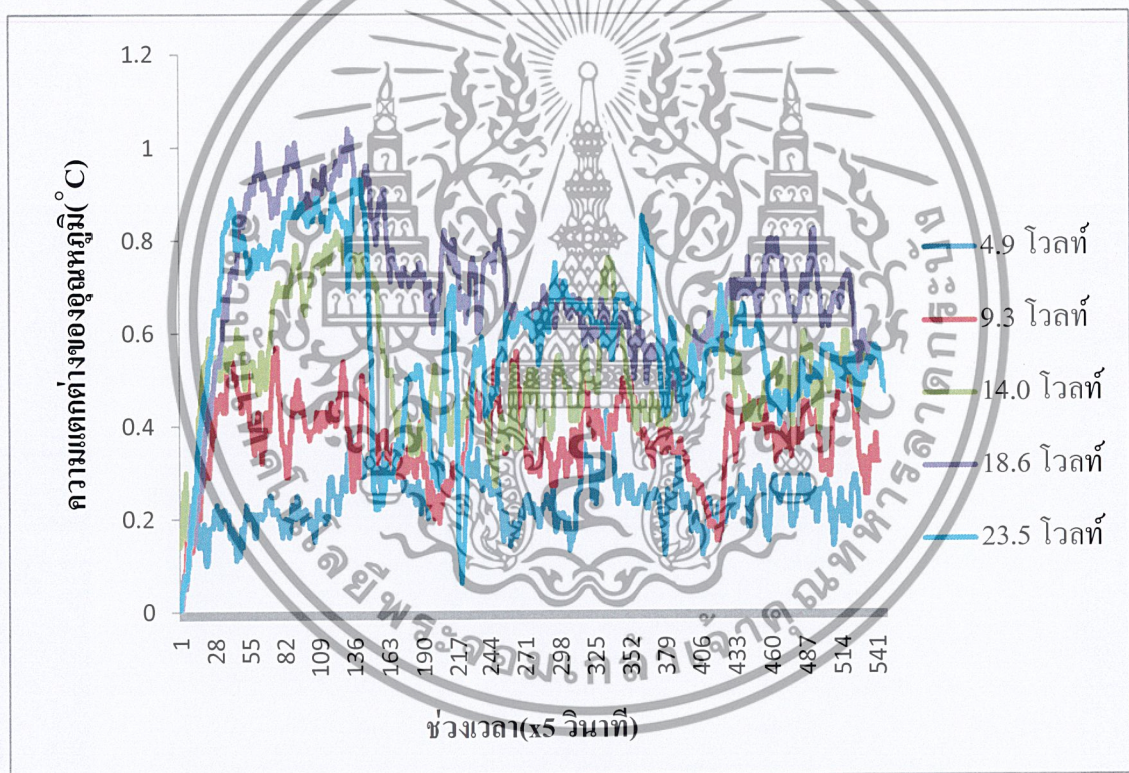


5.3 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบกำลังการทำมาเย็นของ PELTIER จากชุดทดสอบที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมา ซึ่งได้ทำการทดสอบโดยทำการควบคุมอัตราการไหลของมวลอากาศที่ค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดที่ค่าสามารถวัดค่าได้ คือ 0.071 kg/s และ 0.04 kg/s ตามลำดับ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (23.5, 18.6, 14, 9.3 และ 4.9 โวลต์) และขนาดของ PELTIER (120, 80 และ 172 วัตต์) ให้ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

5.3.1 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 80 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 m/s

(1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบเย็นกับช่วงเวลา(วินาที)



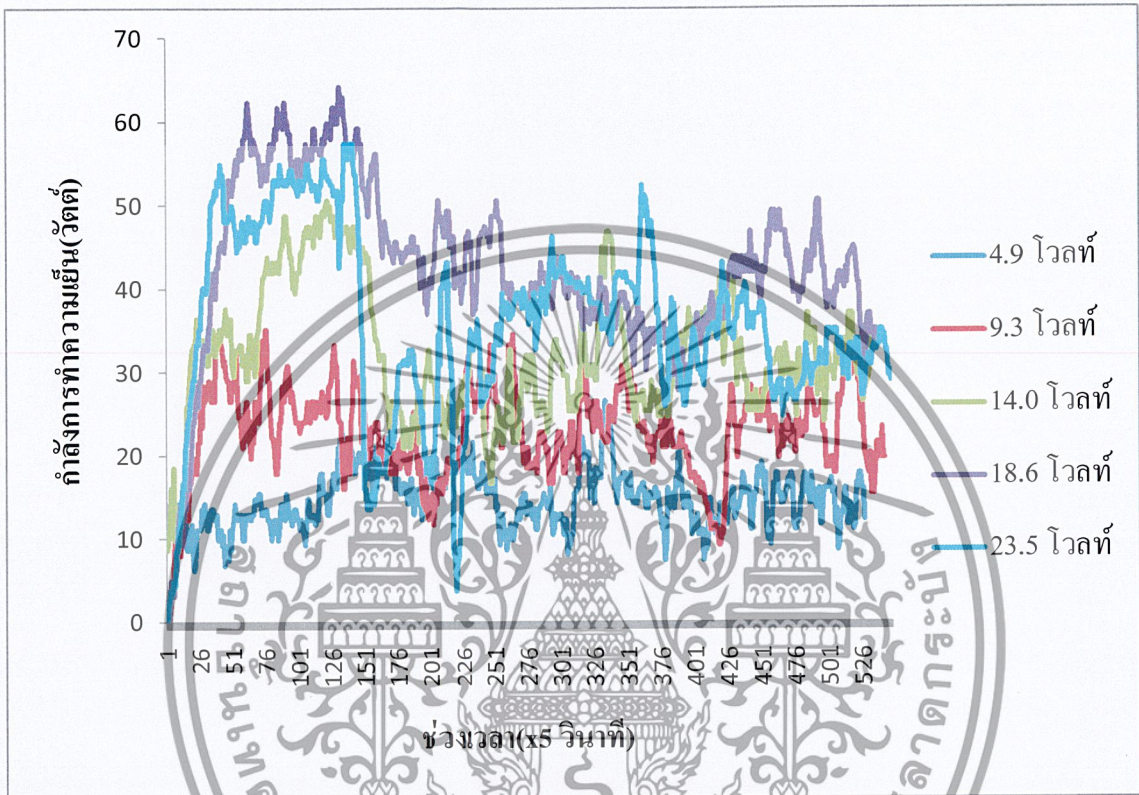
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบเย็น (C°) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเริ่มต้นของการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ PELTIER ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจจะมีค่าแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER และในช่วงเวลาประมาณ 145 ช่วงเวลา(725 วินาที) จะเริ่มมีความร้อนสะสมมากขึ้นที่ครีบ ส่งผลให้กราฟค่าความแตกต่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิมีความชันลดลง ทำให้อุณหภูมิความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ และ 23.5 โวลต์ มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าแรงดันอื่นๆ

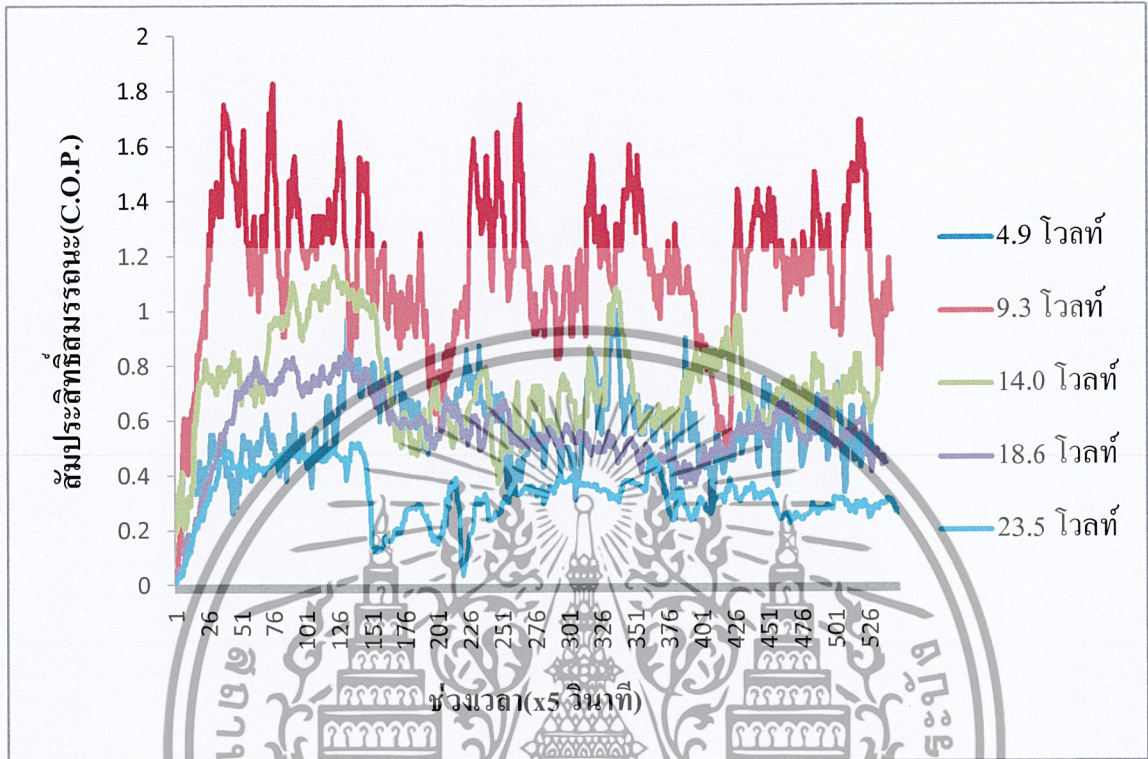
(2) กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังในการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของกราฟและจะเริ่มลดลง ในช่วงเวลาประมาณ 145 ช่วงเวลา(725 วินาที) เนื่องจากมีการสะสมของความร้อนที่บริเวณครีบริบายความร้อนมากขึ้น จนทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER นั้นลดลง ส่งผลให้กำลังการทำความเย็นนั้นลดลงตามไปด้วย โดยที่แรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ และ 23.5 โวลต์ มีกำลังการทำความเย็นที่สูงกว่าค่าอื่นๆ

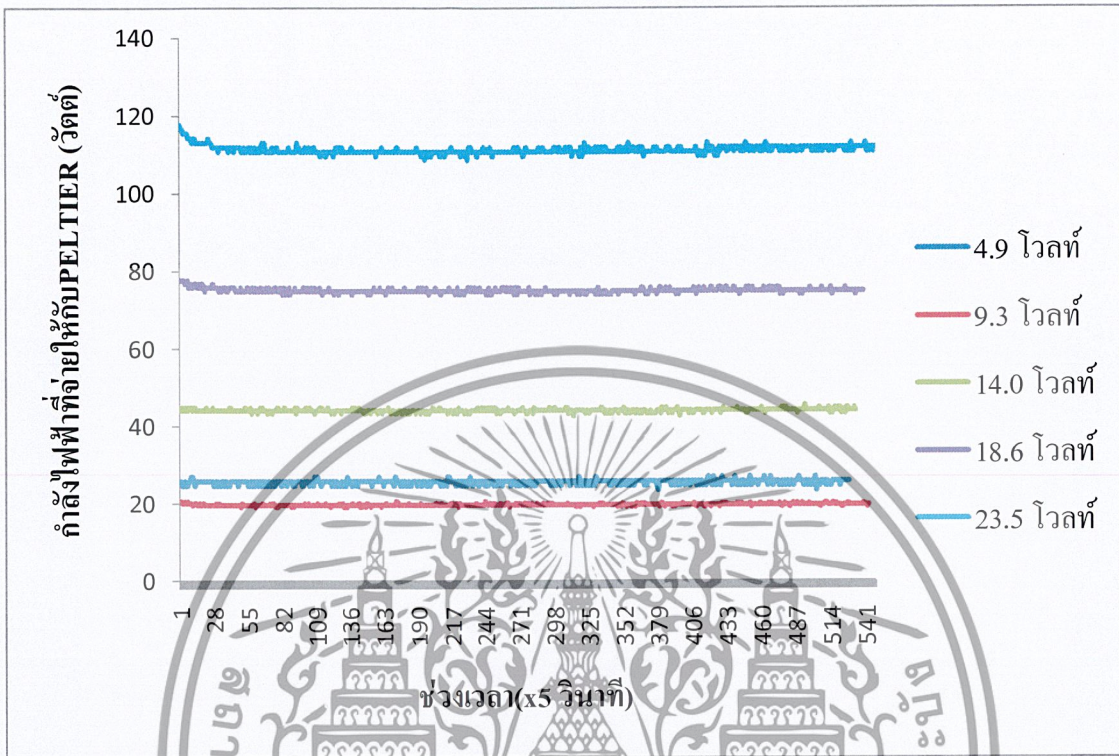
(3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น(C.O.P.) ของระบบเทียบกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบ เทียบกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้า 9.3 โวลต์ สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) เฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากแม้จะทำความเย็นได้น้อย แต่มีการใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) มีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าค่าอื่นๆ

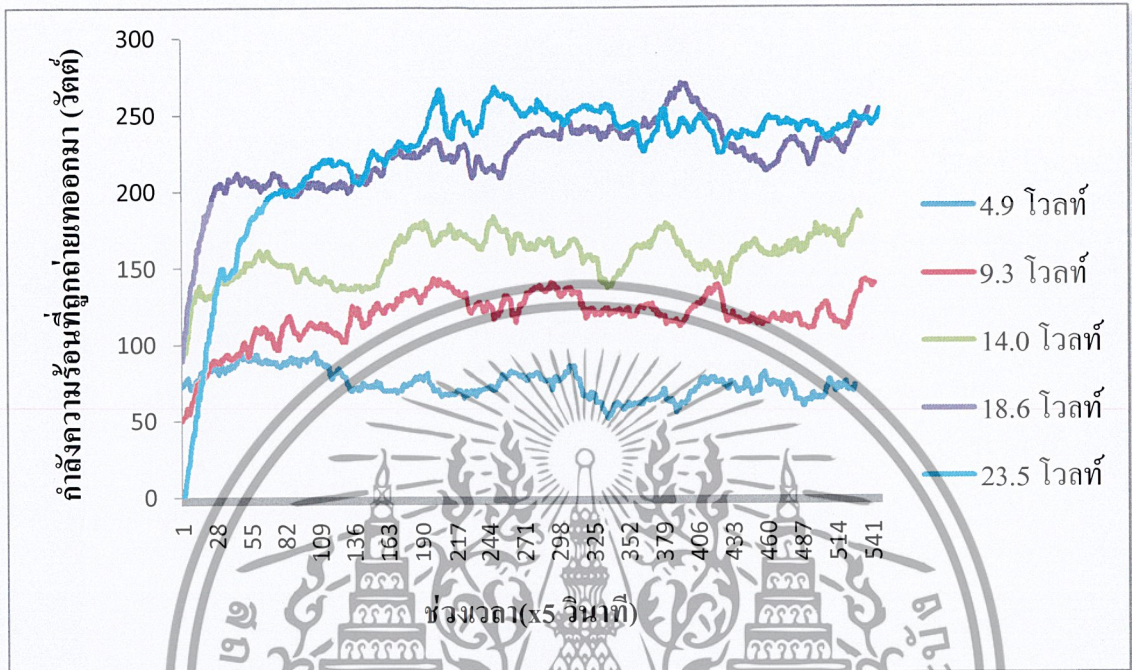
(4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับ ช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นมีขนาดที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและก็ยังไม่ได้ขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อนำกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ไปเทียบกับรูปที่ 5.3

(5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



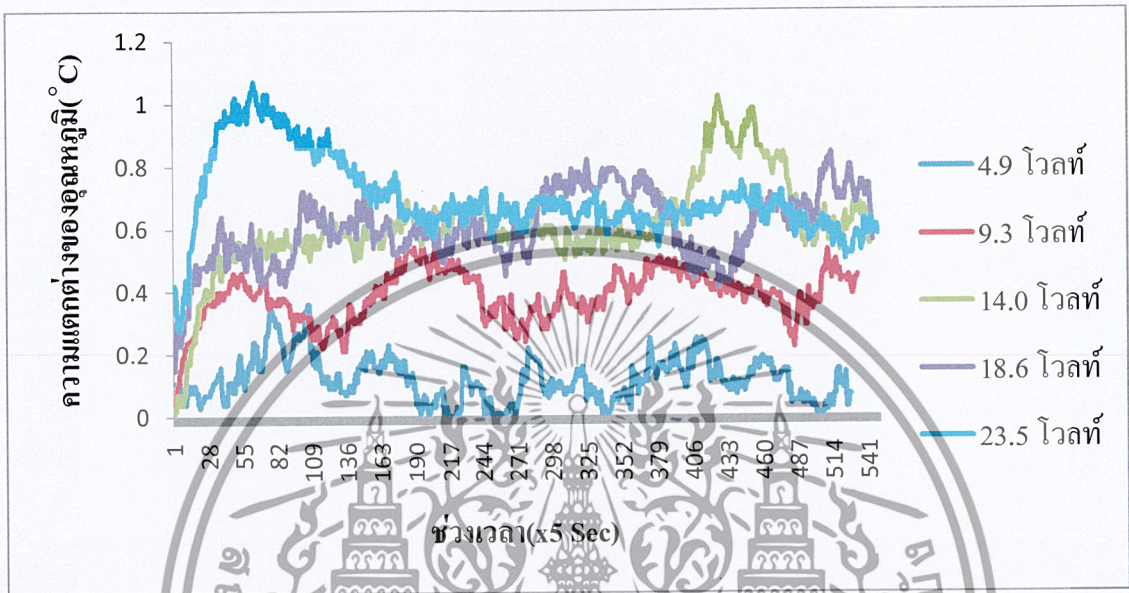
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากระบบนั้นมีค่าที่แปรผันตามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปให้กับระบบ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ และ 18.6 โวลต์ มีการถ่ายเทความร้อนออกมาในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และยังมีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอื่นๆ อีกด้วย

5.3.2 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071

m/s

(1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบนกับช่วงเวลา(วินาที)

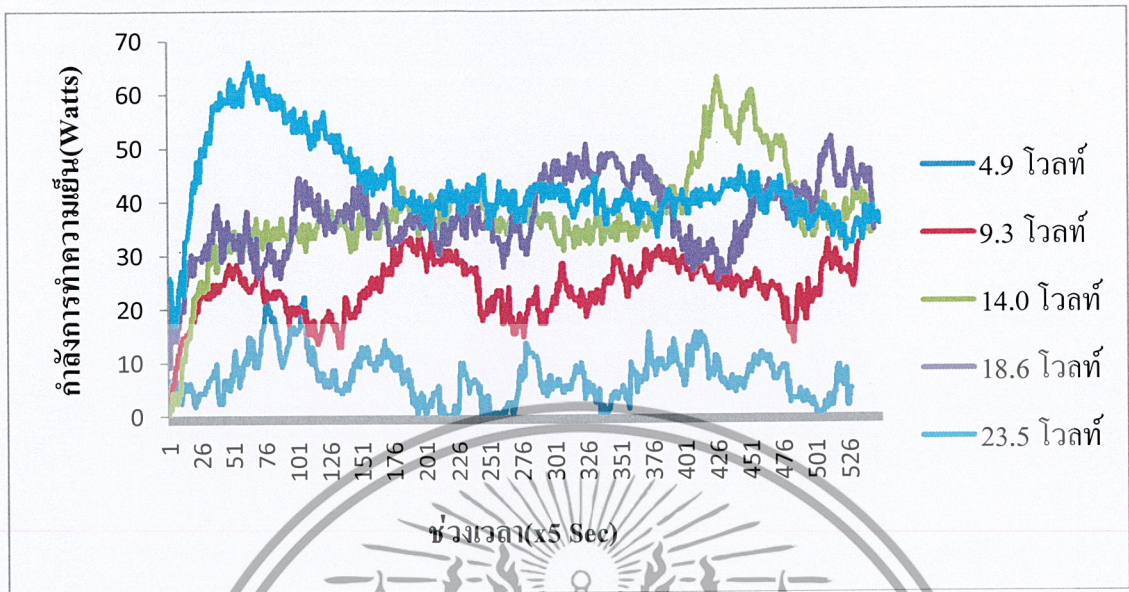


รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบนกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเริ่มต้นของการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ PELTIER ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจจะมีค่าแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER และในช่วงเวลาประมาณ 70 ช่วงเวลา(350 วินาที) จะเริ่มมีความร้อนสะสมมากขึ้นที่ครีบบ ส่งผลให้กราฟค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจึงมีความชันลดลง ทำให้อุณหภูมิจึงมีความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14.0 โวลต์, 18.6 โวลต์ และ 23.5 โวลต์ มีความแตกต่างของอุณหภูมิจึงใกล้เคียงกัน โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจึงมีค่าที่แปรผันกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จ่ายเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

