



การพัฒนาระบบระบายความร้อนของมอเตอร์ในรถจักรยานไฟฟ้า
Development of cooling motor for electric bicycle

นายชัชพล	ศิริินทร์	รหัส 51361179
นายณรงค์	วงศ์ไชย	รหัส 51361193
นายพันธ์ชนัดต์	ดรุณศิลป์	รหัส 51363173

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 15๑๑๘๖๓๗
เลขเรียกหนังสือ..... als.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๖๖๖ ๖

๑
๒๕๕๔



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ : การพัฒนาระบบระบายความร้อนของมอเตอร์ใน
รถจักรยานไฟฟ้า

ผู้ดำเนินโครงการ : นายชัชพล คีรินทร์ รหัส 51361179
นายณรงค์ วงศ์ไชย รหัส 51361193
นายพันธ์ชนัดด์ ตรุณศิลป์ รหัส 51363173


อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว

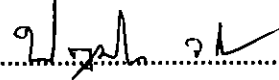
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล


ภาควิชา : เครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.ปฐมศก วิไลพล)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	: การพัฒนาระบบระบายความร้อนของมอเตอร์ในรถจักรยานไฟฟ้า		
ผู้ดำเนินโครงการงาน	: นายชัชพล	ศิรินทร์	รหัส 51361179
	: นายณรงค์	วงศ์ไชย	รหัส 51361193
	: นายพันธ์ชนัดต์	ครุณศิลป์	รหัส 51363173
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน	: ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: เครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2554		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการศึกษาการระบายความร้อนของมอเตอร์ด้วยครีบบระบายความร้อนในรถจักรยานไฟฟ้า ตัวแปรที่สำคัญคืออุณหภูมิของมอเตอร์โดยให้อุณหภูมิของมอเตอร์เกิดน้อยที่สุด เพื่อให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานที่นานขึ้น โดยมีการทดลองแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1. เป็นการทดลองหาอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดในมอเตอร์ที่มีการทดลองดังนี้ ทดลองขี่จักรยานไฟฟ้าวิ่งที่ความเร็วคงที่ 20 km/hr แล้วบันทึกอุณหภูมิของมอเตอร์ทุกๆ 5 นาที จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของมอเตอร์สูงสุดอยู่ที่ 53 °C พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของมอเตอร์ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ 55 °C จากการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อติดครีบบและพัดลมระบายความร้อนแล้วจะสามารถควบคุมอุณหภูมิของมอเตอร์ไม่ให้เกิน 55 °C และแบบที่ 2. เป็นการทดลองหาอุณหภูมิจากการเร่งและเบรก แล้วนำอุณหภูมิไปหาอัตราการถ่ายเทความร้อน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบ การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ 1. ช่วงเร่งความเร็วจาก 0-20 km/hr 2. ช่วงความเร็วคงที่ 3. ช่วงเบรกรถจนหยุดนิ่งจาก 20-0 km/hr แล้ววัดอุณหภูมิที่เกิดในแต่ละช่วงของมอเตอร์ โดยจะเลือกวัดอุณหภูมิส่วนที่ร้อนสุดของมอเตอร์คือด้านหลังของมอเตอร์ เพราะด้านหลังมีการไหลของอากาศผ่านไม่เต็มที่จึงทำให้ด้านหลังของมอเตอร์มีอุณหภูมิสูงสุด จากการทดลองและคำนวณหาการถ่ายเทความร้อนจะเห็นว่าแบบติดครีบบและพัดลมมีค่าการถ่ายเทความร้อนได้ 49% และอุณหภูมิของมอเตอร์ลดลง 17% สรุปได้ว่าการติดครีบบและพัดลมมีผลต่อการระบายความร้อนของมอเตอร์

Project title : Development of cooling motor for electric bicycle

Name : Mr.Chatchapon Kirin ID 51361179
: Mr.Narong Wongchai ID 51361193
: Mr.Punchanut Darroonsin ID 51363173