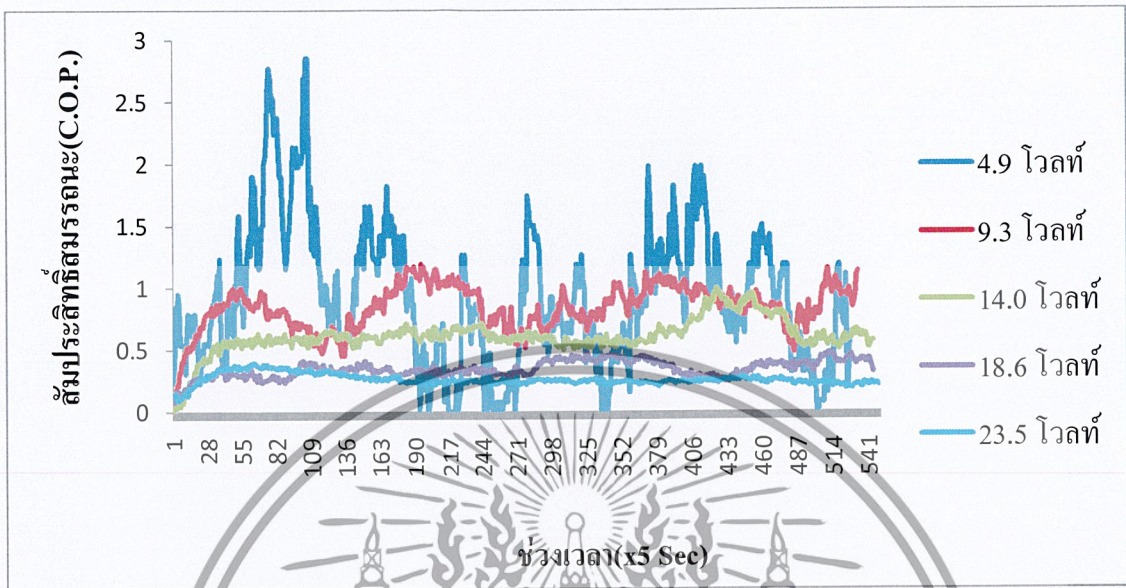
(2) กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังการทำความร้อน (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความร้อน (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังในการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของกราฟและจะเริ่มลดลง ในช่วงเวลาประมาณ 70 ช่วงเวลา (350 วินาที) เนื่องจากมีการสะสมของความร้อนที่บริเวณครีบริบายความร้อนมากขึ้น จนทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER นั้นลดลง ส่งผลให้กำลังการทำความร้อนนั้นลดลงตามไปด้วย โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14.0 โวลต์, 18.6 โวลต์ และ 23.5 โวลต์ มีกำลังการทำความร้อนที่ใกล้เคียงกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีกำลังในการทำความเย็นที่ต่ำที่สุดอย่างเห็นได้ชัด

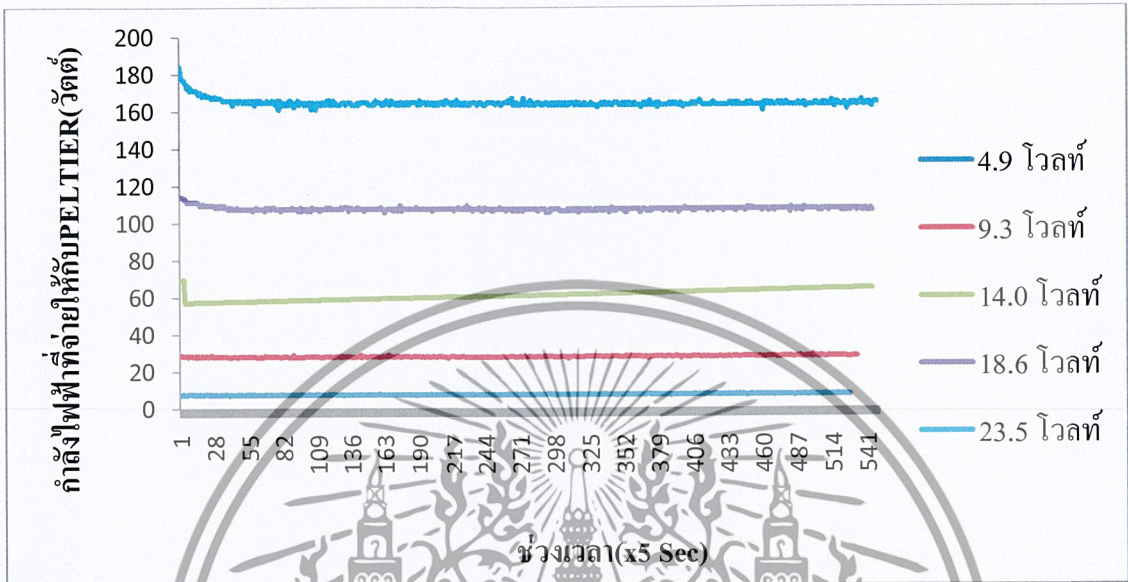
(3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบเทียบกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบ เทียบกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) เฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากแม้จะทำความเย็นได้น้อย แต่ก็มีการใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) มีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าค่าอื่นๆ

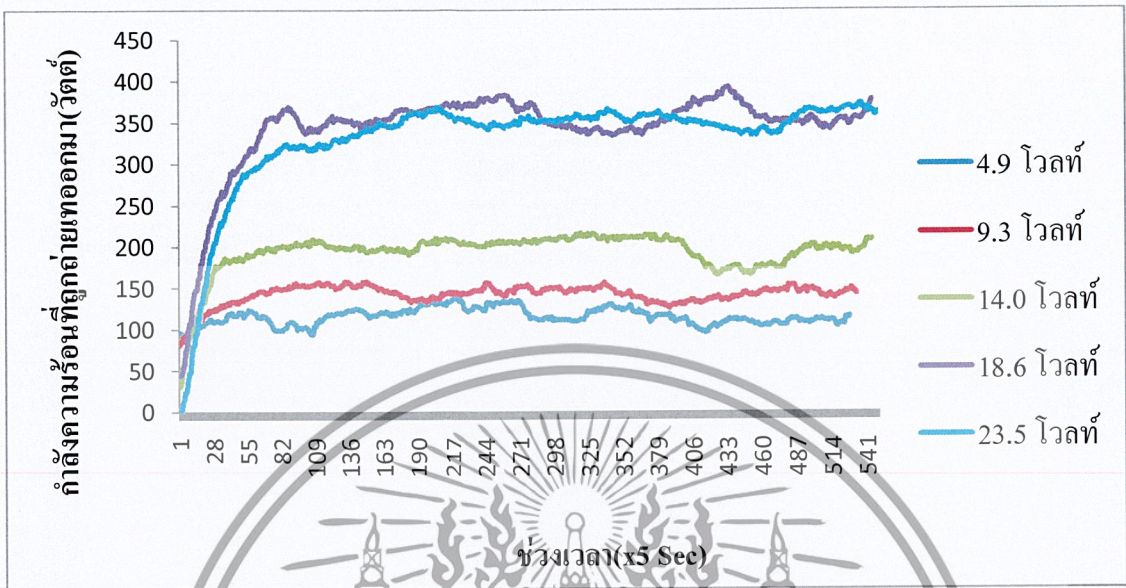
(4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับ ช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นมีขนาดที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและก็ยังไม่ได้ขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อนำกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ไปเทียบกับรูปที่ 5.8

(5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



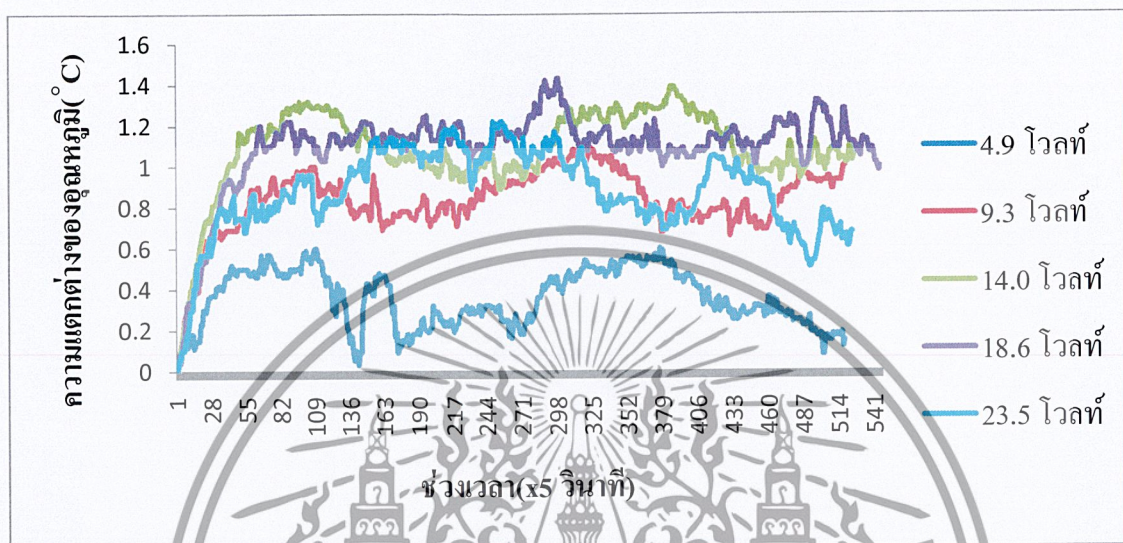
รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากระบบนั้นมีค่าที่แปรผันตามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปให้กับระบบ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ และ 18.6 โวลต์ มีการถ่ายเทความร้อนออกมาในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และยังมีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดอีกด้วย

5.3.3 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040

m/s

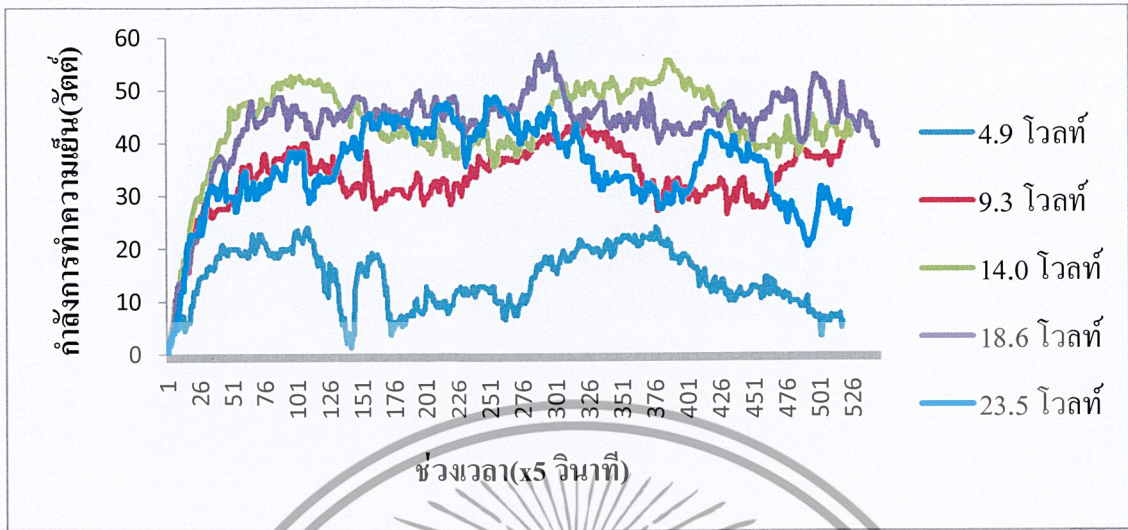
(1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบนกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบน (°C) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ในช่วงเริ่มต้นของการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับ PELTIER ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจะมีค่าแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER และในช่วงเวลาประมาณ 80 ช่วงเวลา (400 วินาที) จะเริ่มมีความร้อนสะสมมากขึ้นที่ครีบบน ส่งผลให้กราฟค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมิมีความชันลดลง ทำให้อุณหภูมิความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่ำที่สุด โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมินั้น มีค่าที่แปรผันกับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จ่ายเข้าไป

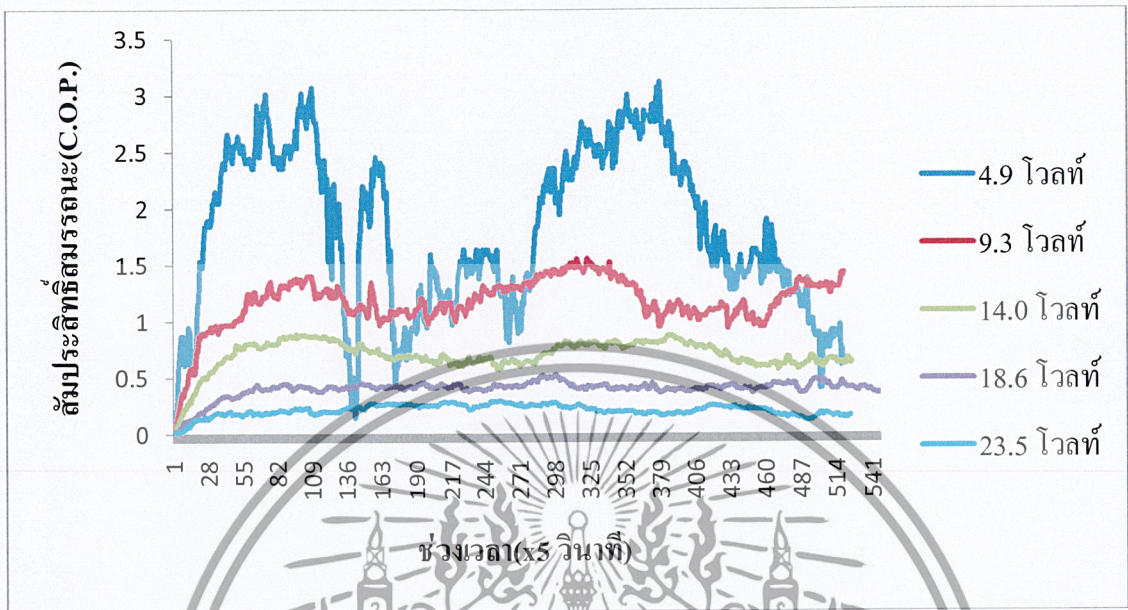
(2) กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่ากำลังในการทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของกราฟและจะเริ่มลดลง ในช่วงเวลาประมาณ 80 ช่วงเวลา(400 วินาที) เนื่องจากมีการสะสมของความร้อนที่บริเวณครีบริบายความร้อนมากขึ้น จนทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER นั้นลดลง ส่งผลให้กำลังการทำความเย็นนั้นลดลงตามไปด้วย โดยที่แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ที่มีกำลังในการทำความเย็นที่ต่ำที่สุดอย่างเห็นได้ชัด

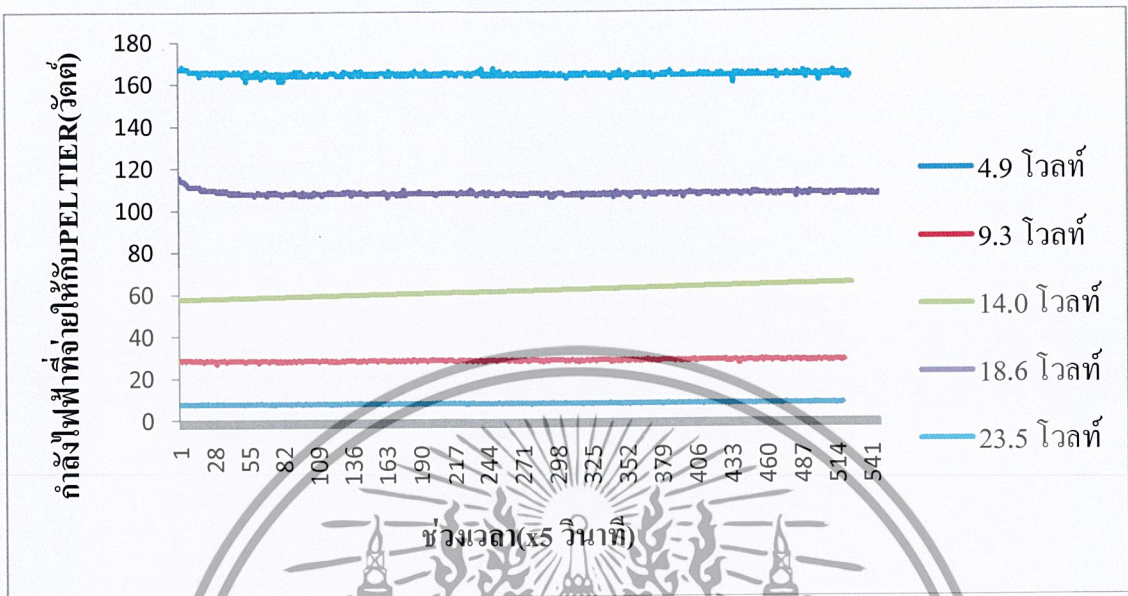
(3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบเทียบกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบ เทียบกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) สูงที่สุด เนื่องจากแม้จะทำความเย็นได้น้อย แต่ก็มีการใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) มีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าค่าอื่นๆ

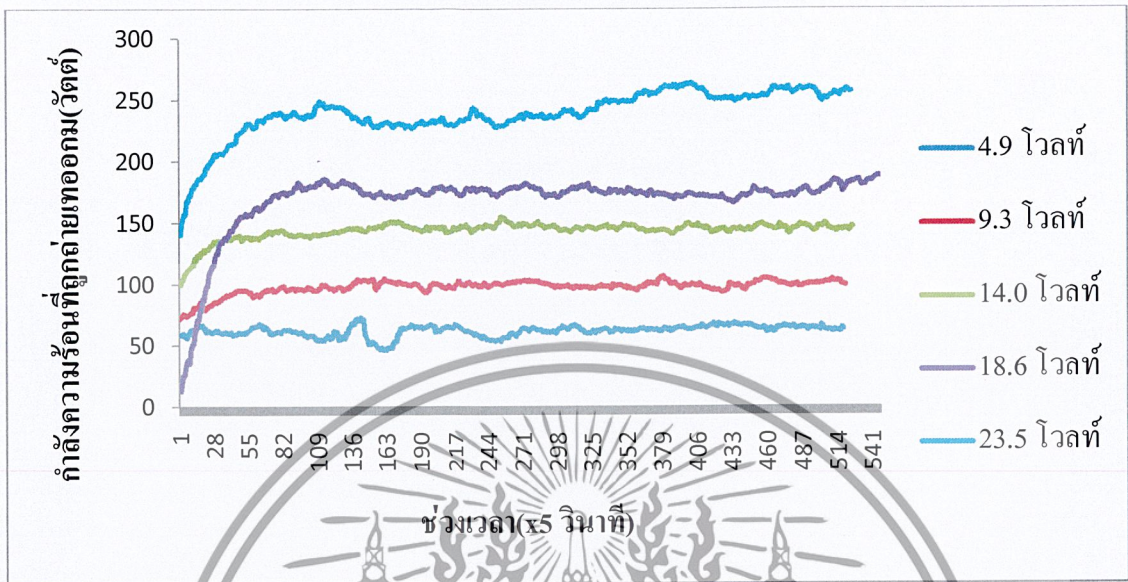
(4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับ
ช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นมีขนาดที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและก็ยังไม่ได้ขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อนำกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ไปเทียบกับรูปที่ 5.13

(5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



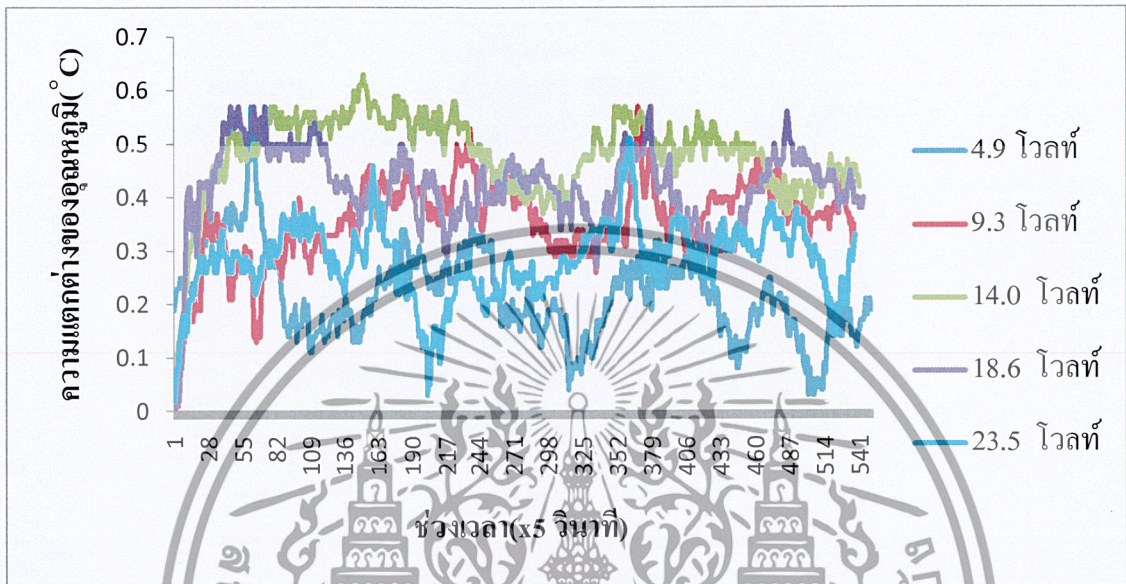
รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากระบบนั้นมีค่าที่แปรผันตามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปให้กับระบบ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ การถ่ายเทความร้อนออกมามีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดอีกด้วย

5.3.4 ผลการทดสอบของ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071

m/s

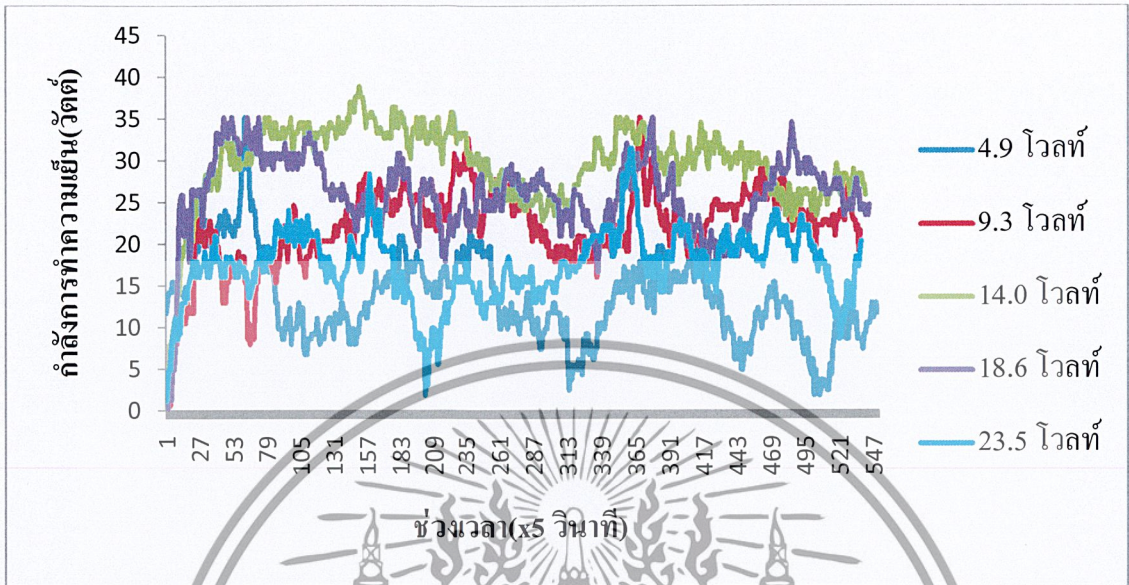
(1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบนกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านครีบบน (°C) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าขนาด 14.0 โวลต์ ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงที่สุด ซึ่งไม่เหมือนกับ PELTIER ขนาดอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เนื่องมาจากครีบบนระบายความร้อนไม่สามารถระบายความร้อนออกมาได้ทันกับปริมาณความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นมาจาก PELTIER ขนาด 172 วัตต์ จึงทำให้เกิดการสะสมของความร้อนทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER ลดลง

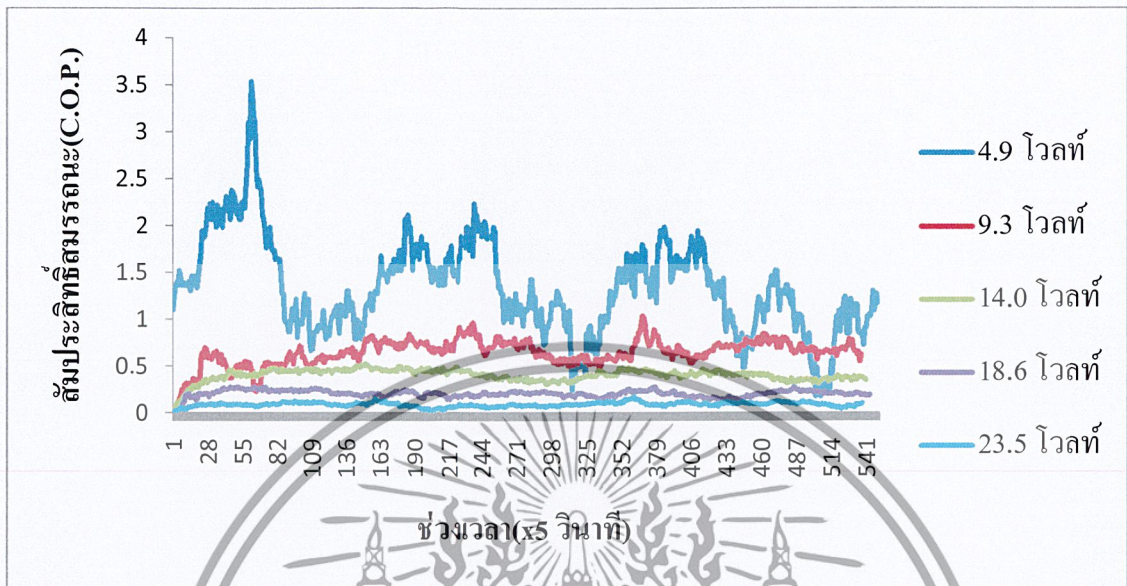
(2) กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการทำความเย็น (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้านั้นไม่มีผลกับกำลังการทำความเย็น โดยจะเห็นว่าที่แรงดันไฟฟ้าขนาด 14.0 โวลต์ มีกำลังในการทำความเย็นที่สูงสุด ซึ่งไม่เหมือนกับ PELTIER ขนาดอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เนื่องมาจากคริสตัลระบายความร้อนไม่สามารถระบายความร้อนออกมาได้ทันกับปริมาณความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นมาจาก PELTIER ขนาด 172 วัตต์ จึงทำให้เกิดการสะสมของความร้อนทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER ลดลง

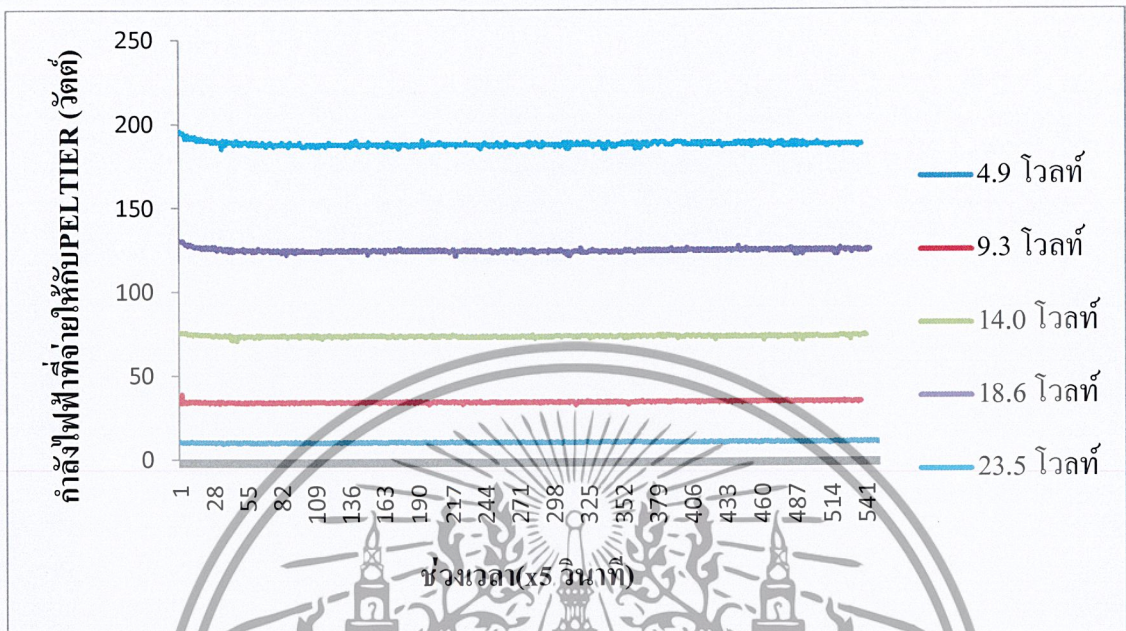
(3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบเทียบกับช่วงเวลา(วินาที)



รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบ เทียบกับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ สามารถให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) เฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากแม้จะทำความเย็นได้น้อย แต่ก็มีการใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณน้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) มีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าค่าอื่นๆ

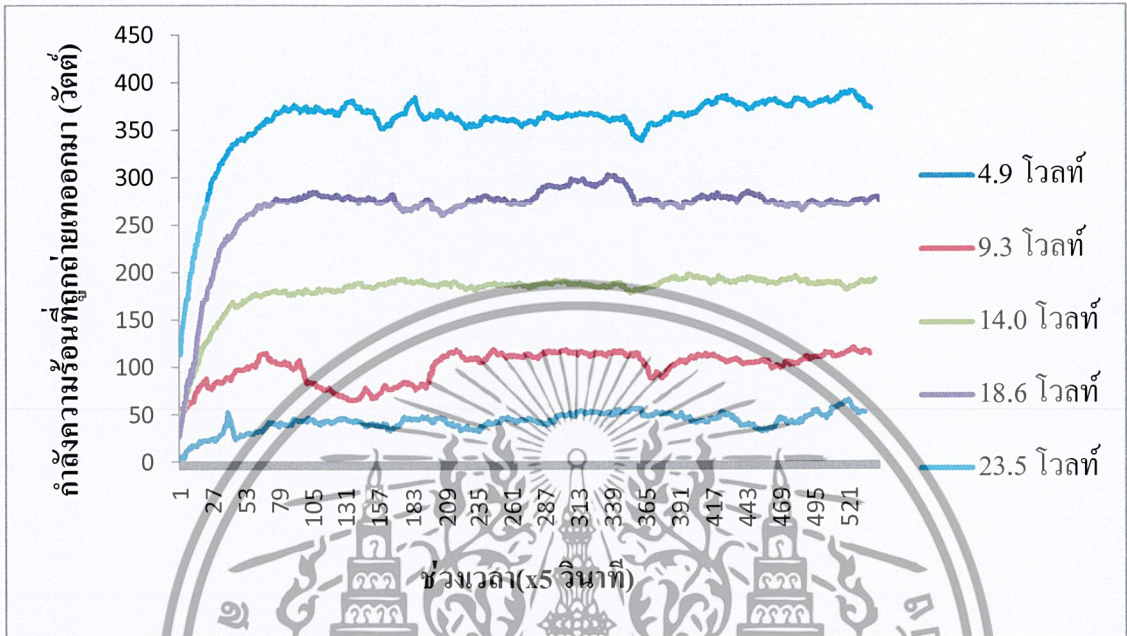
(4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นมีขนาดที่ค่อนข้างคงที่ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและก็ยังไม่ได้ขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อนำกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ไปเทียบกับรูปที่ 5.18

(5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (วัตต์) กับช่วงเวลา (วินาที)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า กำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากระบบนั้นมีค่าที่แปรผันตามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปให้กับระบบ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ การถ่ายเทความร้อนออกมา มีค่าที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าอื่นๆ อย่างเห็น ได้ชัดอีกด้วย

5.3 ตารางผลการทดสอบ

	อุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านคริสเย็น			
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	80 (0.071kg/s)	120 (0.040 kg/s)	120 (0.071 kg/s)	120 (0.071kg/s)
4.9	0.2380	0.3554	0.1165	0.2103
9.3	0.3700	0.8336	0.3842	0.3579
14.0	0.5231	1.0876	0.6062	0.4811
18.6	0.6894	1.0916	0.6026	0.4193
23.5	0.5837	0.8788	0.6980	0.2820

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าอุณหภูมิความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านคริสเย็นเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ

จากตารางค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างลมออกกับลมเข้าทางด้านคริสเย็น (ตาราง 5.1) พบว่าที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.04 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีอุณหภูมิความแตกต่างที่สูงสุดที่ 1.0916 °C และที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071kg/s และแรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีอุณหภูมิความแตกต่างที่น้อยที่สุด ที่ 0.1165 °C

	กำลังทำความเย็น (วัตต์)			
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	80 (0.071kg/s)	120 (0.040 kg/s)	120 (0.071 kg/s)	120 (0.071kg/s)
4.9	14.6876	14.1795	7.1927	13.5281
9.3	22.8313	33.2605	23.7238	22.0822
14.0	32.2738	43.3962	37.4020	29.6810
18.6	42.5364	43.6264	37.1808	25.8720
23.5	36.0157	35.1310	43.0677	17.4000

ตารางที่ 5.2 แสดงค่ากำลังทำความเย็น เฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางค่าเฉลี่ยกำลังทำความเย็น (ตาราง 5.2) พบว่า PELTIER ขนาด 80 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีกำลังทำความเย็นที่สูงสุดที่ 43.6264 วัตต์ และที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071kg/s และแรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีกำลังทำความเย็นที่น้อยที่สุด ที่ 7.1927 วัตต์

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.)			
	80 (0.071kg/s)	120 (0.040 kg/s)	120 (0.071 kg/s)	120 (0.071kg/s)
4.9	0.5746	1.8190	0.9190	1.3440
9.3	1.1555	1.1770	0.8390	0.6467
14.0	0.7322	0.7070	0.6100	0.4048
18.6	0.5667	0.4050	0.3450	0.2078
23.5	0.3241	0.2140	0.2620	0.0926

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ของระบบเฉลี่ยที่สภาวะต่างๆ

จากตารางค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) (ตาราง 5.3) พบว่า PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ที่สูงที่สุดที่ 1.8190 และที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ที่น้อยที่สุด ที่ 0.2078

	กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (วัตต์)			
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	80 (0.071kg/s)	120 (0.040 kg/s)	120 (0.071 kg/s)	120 (0.071kg/s)
4.9	25.5629	7.8033	7.8284	10.0650
9.3	19.7734	28.2734	28.2882	34.1575
14.0	44.0842	61.2990	61.2415	73.3496
18.6	75.1133	107.7737	107.7606	124.5776
23.5	111.2259	164.2434	164.6265	188.0511

ตารางที่ 5.4 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER เฉลี่ยที่สถานะต่างๆ

จากตารางค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER (ตาราง 5.4) พบว่า ที่ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ มีค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ที่สูงสุดที่ 188.0511 วัตต์ และที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ PELTIER ที่น้อยที่สุด ที่ 7.8033 วัตต์

	กำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเท (วัตต์)			
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	80 (0.071kg/s)	120 (0.040 kg/s)	120 (0.071 kg/s)	120 (0.071kg/s)
4.9	74.3462	61.9564	115.6045	42.6471
9.3	118.1845	97.7005	142.1346	100.3573
14.0	157.4276	143.5133	193.0939	181.2497
18.6	222.7920	168.3561	342.1112	267.6850
23.5	223.8640	238.7175	329.5666	358.4311

ตารางที่ 5.5 แสดงค่ากำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาเฉลี่ยที่สถานะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางค่ากำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมา (ตาราง 5.5) พบว่า ที่ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 23.5 โวลต์ มีค่ากำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาที่สูงสุดที่ 358.4311 วัตต์ และที่ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ ที่ อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 4.9 โวลต์ มีค่ากำลังความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาที่น้อยที่สุดที่ 42.6471 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดสอบและปัญหาที่พบ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิลมออกกับลมเข้าทางด้านคริสเย็น และกำลังการทำความเย็น(Watt) มีค่าแปรผันกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) จะแปรผกผันกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบและอัตราการไหลของมวลอากาศ เนื่องจากที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำ PELTIER จะมีปริมาณความร้อนที่ออกมาจากแผ่นในปริมาณที่ต่ำ เกิดการสะสมความร้อนที่คริสต่ำ ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของ PELTIER นั้นต่ำตามไปด้วย ซึ่งทำให้ค่าความแตกต่างระหว่างผิวของ PELTIER ทั้งสองด้านมีค่าอุณหภูมิแตกต่างที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูง ทำให้ประสิทธิภาพของ PELTIER ดีขึ้น

สำหรับอัตราการไหลของมวลอากาศที่มีค่าน้อยจะให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) มากกว่าอัตราการไหลของมวลอากาศที่มีค่ามาก เมื่อเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าเดียวกัน เนื่องจากอัตราการไหลที่ต่ำส่งผลให้มีอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของคริส มีมากกว่าอัตราการไหลของมวลอากาศที่มีค่ามาก

สำหรับขนาด PELTIER ที่เหมาะสมที่สุดกับคริสระบายความร้อนคือขนาด 120 วัตต์ เนื่องจากมีการระบายความร้อนออกจาก PELTIER ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเมื่อ PELTIER ขนาด 172 วัตต์ จะทำให้เกิดสะสมความร้อนที่บริเวณคริสระบายความร้อนทำให้อุณหภูมิบริเวณ PELTIER สูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของ PELTIER ลดลง

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ที่ PELTIER ขนาด 80 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีกำลังทำความเย็นที่สูงสุดที่ 43.6264 วัตต์ และที่ PELTIER ขนาด 120 วัตต์ ที่อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.040 kg/s และแรงดันไฟฟ้า 18.6 โวลต์ มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (C.O.P.) ที่สูงสุดที่ 1.8190

6.2 ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

6.2.1 แผ่น PELTIER ที่เลือกใช้ครั้งแรกขนาด 120 วัตต์ ทดสอบได้ชุดข้อมูล 2 ชุด(อัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071, 0.040 kg/s) แต่เนื่องจาก PELTIER ขนาด 80, 172 วัตต์ต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีเวลาไม่เพียงพอที่จะทดสอบโดยใช้อัตราการไหลของมวลอากาศทั้งสองค่า ทางผู้เขียนจึงได้เลือกทำการทดลองเฉพาะค่าอัตราการไหลของมวลอากาศ 0.071 kg/s

ข้อเสนอแนะ : ควรนำเข้า PELTIER ทั้งสามชนิดมาพร้อมกันหรือดูความเหมาะสมของจำนวนข้อมูลของ PELTIER ที่ 120 วัตต์ และวิเคราะห์หว่าที่จำนวนข้อมูลเท่าใด ค่าที่ศึกษาเริ่มเสถียรและนำข้อมูลที่ได้ออกไปวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจในการลดจำนวนการเก็บข้อมูลของ PELTIER ที่ 80 และ 172 วัตต์

6.2.1 ค่าข้อมูลที่พล็อตเป็นเส้นกราฟ จะเห็นได้ว่า มีค่าไม่คงที่(Steady) เส้นกราฟมีลักษณะแกว่งไปมาอันเนื่องมาจาก ค่าของข้อมูลที่ใช้ในการพล็อตมีปริมาณที่มาก และในห้องที่ทำการทดสอบมีการเปิดปิดประตูห้องทดสอบเนื่องมาจากมีผู้คนเดินเข้าออกตลอดเวลา

ข้อเสนอแนะ : ควรทำการทดลองในห้องปิดที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ให้คงที่ตลอดเวลา และควรมีอุปกรณ์ที่พอเพียงต่อการวัดค่าต่างๆทุกจุด เพื่อไม่ให้ขณะเก็บค่าของการทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น

6.2.3 ค่าการระบายความร้อนครีบบังไม่เพียงพอ เนื่องจากครีบบังที่ใช้อาจจะมีลักษณะที่ยังไม่เหมาะสม ทำให้ค่ากำลังการทำความเย็นมีค่าที่น้อยเมื่อเทียบกับกำลังการทำความเย็นสูงสุด

ข้อเสนอแนะ : ควรทำการคำนวณเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของครีบบัง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกซื้อครีบบังระบายความร้อน และเนื่องจากการผลิตครีบบังระบายความร้อนนั้น ต้องใช้ต้นทุนที่สูง จึงควรจัดหาครีบบังระบายความร้อนที่เป็นแบบประกอบต่อกัน เพื่อให้ง่ายต่อการเพิ่มหรือลดพื้นที่หน้าตัดของครีบบัง