Project advisor : Dr. Arnunchai Youkeaw

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic year : 2011

Abstract

This project is a project about the cooling motors with fin in electric bicycles. Important variable is the temperature of the motor, the motor temperature to a minimum. The motor to last for long. The experiment was divided into two types of Type 1. An experiment to find the maximum temperature in the motor were as follows. Try cycling power to run at a constant speed of 20 km / hr, and then record the temperature of the motor every 5 minutes, it was found that the temperature of the motor up to 53 Celsius the maximum temperature of the motor does not exceed the 55 Celsius conclusion of the trial. On the fins and cooling fans will be able to control the temperature of the motor does not exceed 55 Celsius and Type 2. The temperature of the acceleration and braking. The water temperature to determine the rate of heat transfer. The experiment is divided into three types in this study is divided into three periods: 1. For acceleration of 0-20 km / hr 2. A constant speed 3. The brakes until the car stops from 20-0 km / hr and then measure the temperature in the range of the motor. It will measure the temperature of the heat of the motor is on the back of the motor. Because the flow of air through the rear of the motor is not fully up to temperature. The experimental and calculated heat transfer can be seen that the fin and the fan with the heat transfer is 49% and temperature of motors down 17% concluded that the fins and the fan with the fan. heating of the motor.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ การพัฒนาระบบระบายความร้อนของมอเตอร์ในรถจักรยานไฟฟ้า ประสบผลสำเร็จลงได้ด้วยดี คณะผู้ดำเนินโครงการต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือให้คำปรึกษา แนะนำและอนุเคราะห์ในการดำเนินงานมาตลอดจนสำเร็จลุล่วง ดังนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนเป็นอย่างดี และคอยสนับสนุนในด้านการศึกษา ทุกด้านตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยดูแลจนโครงการสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นายชัชชัย อินเทียน ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการยืมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทำโครงการตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

นายชัชพล

ศิรินทร์

นายณรงค์

วงศ์ไชย

นายพันธ์ชนัดถ์

ดร.ณศิศิลป์



สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	4
2.1 การนำความร้อน (Conduction).....	4
2.2 การพาความร้อน (Convection).....	5
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหลายชั้น.....	6
2.4 การไหลภายนอกแบบราบเรียบ.....	7
2.5 ครีบริบายความร้อน.....	7
2.6 ประสิทธิภาพรวมของระบบที่ติดครีบริบาย (Overall Surface Efficiency).....	9
2.8 คุณสมบัติของอลูมิเนียม.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการและการทดลอง.....	11
3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ.....	12
3.2 การออกแบบครีบริบายความร้อน.....	16
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	21

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	27
4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1.....	27
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2.....	29
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 3.....	31
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4.....	33
4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 5.....	35
4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 6.....	37
4.7 อภิปรายผลการทดลอง.....	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	41
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในครั้งต่อไป	41
อ้างอิง.....	42
ภาคผนวก.....	43
ภาคผนวก ก.....	44
ภาคผนวก ข.....	51
ภาคผนวก ค.....	58
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 1	28
ตารางที่ 4.2 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 2	30
ตารางที่ 4.3 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 3	32
ตารางที่ 4.4 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 4	34
ตารางที่ 4.5 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 5	36
ตารางที่ 4.6 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 6	38
ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์ ของการทดลองที่ 1	45
ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบริบายความร้อน ของการทดลองที่ 2	45
ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบริบายความร้อนที่ติดพัดลม ของการทดลองที่ 3	46
ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์ ของการทดลองที่ 4	46
ตารางที่ ก.5 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบริบายความร้อน ของการทดลองที่ 5	47
ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบริบายความร้อนที่ติดพัดลม ของการทดลองที่ 6	48
ตารางที่ ก.7 A.1 Thermophysical Properties of Selected metallic Solid	49
ตารางที่ ก.8 A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure	50
ตารางที่ ข.1 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 1	53
ตารางที่ ข.2 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 2	54
ตารางที่ ข.3 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 3	54
ตารางที่ ข.4 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 4	55
ตารางที่ ข.5 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 5	56
ตารางที่ ข.6 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 6	57