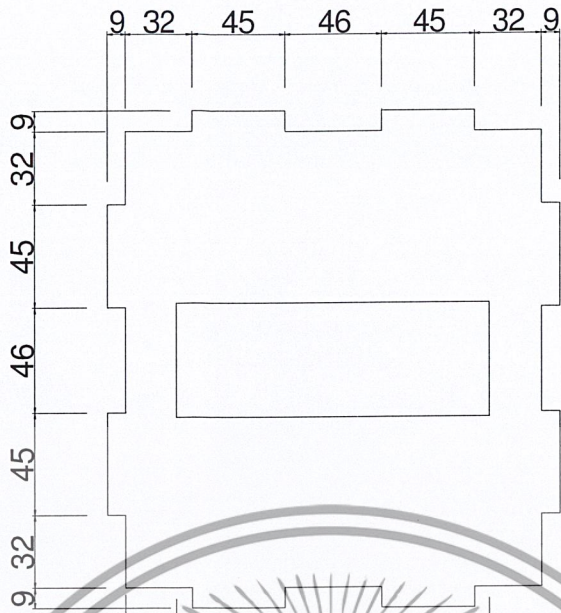
บรรณานุกรม

- [1] รศ. ดร. พงษ์เจต พรหมวงษ์, “การถ่ายเทความร้อน”, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] รักชัย คงสมฤทธิ, วินิจ ใจบุญ, เอกชัยธนาภีวัฒน์, “การทดสอบสมรรถนะการแลกเปลี่ยนความร้อนของครีประบายความร้อนหม้อน้ำรถยนต์”, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปรินญาณิพนธ์ ปีการศึกษา 2547
- [3] Yunas A. Cengel, Michael A. Boles: “*Thermodynamics: An Engineering Approach*”, Mc Graw Hill, 2006
- [4] Sara Godfrey, “*An introduction to thermoelectric coolers*”, www.electronics-cooling.com, September, 1996.
- [5] TEC Microsystems, “*Thermoelectric Coolers Basic*”, www.tec-microsystems.com, 2010.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

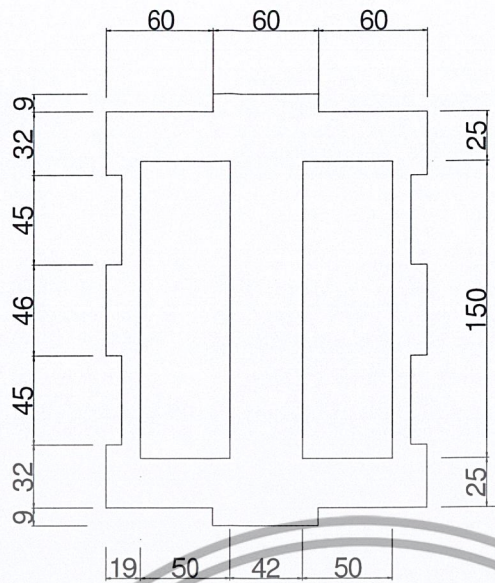


แบบบริเวณด้านบนของชุดทดสอบส่วนกลาง 2 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)



แบบบริเวณด้านหน้าของชุดทดสอบส่วนกลาง 2 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

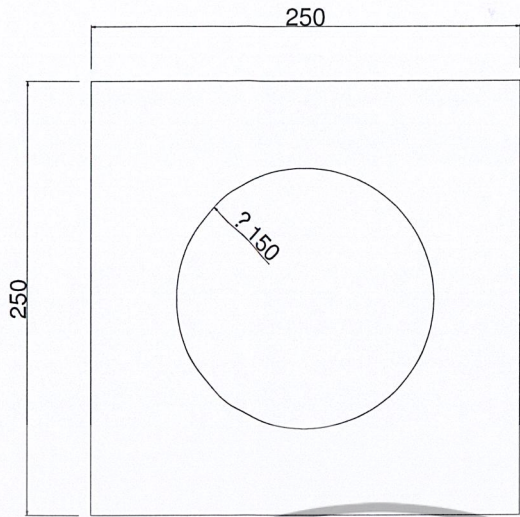


แบบบริเวณด้านข้างของชุดทดสอบส่วนกลาง 2 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)



แบบบริเวณแผ่นคั่นกลางของชุดทดสอบส่วนกลาง 2 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

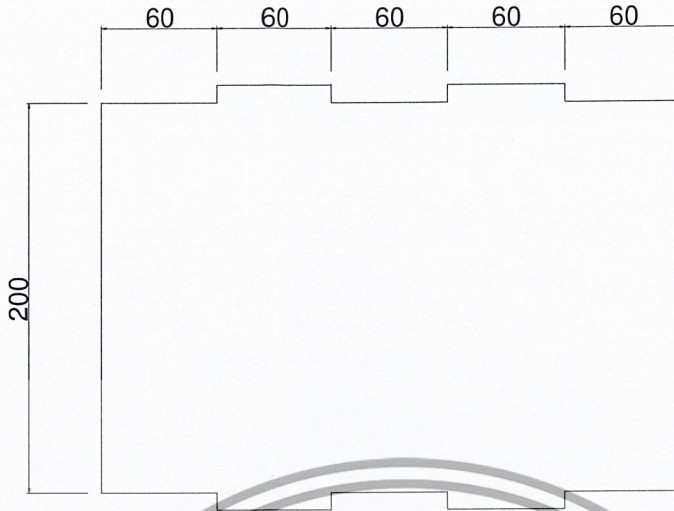


หน้าแปลนยึดติดพัดลม 4 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)



ส่วนประกอบแผ่นช่องข้าวของลม 4 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

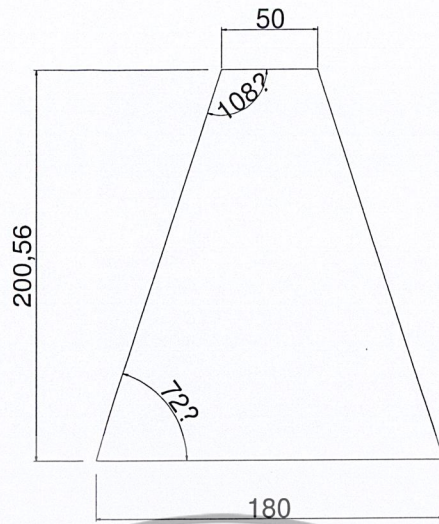


ส่วนประกอบแผ่นช่องข้างของสม 4 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)



ส่วนประกอบของช่องอากาศแบบ NOZZLE 4 แผ่น (หน่วย : มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนประกอบของช่องอากาศแบบ NOZZLE 4 แผ่น (หน่วย: มิลลิเมตร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

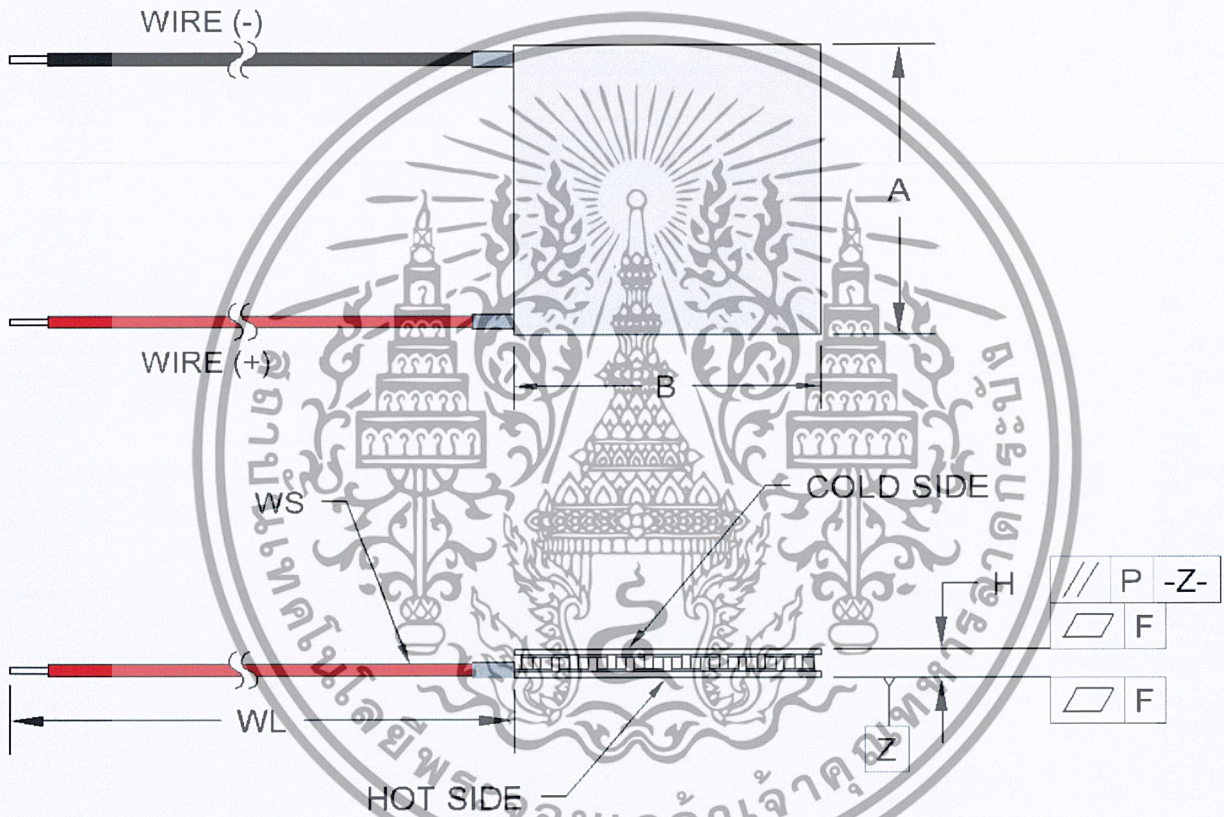


ภาคผนวก ข

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HP-199-1.4-1.5 Thermoelectric Module (Peltier Module) Specifications		Material Specifications (27 °C hot side temperature)	Material Specifications (50 °C hot side temperature)	Module <i>material</i> specifications are nominal values based on the hot-side temperature indicated. Thermoelectric material parameter tolerance is +/-10%. In no case should the module temperature be allowed to exceed its maximum operation/storage temperature. Please review all product and technical information, <i>Thermoelectric Module Mounting Procedure</i> , FAQ's and ordering information posted on our website before purchasing or using this product.
	Vmax (V)	24.9	27.6	
	I _{max} (A)	6.1	6.1	
	Q _{max} (W)	94.0	103.1	
	DT _{max} (°C)	70	79	
	Operation/storage temperature	-40 °C to +80 °C		



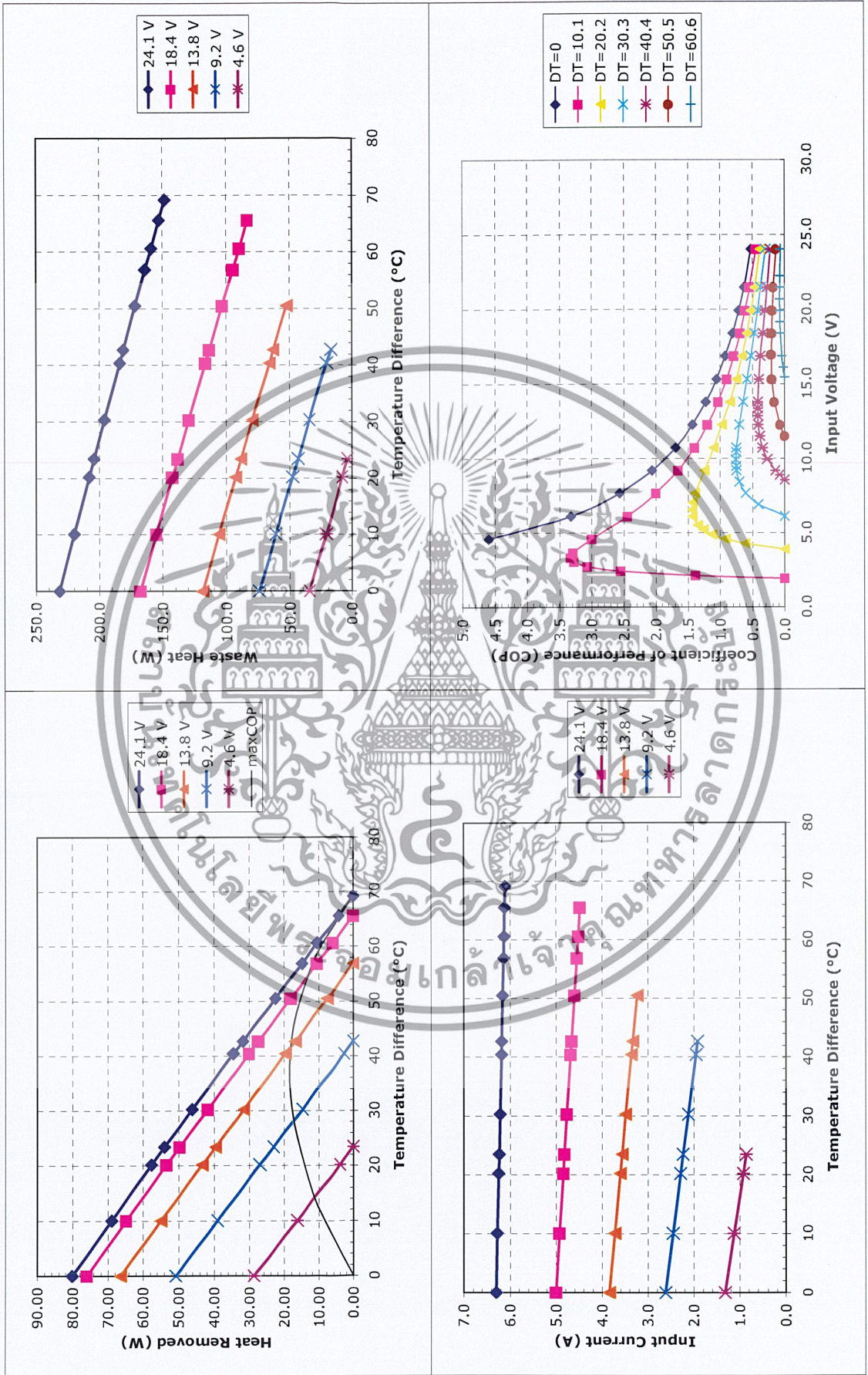
Width, A (mm)	40 +0.5/-0.2
Width, B (mm)	40 +0.5/-0.2
Height, H (mm)	4.1 ±0.05
Flatness, F (mm)	0.02
Parallelism, P (mm)	0.03
Wire Size, WS (mm ²)	0.35
Wire Length, WL (mm)	120

Optional Features and Notes:
Add "P" to part number for sealing module with epoxy potting.

Performance graphs include thermal resistance of substrates.

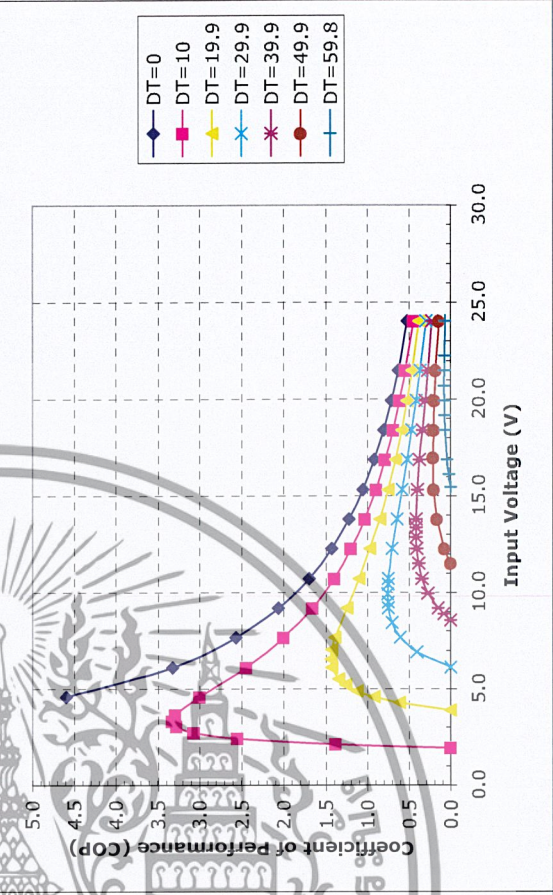
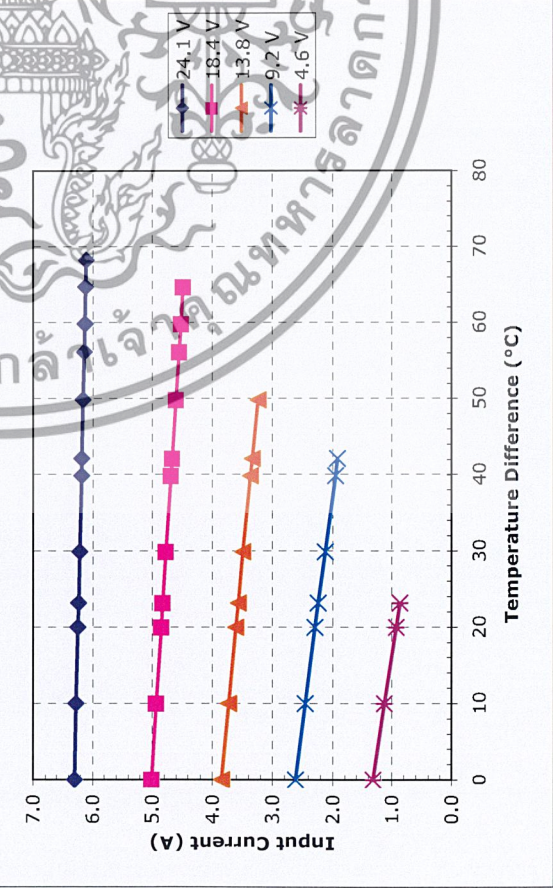
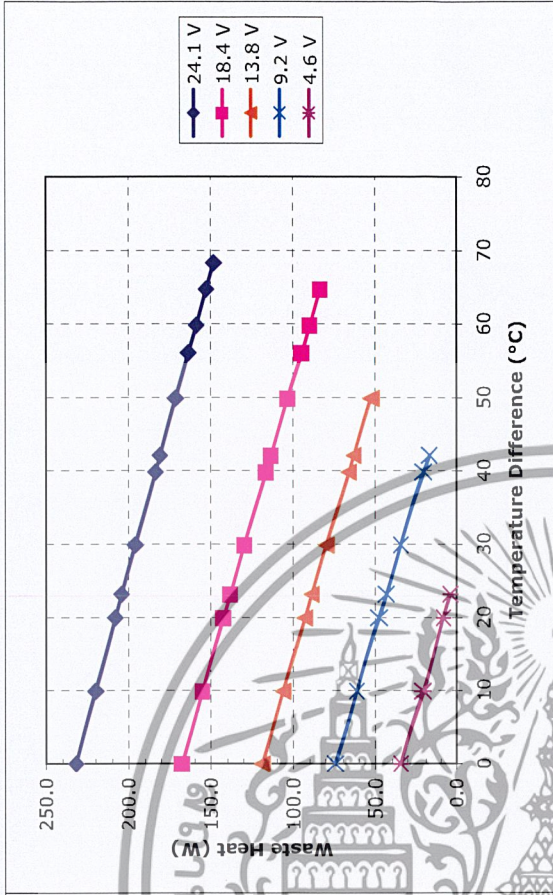
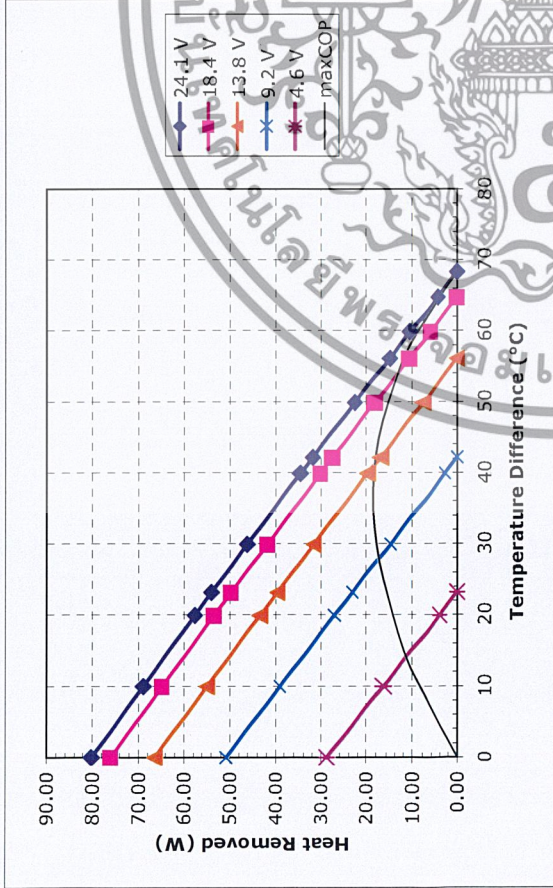
RoHS Compliant
Directive 202/95/EC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

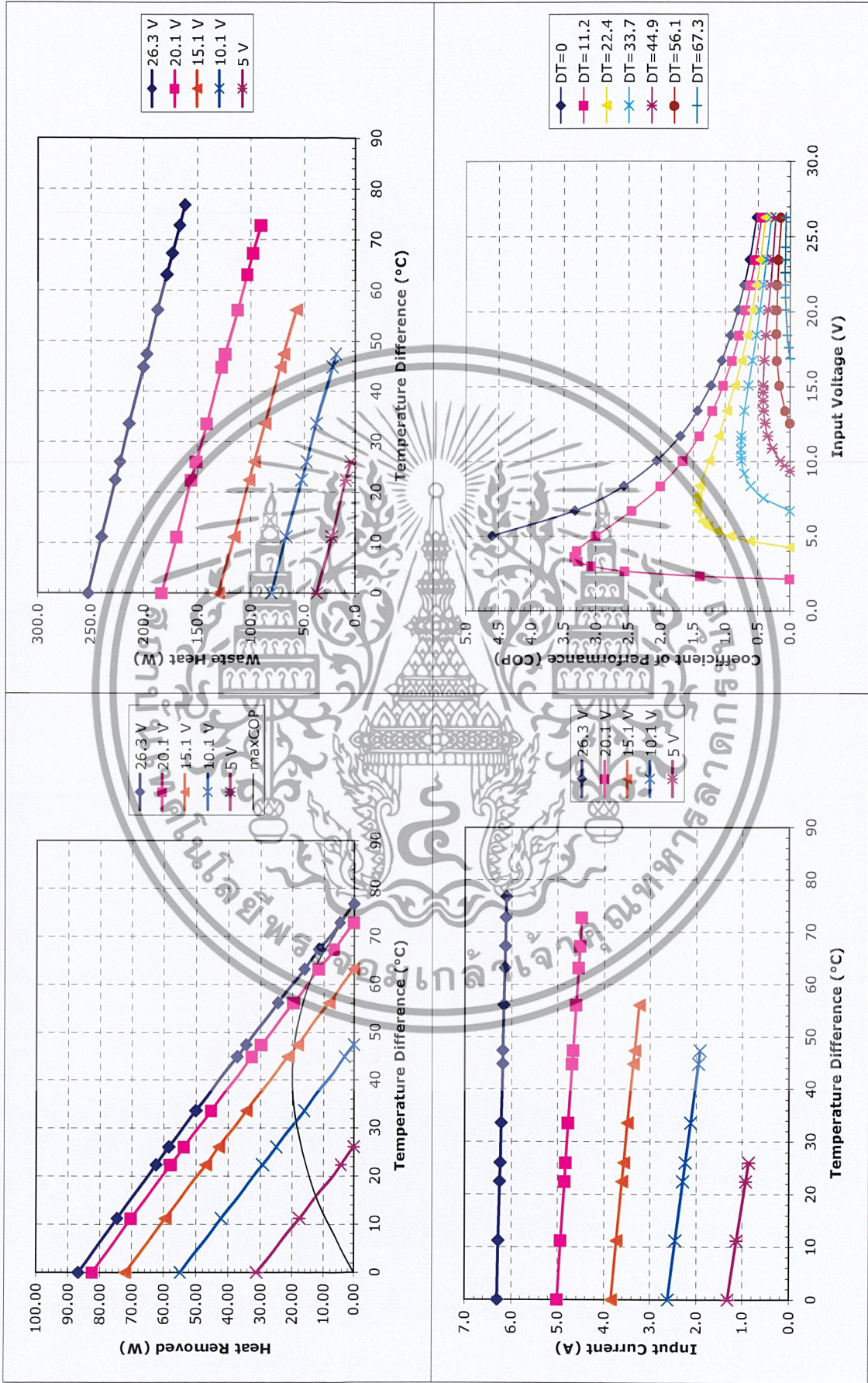


Unpotted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

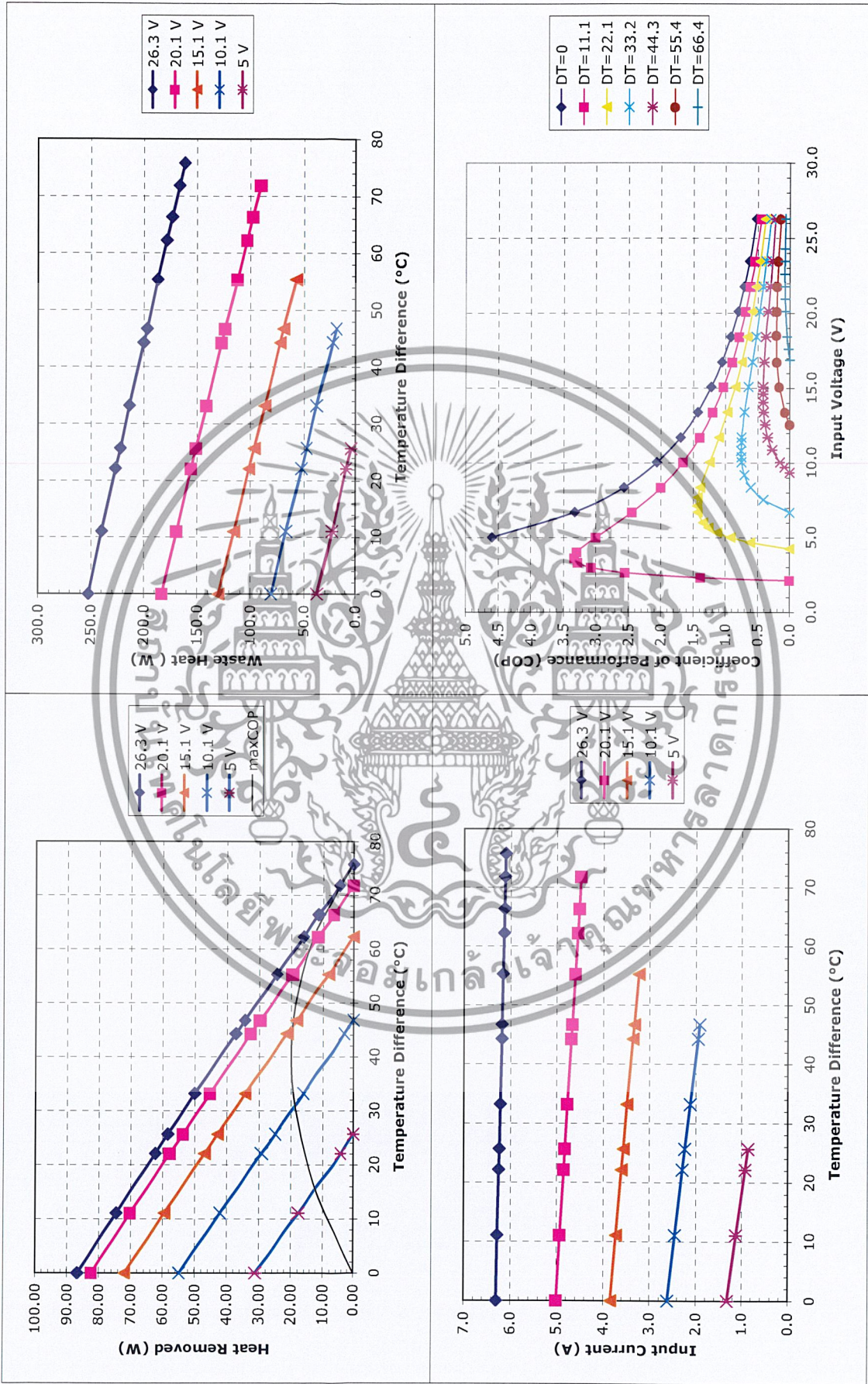


Potted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 30 °C



Unpotted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกานำไปใช้

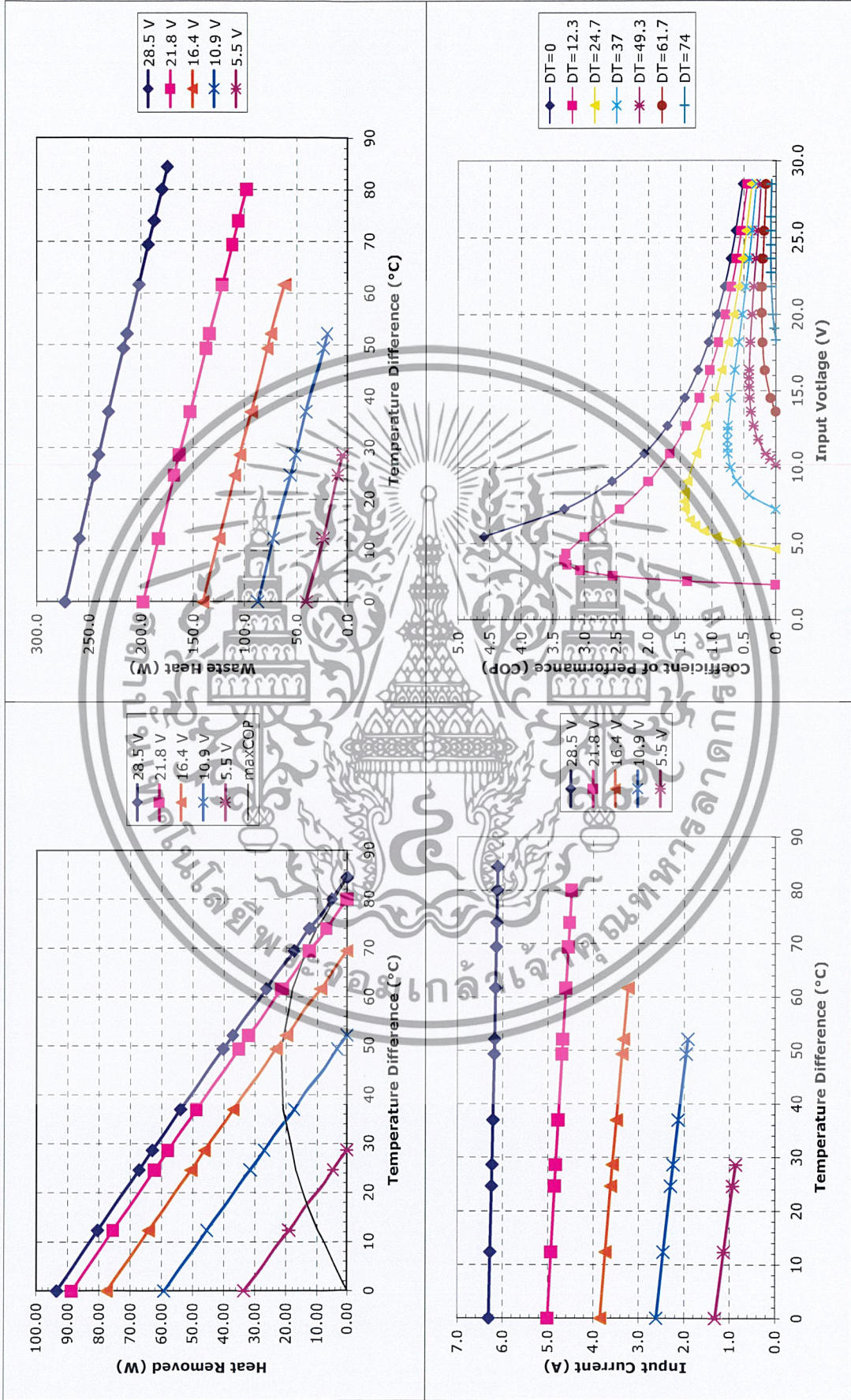


Potted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



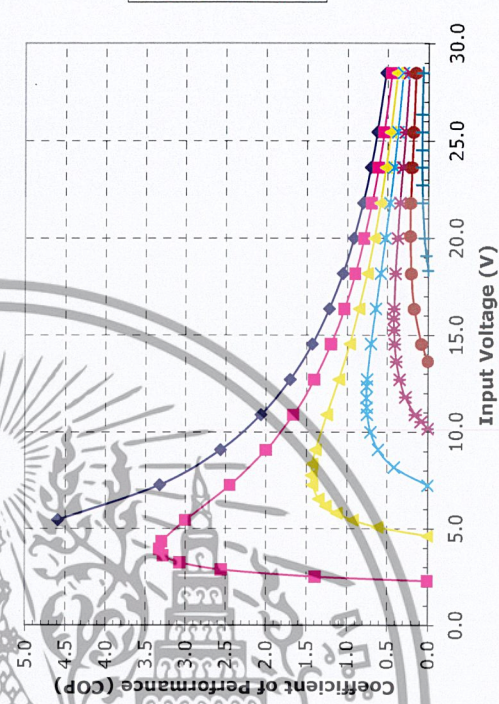
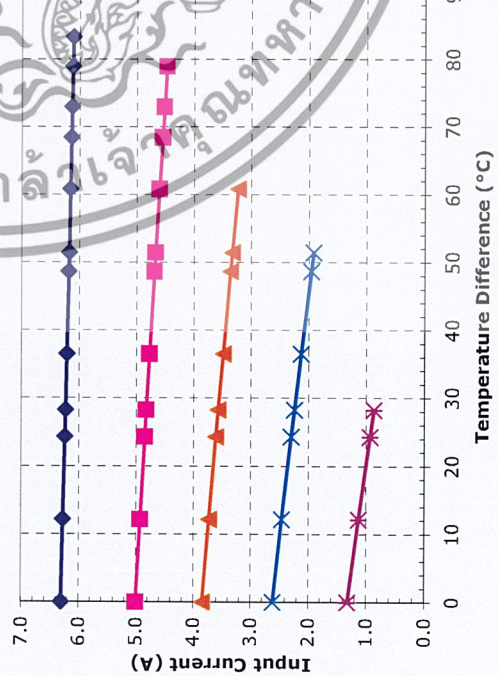
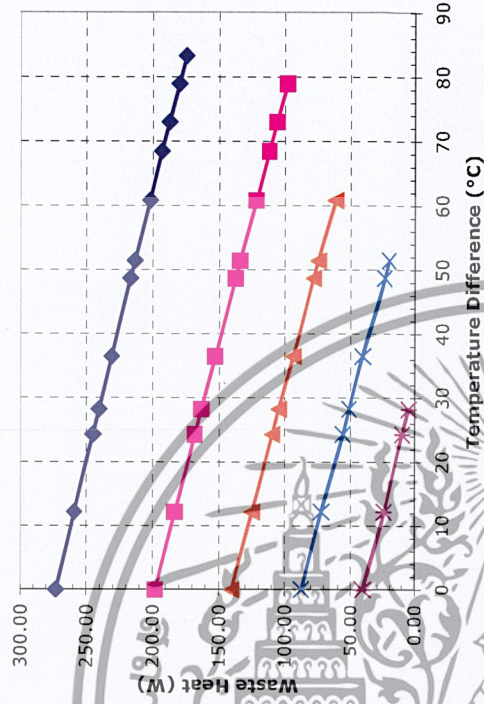
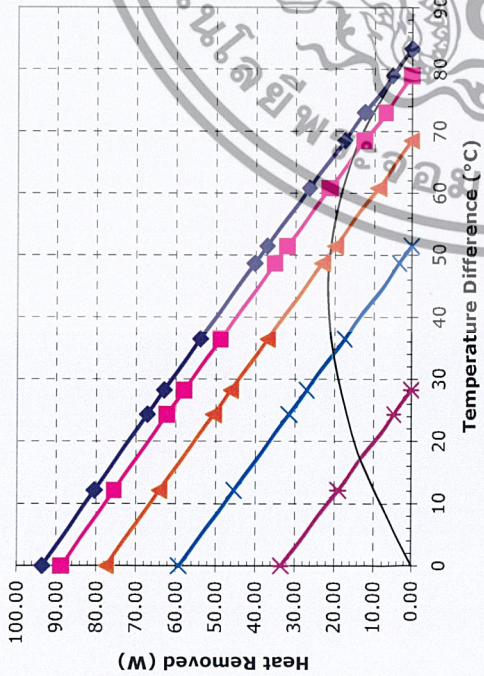
1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@tetech.com



Unpotted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 70 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Potted HP-199-1.4-1.5 at a hot-side temperature of 70 °C

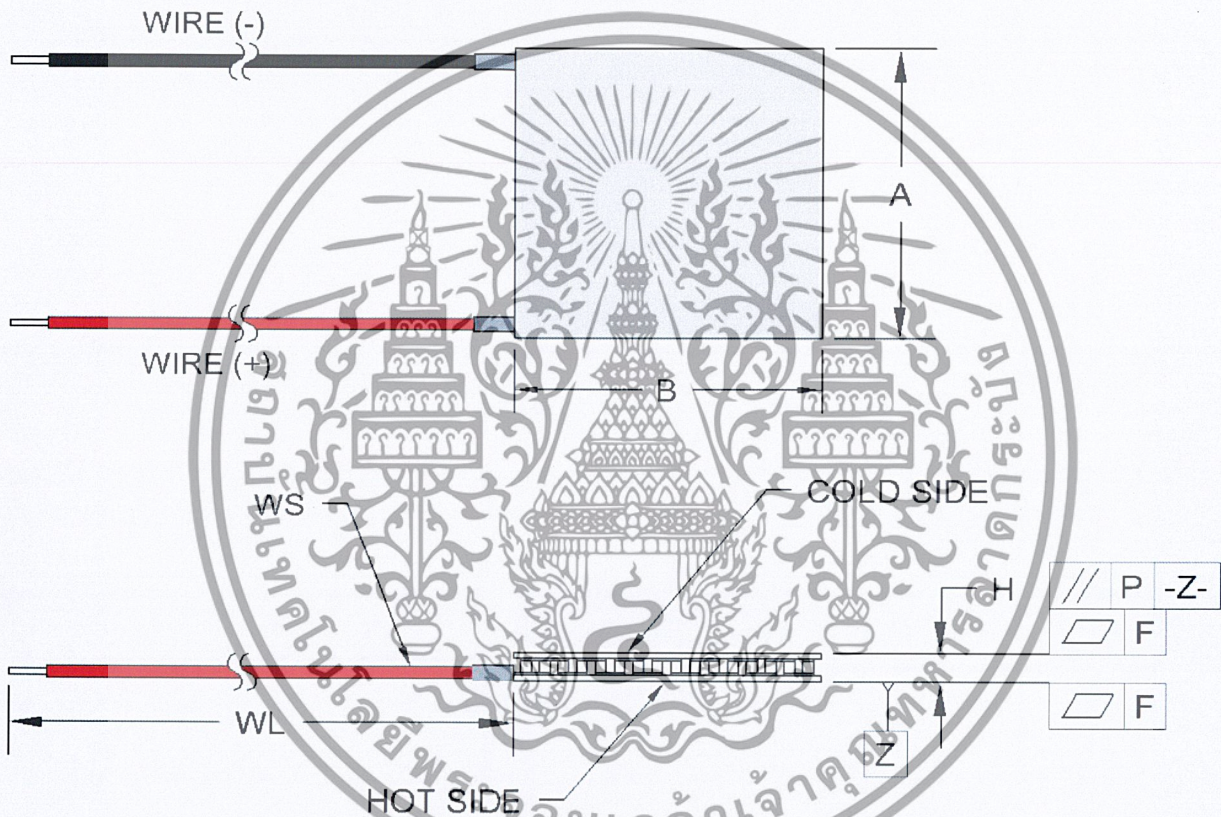
**HP-199-1.4-1.15
Thermoelectric Module
(Peltier Module)
Specifications**

	Material Specifications (27 °C hot side temperature)	Material Specifications (50 °C hot side temperature)
Vmax (V)	24.6	27.3
I _{max} (A)	7.9	7.9
Q _{max} (W)	120.0	131.7
DT _{max} (°C)	69	78
Operation/storage temperature	-40 °C to +80 °C	

Module *material* specifications are nominal values based on the hot-side temperature indicated. Thermoelectric material parameter tolerance is +/-10%.

In no case should the module temperature be allowed to exceed its maximum operation/storage temperature.

Please review all product and technical information, *Thermoelectric Module Mounting Procedure*, FAQ's and ordering information posted on our website before purchasing or using this product.



Width, A (mm)	40 +0.5/-0.2
Width, B (mm)	40 +0.5/-0.2
Height, H (mm)	3.6 ±0.05
Flatness, F (mm)	0.02
Parallelism, P (mm)	0.03
Wire Size, WS (mm ²)	0.35
Wire Length, WL (mm)	120

Optional Features and Notes:

Add "P" to part number for sealing module with epoxy potting.