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การนำความร้อนผ่านตัวกลางใน 1 มิติ.....4

รูปที่ 2.2 การพาความร้อนในชั้นขีตฉิวความร้อนละชั้นขีตฉิวความเร็ว5

รูปที่ 2.3 การนำความร้อนผ่านผนังราบหลายชั้น และวงจรรความร้อนแบบอนุกรม.....6

รูปที่ 2.4 ผลรวมของการนำความร้อน และการพาความร้อน8

รูปที่ 2.5 การใช้ครีบรรยายความร้อน เพื่อเพิ่มอัตราการระบายความร้อนจากผนัง.....8

รูปที่ 2.6 การติดครีหลายอันเข้ากับผนัง.....9

รูปที่ 2.7 ประสิทธิภาพของครีวงแหวน 10

รูปที่ 3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V..... 12

รูปที่ 3.2 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 12V..... 13

รูปที่ 3.3 ครีบอลูมิเนียม 13

รูปที่ 3.4 พัดลมระบายอากาศ..... 14

รูปที่ 3.5 เทอร์โมมิเตอร์..... 14

รูปที่ 3.6 สวิตช์ เปิด-ปิด แบบคันโยก 15

รูปที่ 3.7 แบบจำลองของครีบรรยายความร้อน 17

รูปที่ 3.8 การออกแบบครีบรรยายความร้อน 18

รูปที่ 3.9 การออกแบบครีบรรยายความร้อน 19

รูปที่ 3.10 การออกแบบครีบรรยายความร้อน 20

รูปที่ 3.11 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์.....21

รูปที่ 3.12 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครี 22

รูปที่ 3.13 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีเมื่อติดพัดลมระบายความร้อน 23

รูปที่ 3.14 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์..... 24

รูปที่ 3.15 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีเมื่อระบายความร้อน 25

รูปที่ 3.16 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีเมื่อติดพัดลมระบายความร้อน 26

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ 27

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ 28

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่ติดครีบรรยายความร้อน 29

รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติด
ครีบรรยายความร้อน..... 30

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่ติดครีบรรยายความร้อนและ
พัดลมระบายอากาศ 31

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติด
ครีบรรยายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ 32

รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ 33

รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ 34

รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่ติดครีบรรยายความร้อน 35

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติด
 ครีบริบายความร้อน..... 36

รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบริบายที่ติด
 พัฒนาระบายความร้อน..... 37

รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติด
 ครีบริบายความร้อนและพัฒนาระบายอากาศ 38

รูปที่ ค.1 การออกแบบครีบริบายความร้อน 59

รูปที่ ค.2 การออกแบบครีบริบายความร้อน 60

รูปที่ ค.3 การออกแบบครีบริบายความร้อน 61



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากในปัจจุบันได้เกิดภาวะโลกร้อนก็เพราะว่าก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการเผาผลาญถ่านหินและเชื้อเพลิง รวมไปถึงสารเคมีที่มีส่วนผสมของก๊าซเรือนกระจกที่มนุษย์ใช้ และอื่นๆอีกมากมาย จึงทำให้ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ลอยขึ้นไปรวมตัวกันอยู่บนชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ที่ควรจะสะท้อนกลับออกไปในปริมาณที่เหมาะสม กลับถูกก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้กักเก็บไว้ ทำให้อุณหภูมิของโลกค่อยๆ สูงขึ้นจากเดิม เนื่องจากพลังงานเชื้อเพลิงที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อนมีอยู่อย่างจำกัดและลดน้อยลง และมีแนวโน้มความต้องการจะมากขึ้น ซึ่งในรถจักรยานยนต์ส่วนมากใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน โดยเครื่องยนต์เหล่านั้นล้วนแต่ใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงได้มีการตระหนักถึงผลกระทบที่จะตามมาจากการที่จะมีการเพิ่มจำนวนของรถจักรยานยนต์และการลดน้อยลงของปริมาณเชื้อเพลิง ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ลดอัตราการปล่อยก๊าซไอเสียสู่บรรยากาศ (Emission) และนำพลังงานที่ได้มาใช้ให้มากที่สุด