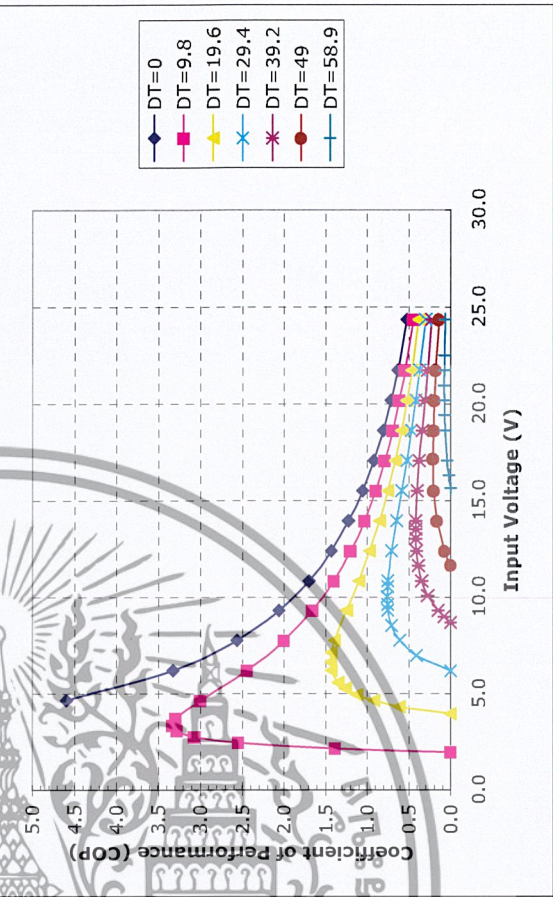
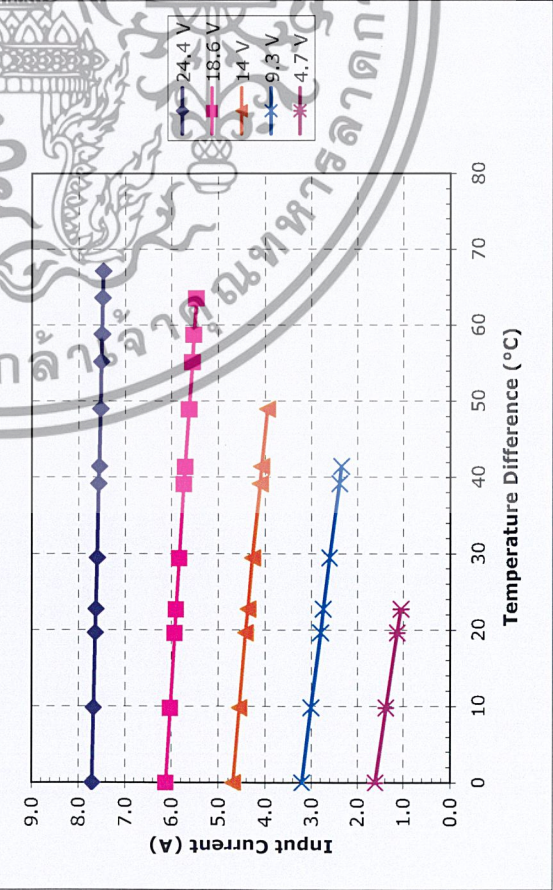
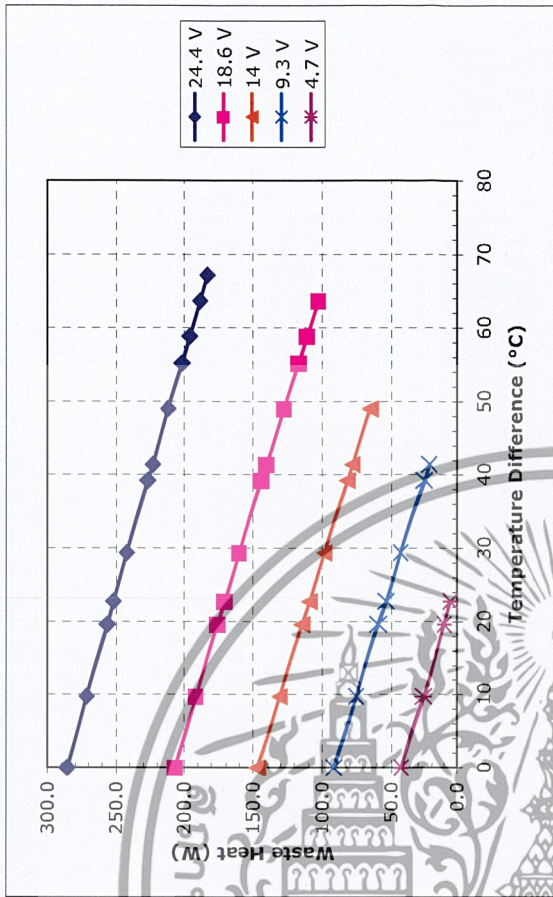
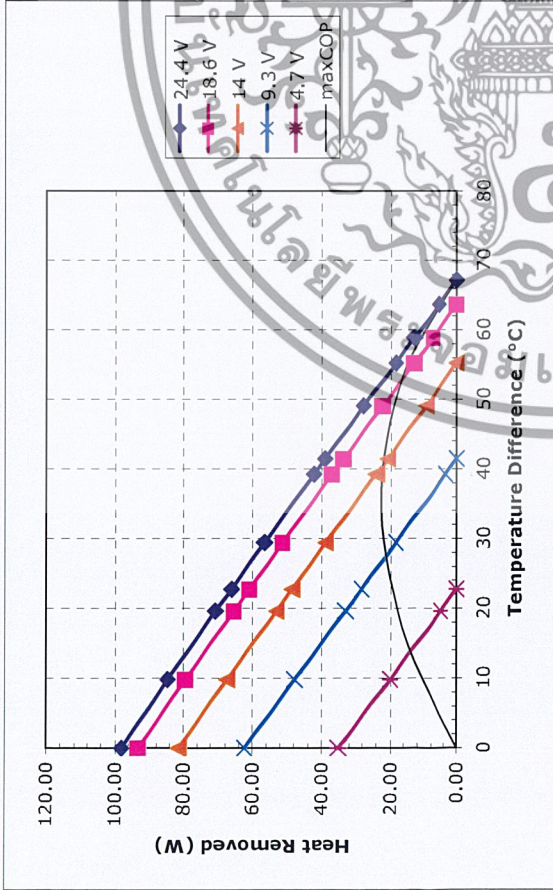
Performance graphs include thermal resistance of substrates.

RoHS Compliant
Directive 202/95/EC



1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@tetech.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



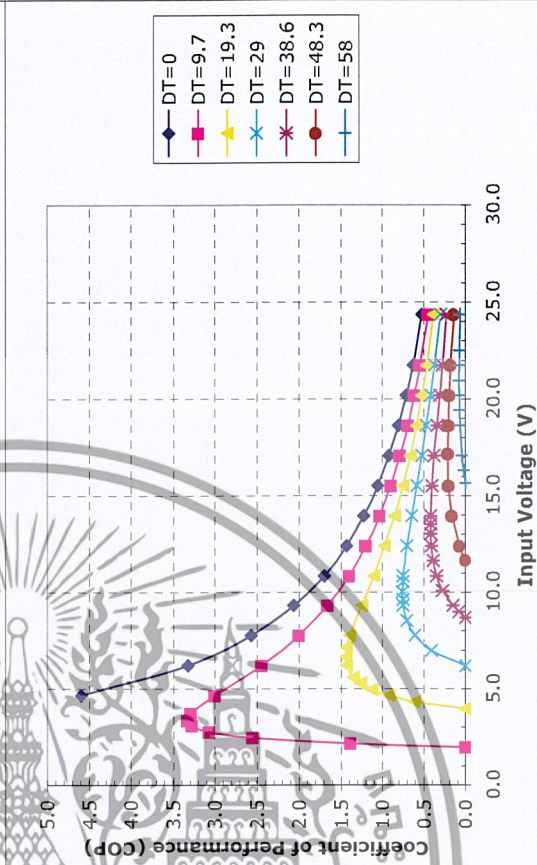
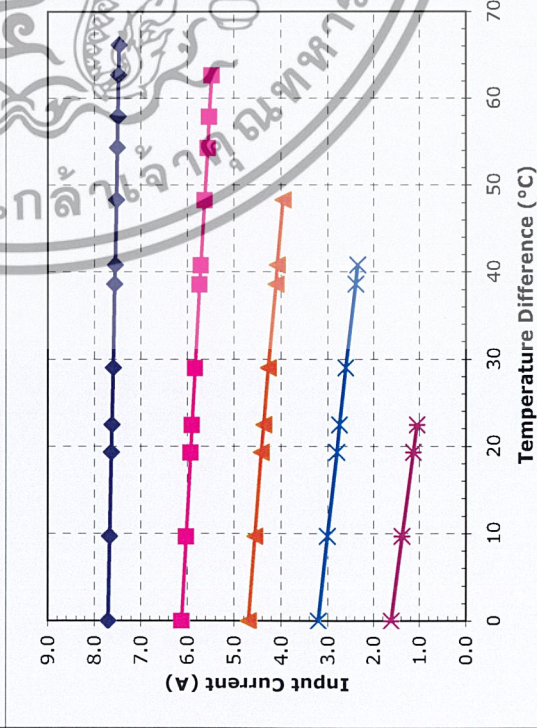
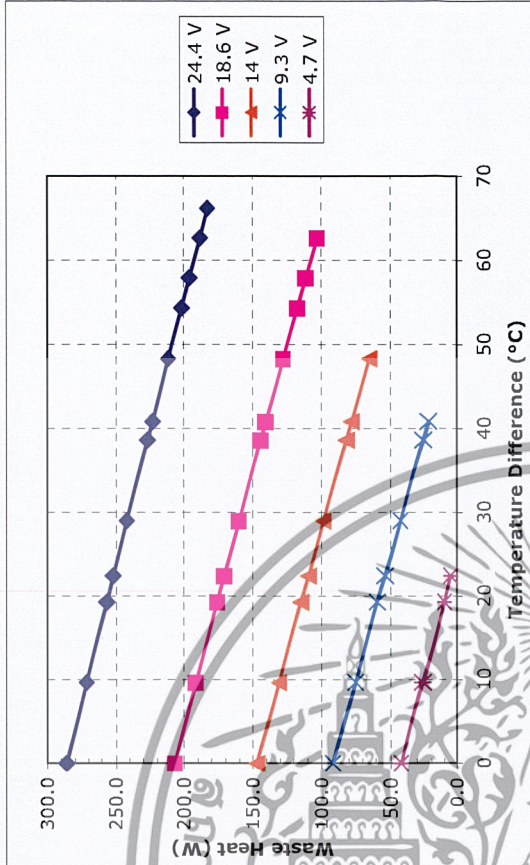
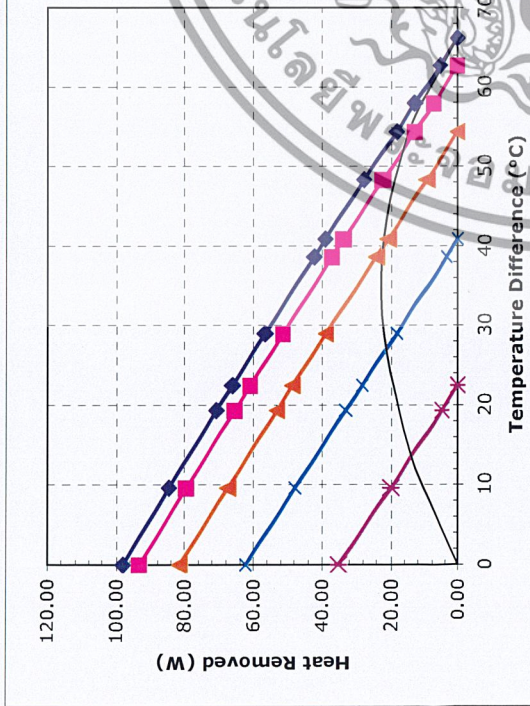
Unpotted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 30 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

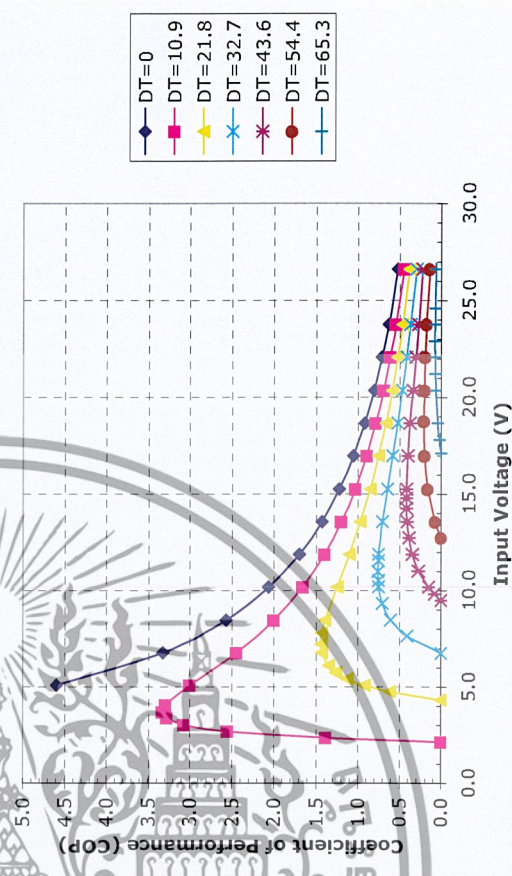
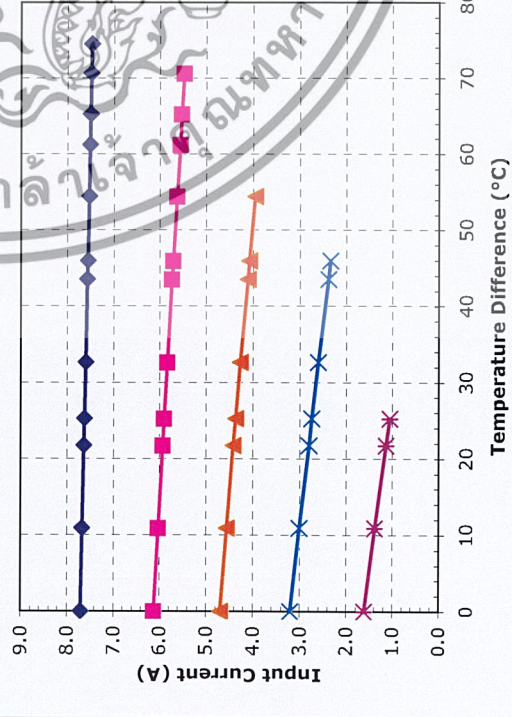
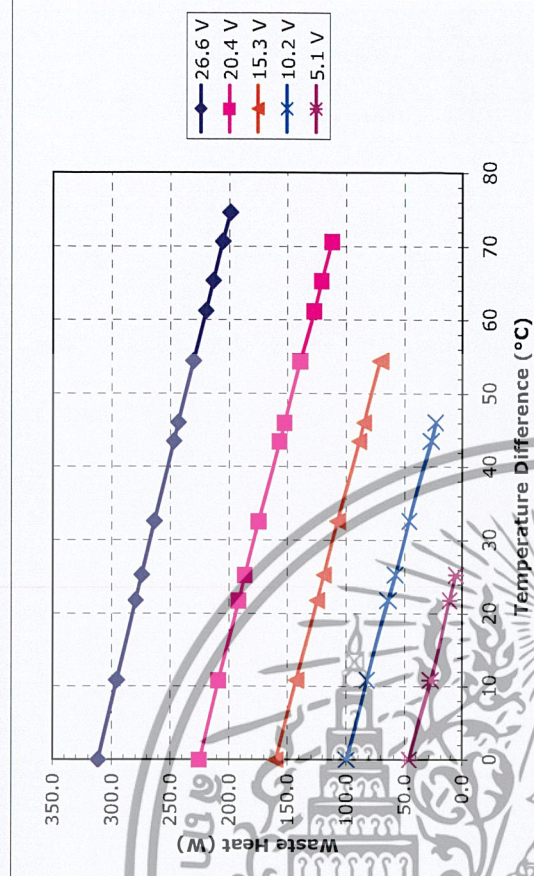
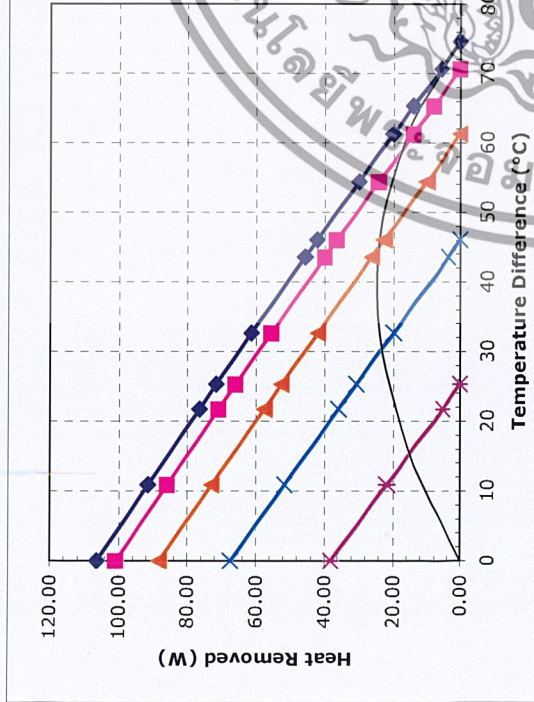


1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@tetech.com



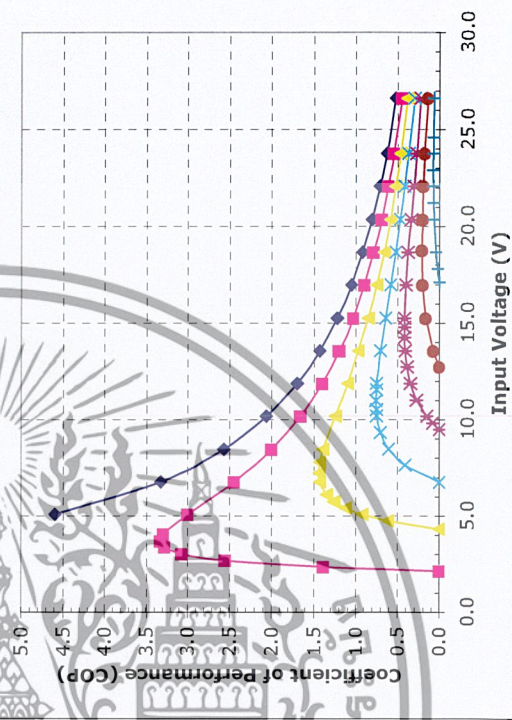
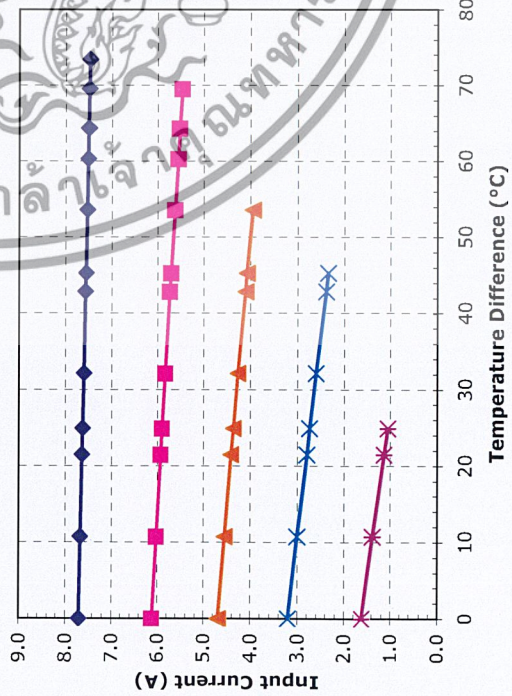
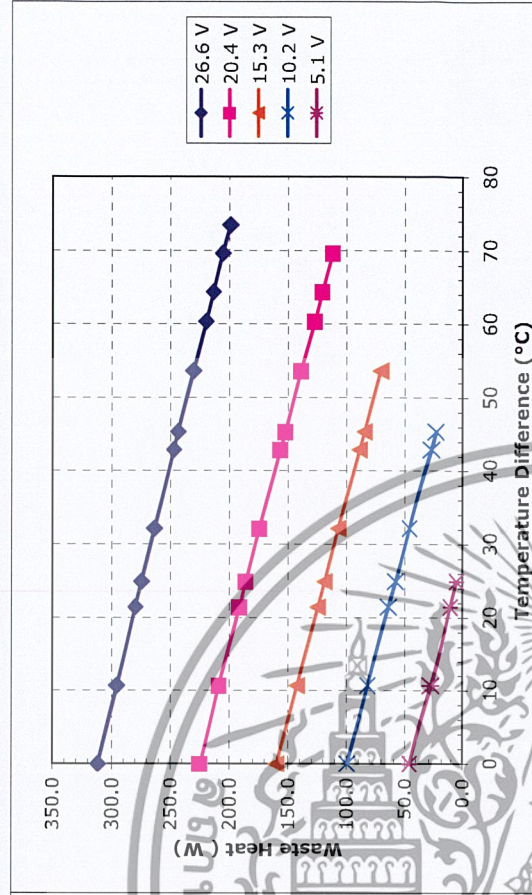
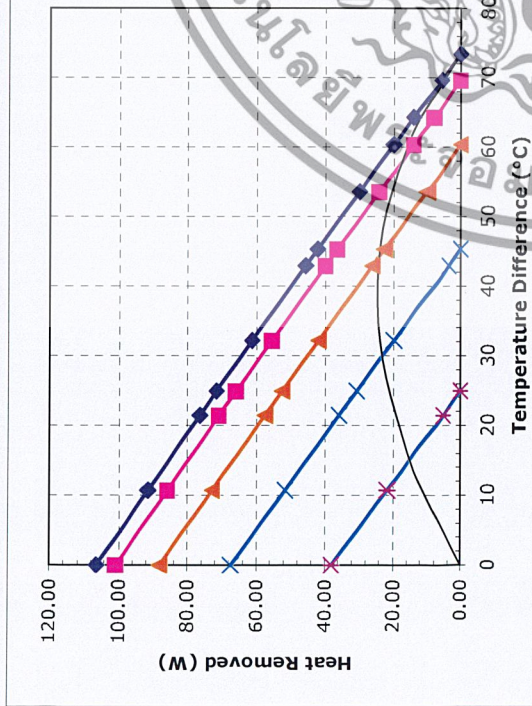
Potted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 30 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