รถจักรยานถือเป็นพาหนะที่ไม่ต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงได้เกิดแนวคิดและพัฒนารถจักรยานที่สามารถใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ แนวคิดในการพัฒนารถจักรยานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเกิดขึ้น

รถจักรยานไฟฟ้ามีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ มอเตอร์ แบตเตอรี่ มาใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยาน ซึ่งการในขณะที่แบตเตอรี่เปลี่ยนจากกระแสไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลที่มอเตอร์เพื่อไปต่อกับชุดเฟืองเพื่อทำให้รถวิ่งได้ และเมื่อมอเตอร์ทำงานจะเกิดความร้อนในมอเตอร์ และแบตเตอรี่ขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลต่ออายุการทำงาน และประสิทธิภาพของมอเตอร์และแบตเตอรี่ลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์ทั้งสอง

ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดแนวคิดในการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดความร้อน และการระบายความร้อนออกจากมอเตอร์และแบตเตอรี่ โดยใช้หลักการของวิชา Heat Transfer มาใช้ในการศึกษาและพัฒนาระบบระบายความร้อนของมอเตอร์ และแบตเตอรี่ เพื่อให้มีอายุการทำงาน และประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาการเกิดความร้อนมอเตอร์ของรถจักรยานไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อน การระบายความร้อนมอเตอร์ของรถจักรยานไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการถ่ายเทความร้อน การระบายความร้อนมอเตอร์ของรถจักรยานไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

1.3.1 ใช้มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V และแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด จำนวน 2 ก้อน ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

1.3.2 ออกแบบการระบายความร้อนโดยใช้ครีบอลูมิเนียม และติดตั้งขนาด 6X6X1.5 เซนติเมตร 12V

1.3.3 วัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ของรถจักรยานไฟฟ้าขณะขับขี่ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างมีการระบายความร้อนกับไม่มีการระบายความร้อน

1.3.4 วัดอุณหภูมิขณะเร่งจาก 0-20 km/hr ขณะความเร็วคงที่ 20 km/hr 3 นาที และขณะเบรก 20-0 km/hr

1.3.5 ทำการทดสอบโดยการขับขี่บริเวณถนนในมหาวิทยาลัย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	พ.ศ.2554				พ.ศ.2555	
	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1.ศึกษาและค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการ						
2.ออกแบบการระบายอากาศ						
3.ติดตั้งตัวระบายความร้อนในมอเตอร์						
4.ทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง						
5.ปรับปรุงและแก้ไข						
6.สรุปผลและเขียนรายงาน						

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบระบายความร้อนออกจากมอเตอร์ ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้า

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.6.1 ค่าถ่ายเอกสารและเข้ารูปเล่ม	1500	บาท
1.6.2 ค่ากระดาษขนาด A4	500	บาท
1.6.3 ค่าอุปกรณ์	1000	บาท
รวมเป็นเงิน	3000	บาท

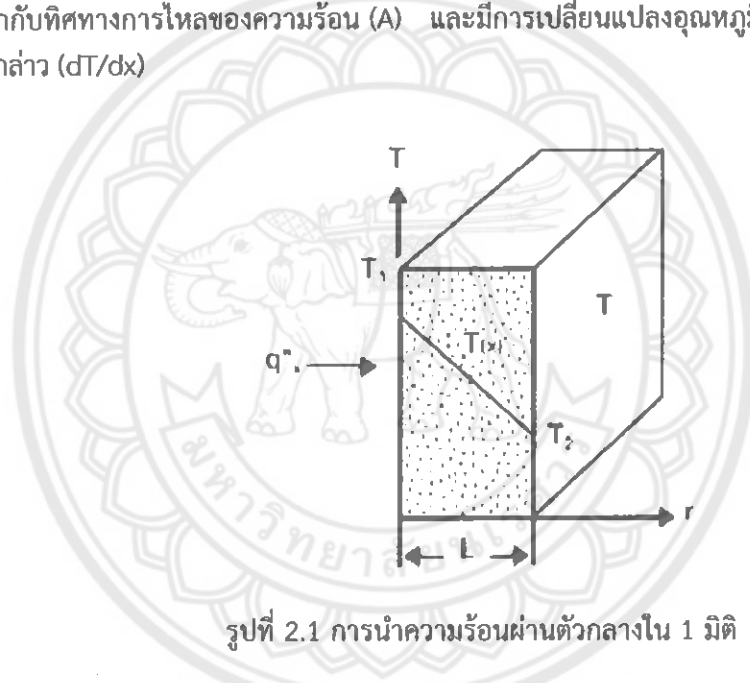
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน หมายถึง การส่งถ่ายความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลาง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลาง จากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่า การนำความร้อนสามารถเกิดขึ้นในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางแบบการนำความร้อน คำนวณจากกฎของฟูรีเยร์ (Fourier's law)

กฎของฟูรีเยร์กล่าวว่า การนำความร้อนผ่านตัวกลางในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}_x) ผ่านตัวกลางในทิศทางนั้น เป็นปริมาณโดยตรงกับพื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน (A) และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวกลางในทิศทางดังกล่าว (dT/dx)



รูปที่ 2.1 การนำความร้อนผ่านตัวกลางใน 1 มิติ

ฟลักซ์ความร้อนผ่านตัวกลางสามารถคำนวณได้จาก

$$q'' = -k \frac{dT}{dX} \quad (2.1)$$

q'' = ฟลักซ์ความร้อน (W/m^2)

K = ค่าสภาพนำไฟฟ้า (Thermal conductivity) ($W/m^2.K$)

ภายใต้สภาวะคงตัวและมีตัวกลางมี K เป็นค่าคงที่ อุณหภูมิ $T(x)$ เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นดังรูปที่ 2.1

ดังนั้น
$$q' = -k \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (2.2)$$

สามารถคำนวณอัตราการนำความร้อนทั้งหมดบนพื้นผิว A จาก

$$\dot{Q}_x = \frac{kA(T_1 - T_2)}{L} \quad (2.3)$$

(\dot{Q}_x) = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

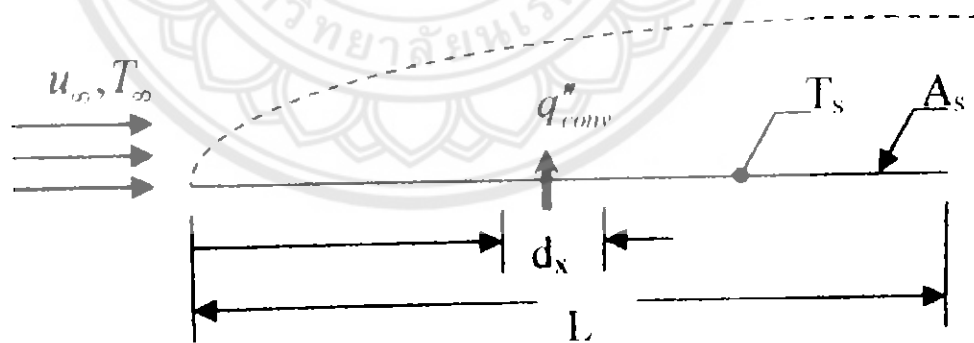
2.2 การพาความร้อน (Convection)