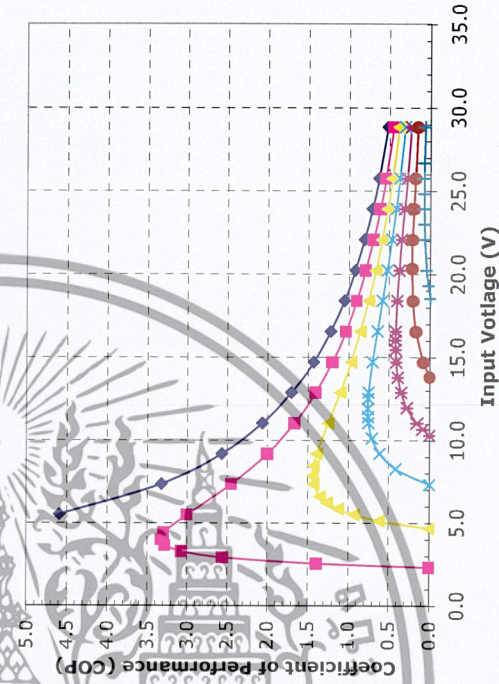
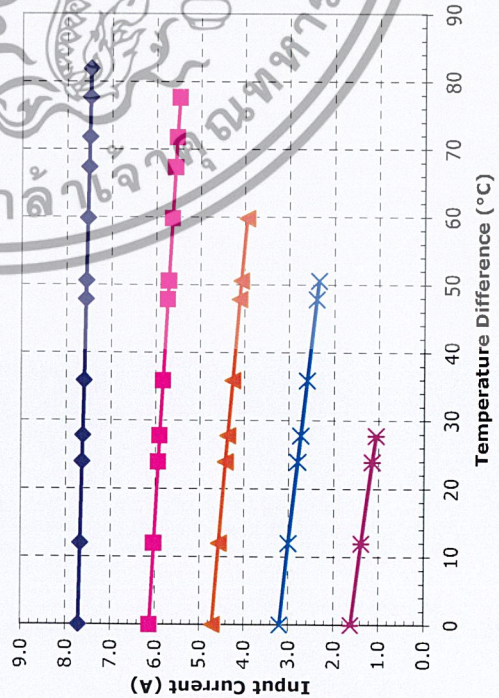
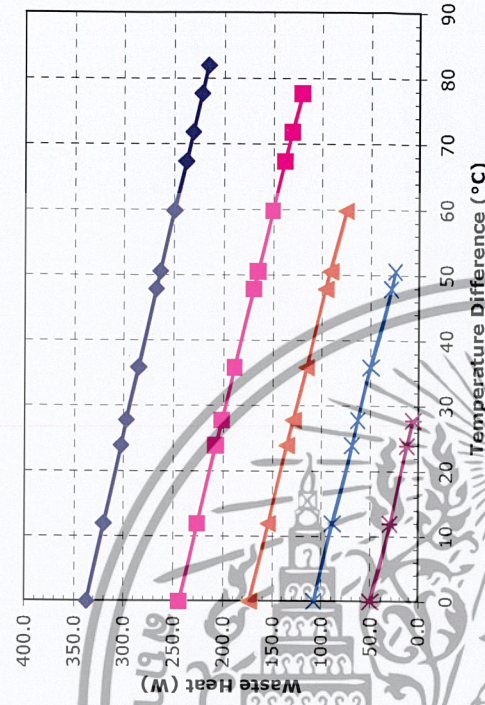
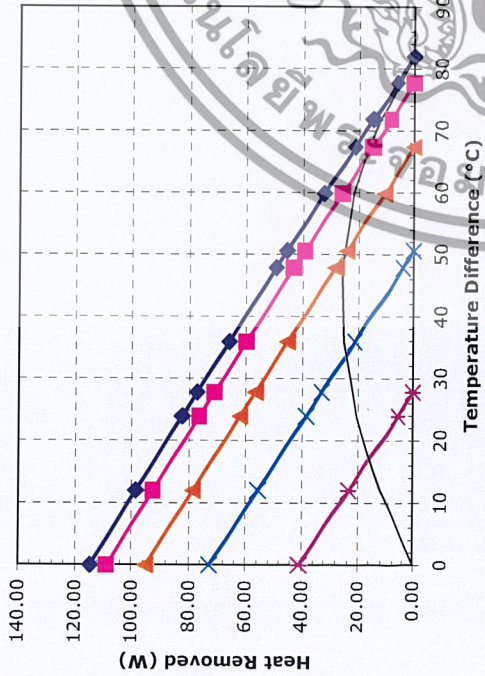


Unpotted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 50 °C

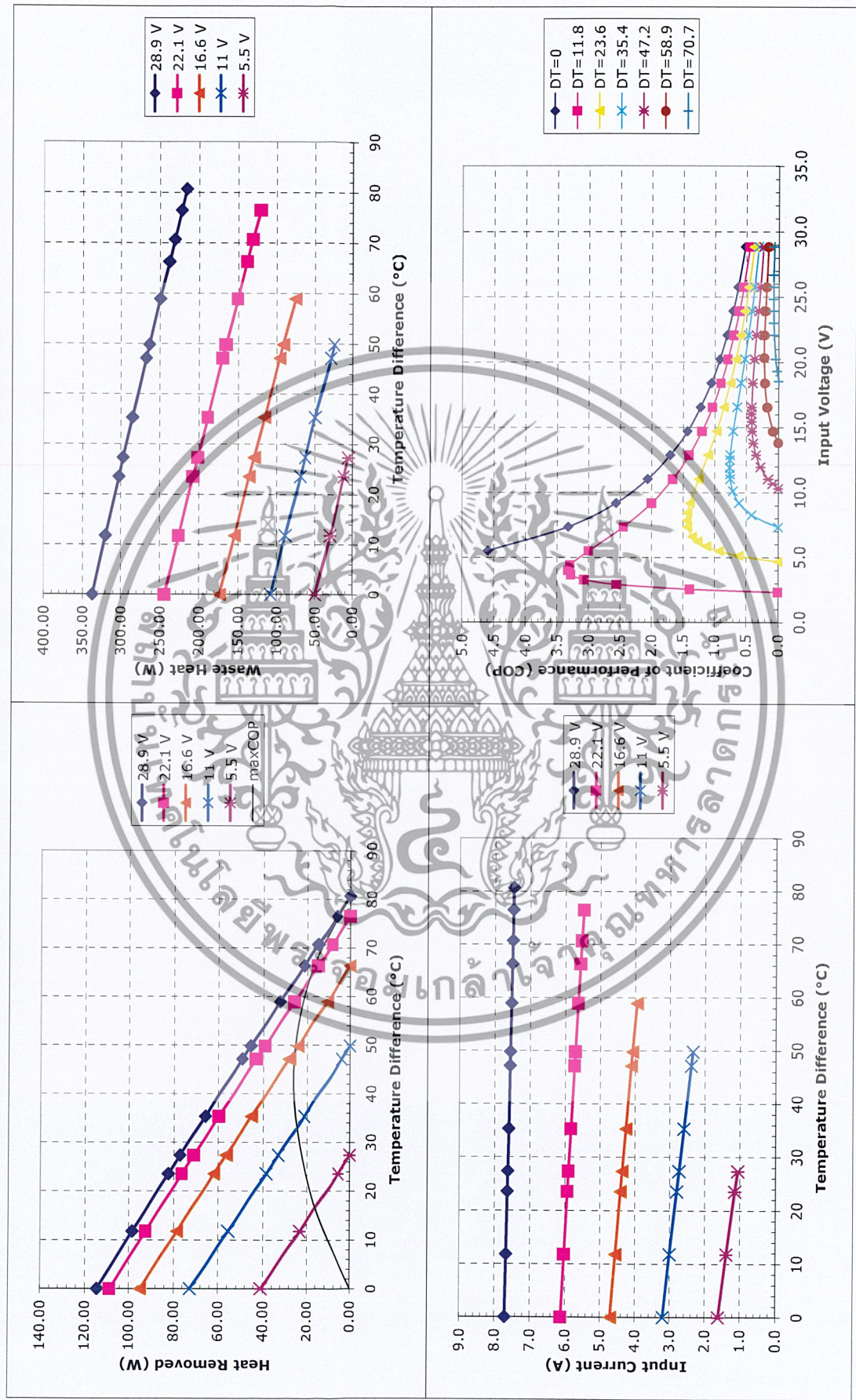
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Potted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 50 °C



Unpotted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 70 °C



Potted HP-199-1.4-1.15 at a hot-side temperature of 70 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

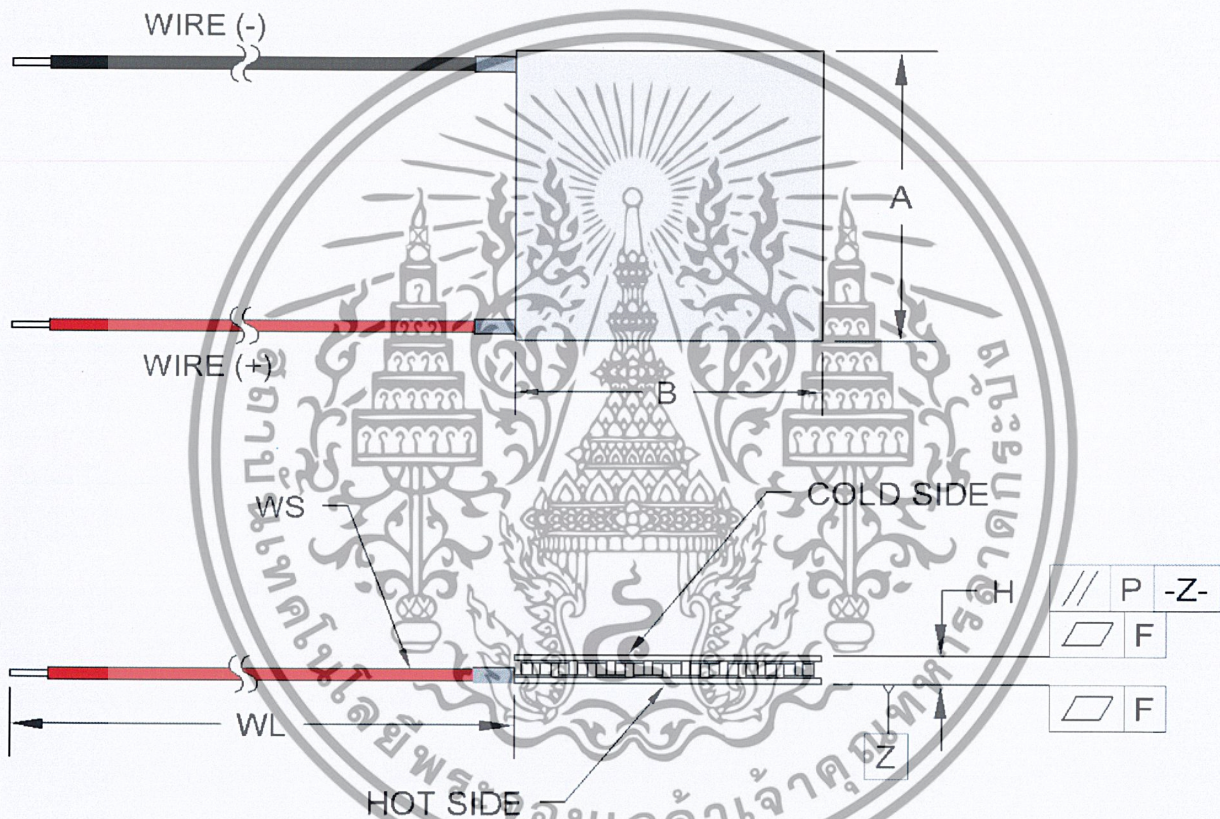
**HP-199-1.4-0.8
Thermoelectric Module
(Peltier Module)
Specifications**

	Material Specifications (27 °C hot side temperature)	Material Specifications (50 °C hot side temperature)
Vmax (V)	24.6	27.3
I _{max} (A)	11.3	11.3
Q _{max} (W)	172.0	188.7
DT _{max} (°C)	69	78
Operation/storage temperature	-40 °C to +80 °C	

Module *material* specifications are nominal values based on the hot-side temperature indicated. Thermoelectric material parameter tolerance is +/-10%.

In no case should the module temperature be allowed to exceed its maximum operation/storage temperature.

Please review all product and technical information, *Thermoelectric Module Mounting Procedure*, FAQ's and ordering information posted on our website before purchasing or using this product.



Width, A (mm)	40 +0.5/-0.2
Width, B (mm)	40 +0.5/-0.2
Height, H (mm)	3.2 ±0.05
Flatness, F (mm)	0.02
Parallelism, P (mm)	0.03
Wire Size, WS (mm ²)	0.35
Wire Length, WL (mm)	120

Optional Features and Notes:

Add "P" to part number for sealing module with epoxy potting.

Performance graphs include thermal resistance of substrates.

RoHS Compliant
Directive 2002/95/EC

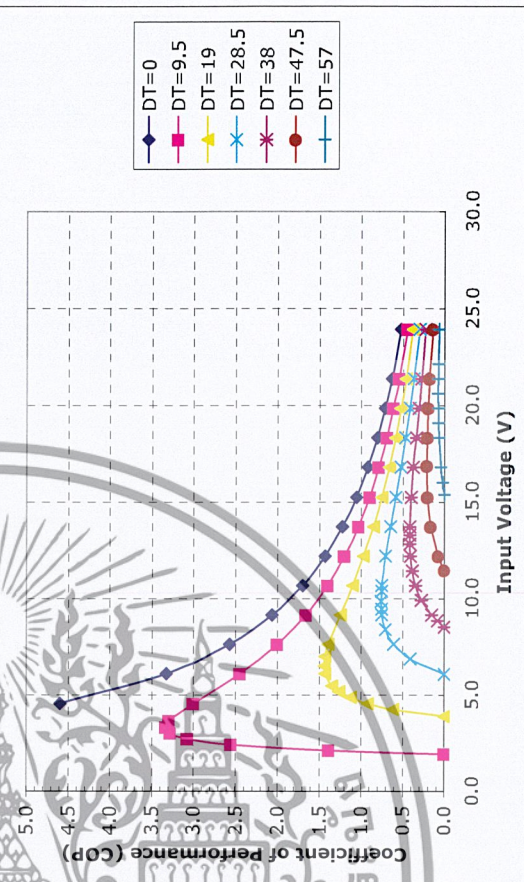
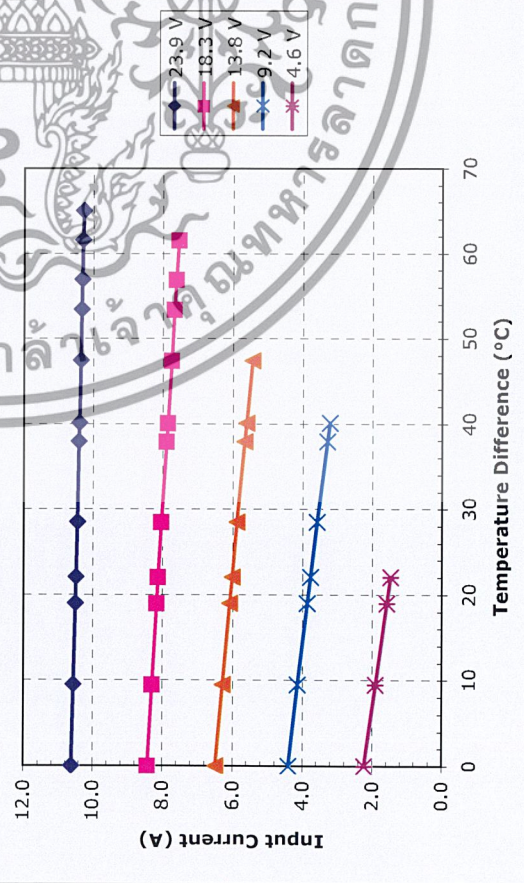
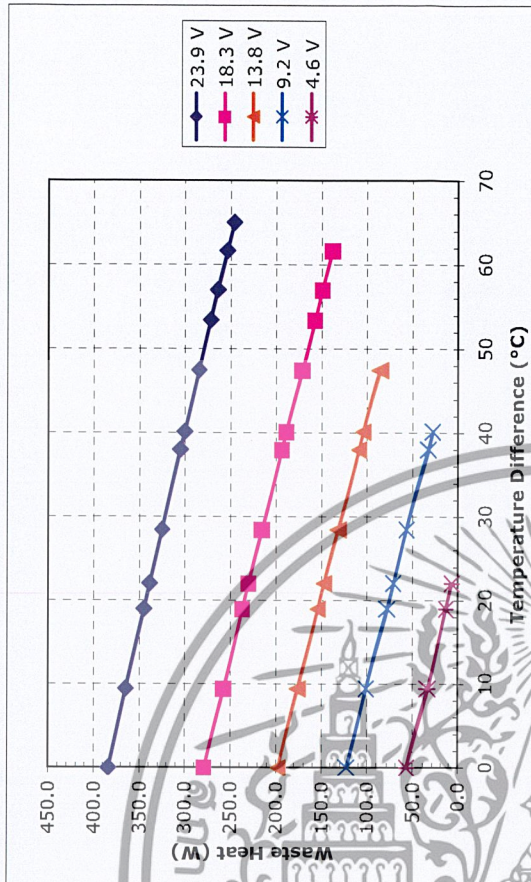
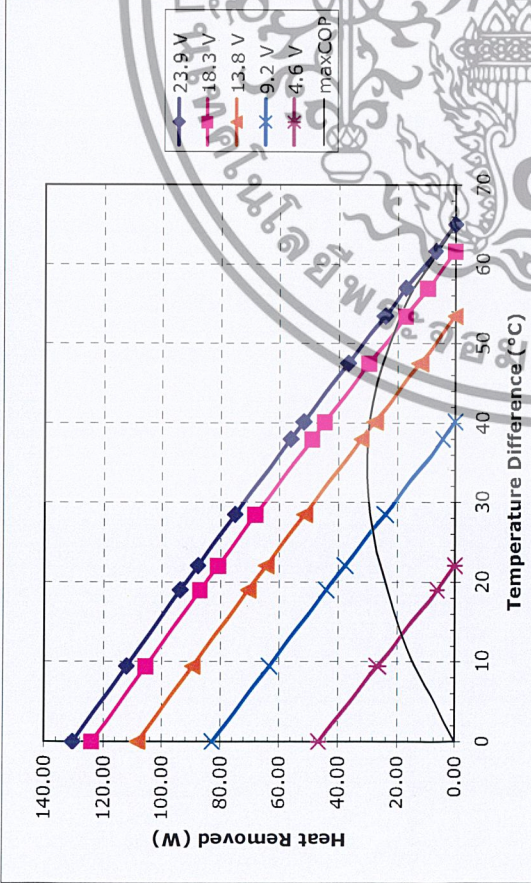


1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com

NOTE: All specifications are subject to change without notice.