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของแข็งกับของไหล ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทโมเมนตัม ซึ่งมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวของแข็งนั้น (h) พลังงานความร้อนถูกถ่ายโอนเป็นผลมาจากการแพร่ของโมเลกุล และผลจากการเคลื่อนที่ไหลไปทั้งปริมาตรของของไหล ซึ่งสามารถแบ่งการถ่ายเทความร้อน โดยการพา 2 ชนิดดังนี้

1. การพาความร้อนธรรมชาติ (Free Convection) คือการไหลของของไหลซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหลเอง โดยเป็นผลจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

2. การพาความร้อนโดยบังคับ (Force Convection) คือการไหลของของไหลที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ เช่น แรงที่เกิดจากพัดลม เครื่องสูบลม ฯลฯ

จากรูปที่ 2.2 พิจารณาการพาความร้อนจากพื้นผิวของแข็งพื้นที่ A_s อุณหภูมิผิว T_s ขณะของไหลไหลผ่านด้วยความเร็ว U_∞ และอุณหภูมิ T_∞ คงที่ ความร้อนเฉพาะที่คำนวณ เป็นไปตามกฎการทำให้เย็นตัวลงของนิวตัน (Newton's law of cooling)



รูปที่ 2.2 การพาความร้อนในชั้นขีดผิวความร้อนละชั้นขีดผิวความเร็ว

$$\dot{q}_{conv} = h(T_s - T_\infty) \quad (2.4)$$

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉพาะที่ ($W/m^2.K$)

ดังนั้นสามารถคำนวณอัตราการพาความร้อนทั้งหมดบนพื้นผิว A_s จาก

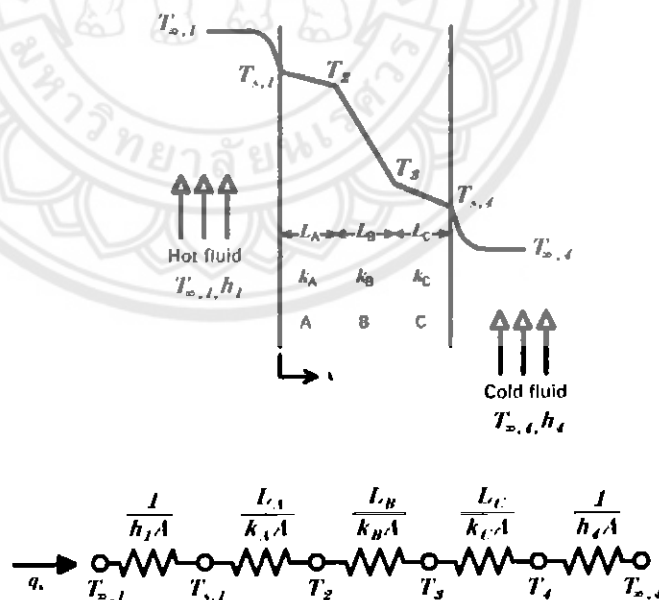
$$\dot{Q}_{conv} = \int_{A_s} \dot{q}_{conv} dA_s = (T_s - T_\infty) \int h dA_s \quad (2.5)$$

h_m = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย ($W/m^2.K$)

2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหลายชั้น

สำหรับผนังราบหลายชั้น (Composite wall) แบบมิติเดียว ไม่มีการกำเนิดพลังงาน และอยู่ในสภาวะคงตัว การกระจายอุณหภูมิในแต่ละชั้นจะเป็นแบบสมการ (2.6) และอัตราการนำความร้อนในแต่ละผนังจะเป็นค่าคงที่ การเขียนสมการสมดุลพลังงานที่แต่ละผิวสัมผัสพบว่าอัตราการนำความร้อนมีค่าเท่ากันทั้งระบบ และวงจรรวมความร้อนสำหรับผนังนี้จึงประกอบด้วยเป็นความต้านทานความร้อนต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งค่าของมันขึ้นอยู่กับชั้นของวัสดุต่างชนิด ดังวงจรรูปที่ 2.3 และอัตราการถ่ายเทความร้อนสำหรับระบบเขียนได้เป็น

$$q = \frac{T_{s,1} - T_{s,2}}{\sum R_i} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.3 การนำความร้อนผ่านผนังราบหลายชั้น และวงจรรวมความร้อนแบบอนุกรม

$$q = \frac{T_{s,M} - T_{s,f}}{\frac{L}{k_M A} + \frac{L}{k_f A}} \quad (2.7)$$

2.4 การไหลภายนอกแบบราบเรียบ

การพิจารณาการไหลแบบบังคับ ซึ่งของไหลเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวโดยการกระทำของแรงภายนอก Film Temperature หาจาก

$$T_f = \frac{T_s - T_\infty}{2} \quad (2.8)$$

Local Nusselt number มีค่าเท่ากับ

$$Nu_L = \frac{hL}{k} = 0.332(Re_x)^{1/2} (Pr)^{1/3} \quad (2.9)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยสำหรับการไหลแบบราบเรียบหาได้จาก $h = 2h$ ดังนั้น average Nusselt number หาได้จาก

$$Nu_L = \frac{hL}{k} = 0.664(Re_x)^{1/2} (Pr)^{1/3} \quad (2.10)$$

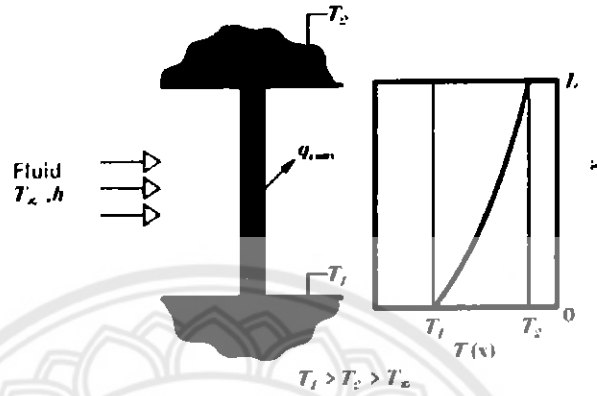
Reynold Nuber หาได้จาก

$$Re = \frac{u_\infty L}{\nu} \quad (2.11)$$

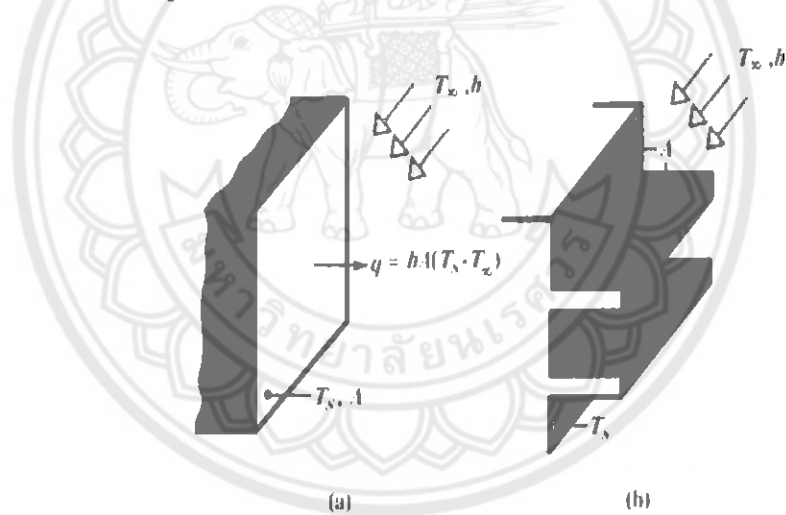
2.5 ครีประบายความร้อน

พื้นผิวที่ยื่นไปในของไหล (extended surface) โดยทั่วไปนั้นหมายถึงของแข็งซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนภายในผิวและมีการพาความร้อน (อาจจะมีการแผ่รังสีความร้อนรวมด้วย) ระหว่างผิวของครีประบายความร้อนกับสิ่งแวดล้อม ระบบดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2.4 ซึ่งเป็นท่อโลหะต่อระหว่างผนังสองอัน ท่อนี้ถูกใช้เป็นตัวยึด (mechanical support) ระหว่างผนังทั้งสองซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทิศทาง x ทำให้เกิดการนำความร้อนภายในแผ่นแท่ง ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะมีพาความร้อนจากพื้นผิวของครีประบายความร้อน แม้ว่าจะมีหลายสถานการณ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลรวมของการนำและการพาความร้อน แต่กรณีในทางปฏิบัติได้แก่กรณีที่พื้นผิวยื่นไปในของไหลนั้นถูกนำไปใช้เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างของแข็งและของไหล