HP-199-1.4-0.8 11-AUG-2009 Page 1 of 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

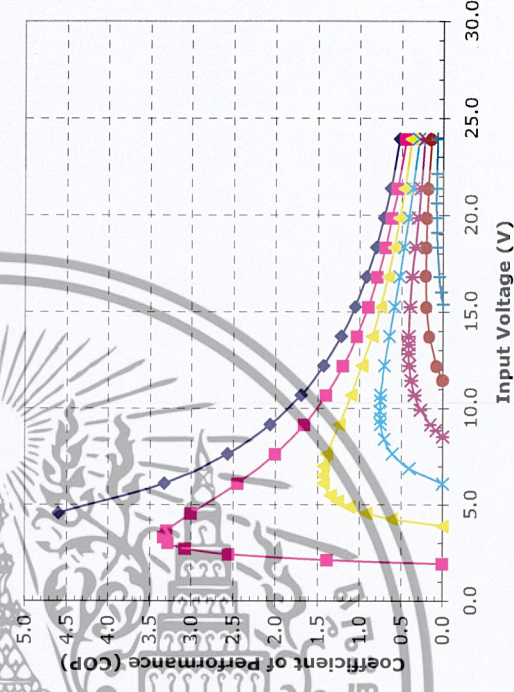
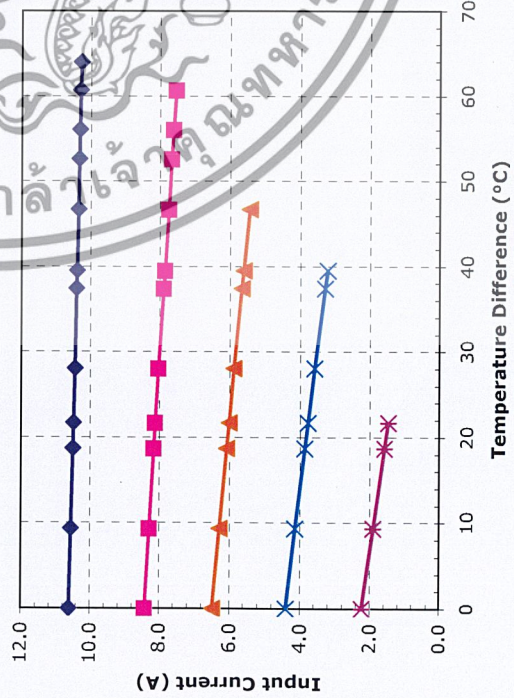
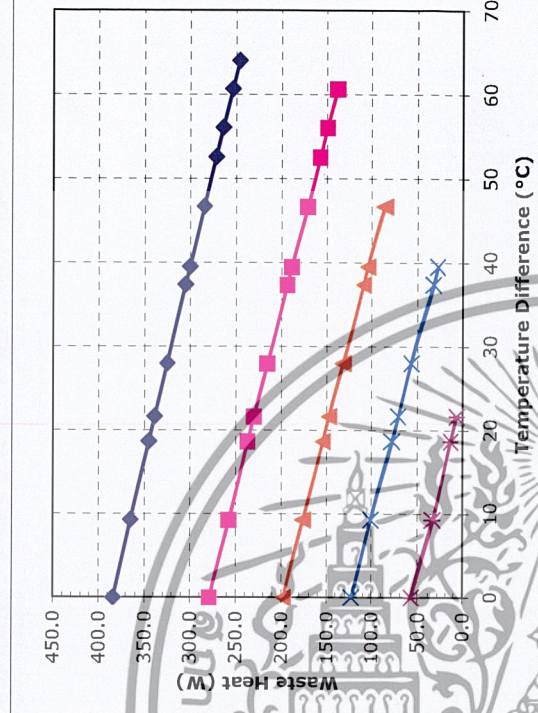
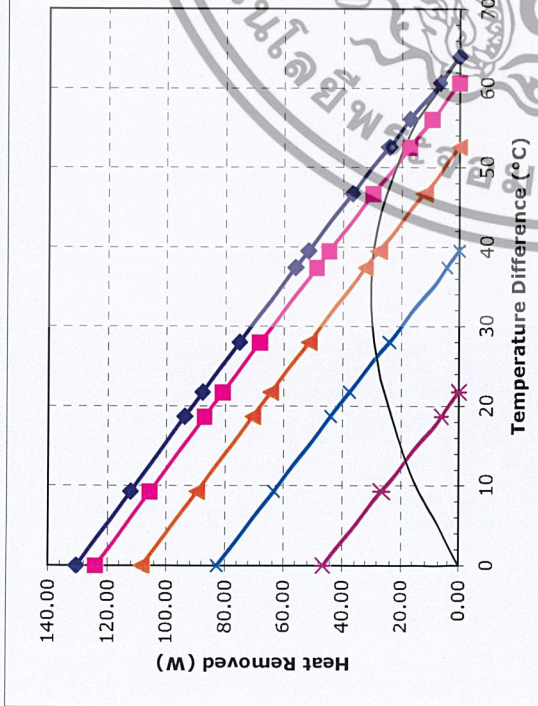


Unpotted HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 30 °C

Note: All specifications subject to change without notice.



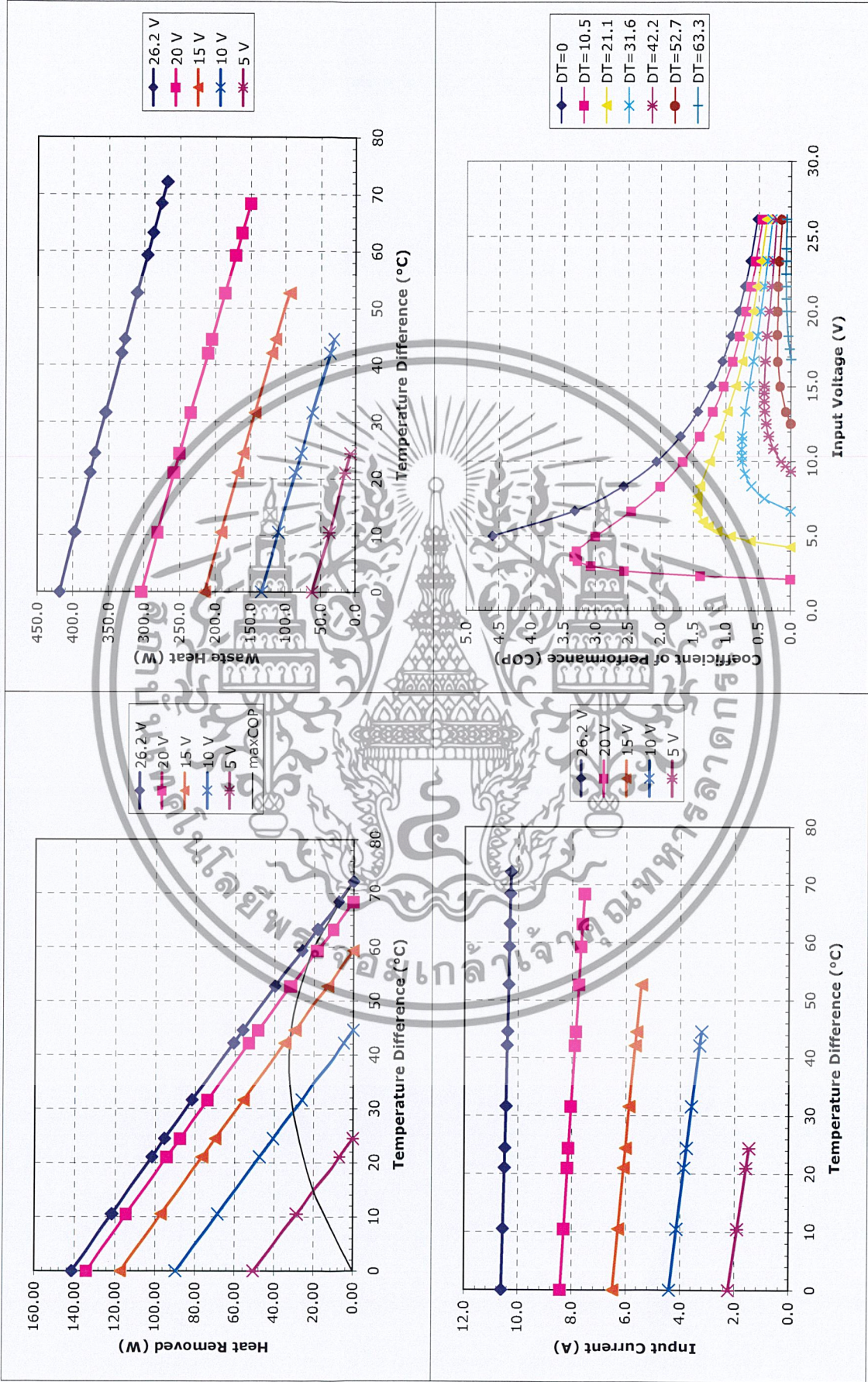
1590 Keane Drive, Traverse City, MI, 49696-8257 USA
 PH: 231-929-3966 FAX: 231-929-4163 email: cool@totech.com



Potted HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 30 °C

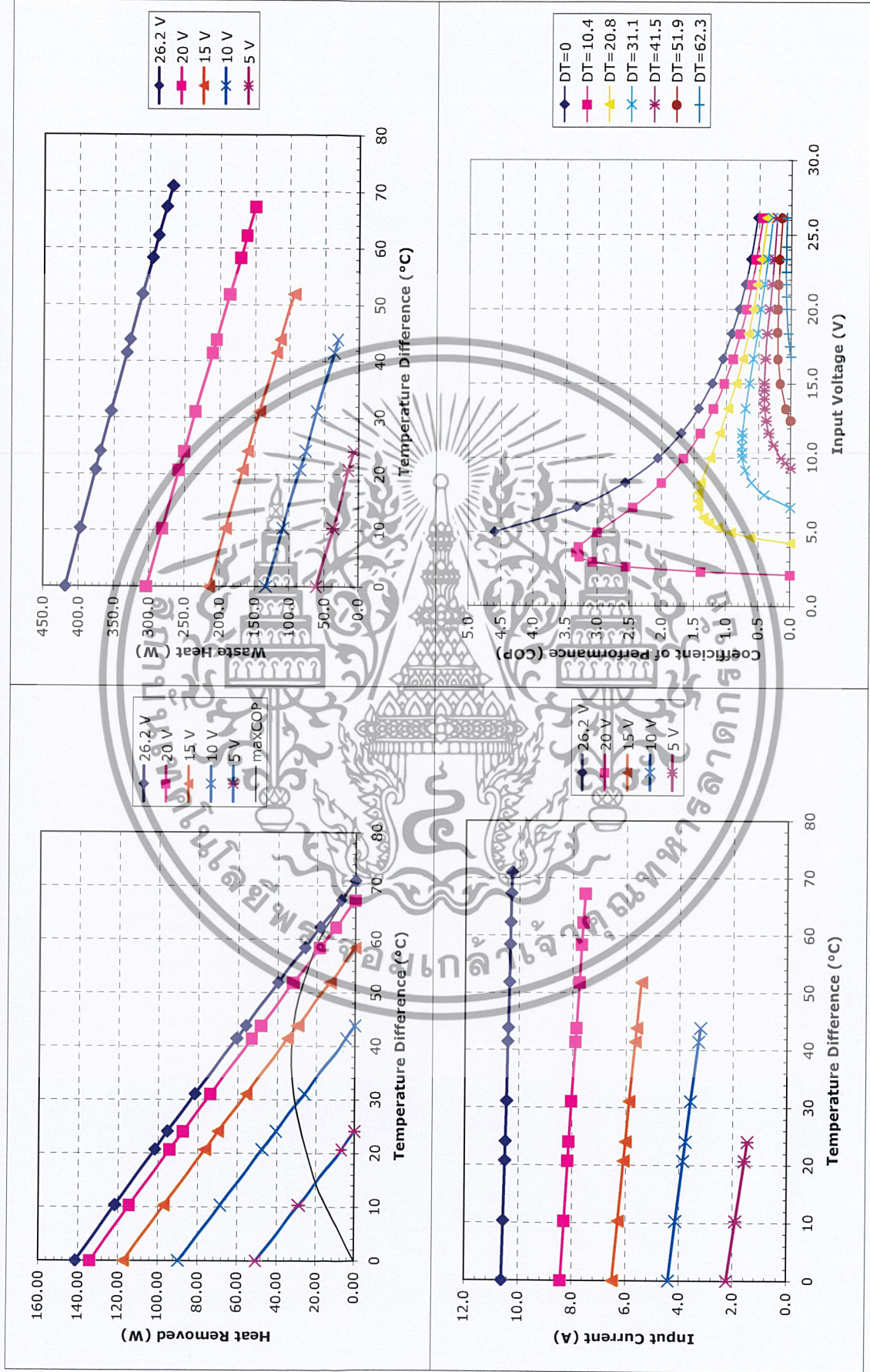
Note: All specifications subject to change without notice.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Unpotted HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 50 °C

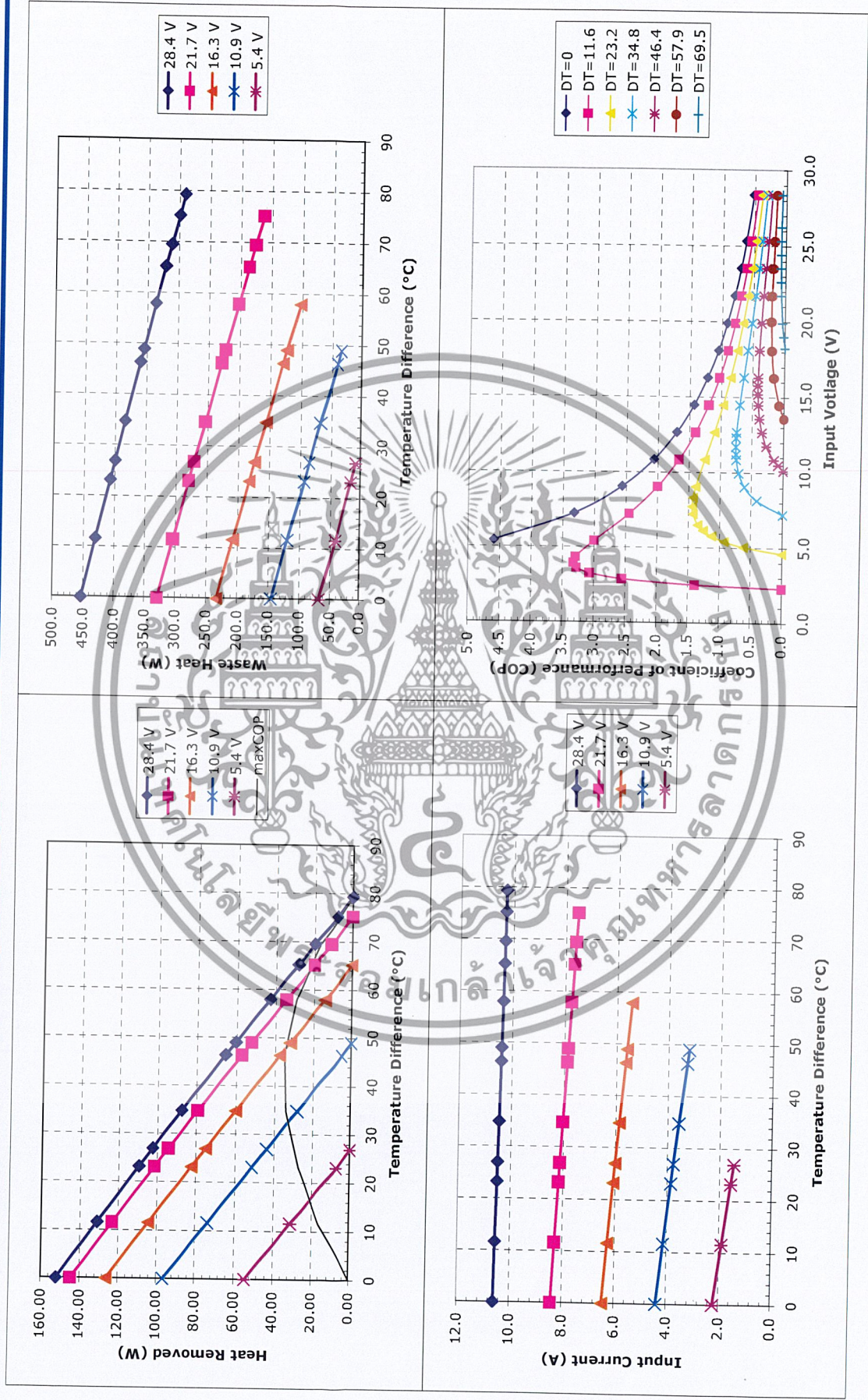
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Potted HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 50 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

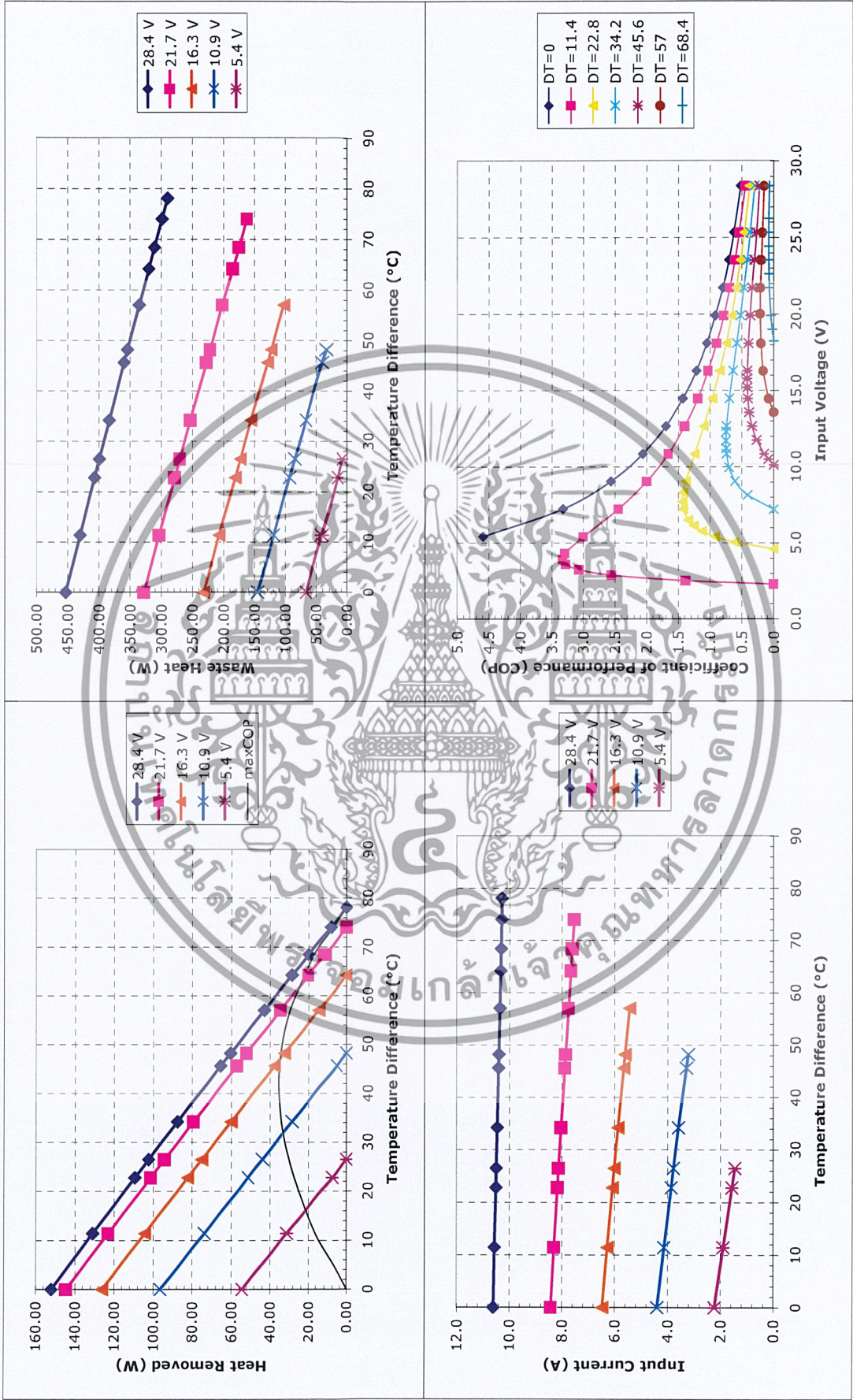
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Unpowered HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 70 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Potted HP-199-1.4-0.8 at a hot-side temperature of 70 °C

Note: All specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้