พื้นผิวดังกล่าวนี้นี้เรียกว่า “ครีประบายความร้อน (fins)” พิจารณารูปที่ 2.5a ถ้า T_s เป็นค่าคงที่ อัตราการถ่ายเทความร้อนจากผนังสามารถเพิ่มขึ้นได้สองวิธีคือ โดยการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h ซึ่งทำได้ด้วยการเพิ่มความเร็วยิ่งของไหล และอีกวิธีคือทำให้อุณหภูมิของของไหล T_∞ ลดลง อย่างไรก็ตามจะพบว่าในหลายกรณีแม้ว่าค่า h จะเพิ่มสูงจนไม่อาจเพิ่มไปอีกได้ แต่ยังไม่พอเพียงต่อการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนให้ได้ตามความต้องการ หรือไม่ก็อาจทำให้ค่าใช้จ่ายสูงมาก ค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อน หรือเครื่องสูบลม เพื่อใช้ในการเพิ่มค่า h โดยการเพิ่มความเร็วยิ่งของไหล ส่วนวิธีที่

สอง คือการลดอุณหภูมิของไหล T_∞ นั้นแทบจะปฏิบัติไม่ได้ จากรูปที่ 2.5b สังเกตได้ว่ามีอีกวิธีหนึ่งที่ทำได้ คือการเพิ่มพื้นที่ของพื้นผิวที่มีการพาความร้อน โดยการติดครีบบระบายความร้อนซึ่งยื่นออกมาจากผนังท่อของไหลที่ล้อมรอบ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของครีบบมีผลโดยตรงต่อการกระจายอุณหภูมิตลอดตัวครีบ ดังนั้นจึงมีผลต่อการเพิ่มการส่งถ่ายความร้อน



รูปที่ 2.4 ผลรวมของการนำความร้อน และการพาความร้อน



รูปที่ 2.5 การใช้ครีบบระบายความร้อน เพื่อเพิ่มอัตราการระบายความร้อนจากผนัง

2.6 ประสิทธิภาพรวมของระบบที่ติดครีบบ (Overall Surface Efficiency)

ในทางปฏิบัติความร้อนที่ระบายออกจากระบบมิได้ระบายออกเฉพาะในส่วนที่มีครีบบ เท่านั้น แต่ระบายออกจากส่วนที่ไม่ได้ติดครีบบอีกด้วย ดังนั้นการพิจารณาว่าระบบมีการระบายความร้อนได้ดีเพียงใดนั้นจึงต้องพิจารณา รวมทั้งระบบ เราให้นิยามของประสิทธิภาพดังนี้

$$\eta_o = \frac{q_i}{q_{\max}} = \frac{q_i}{hA_i\theta_b} \quad (2.12)$$

โดย q_f และ A_f คืออัตราการระบายความร้อนและพื้นที่ผิวรวมทั้งระบบ อัตราการระบายความร้อนสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อ ทั้งระบบมีอุณหภูมิเท่ากับที่ฐาน T_b พื้นที่ผิวรวมเราสามารถแยกออกเป็นพื้นที่ผิวของฐานส่วนไม่มีครีบบ และพื้นที่ของครีบบ

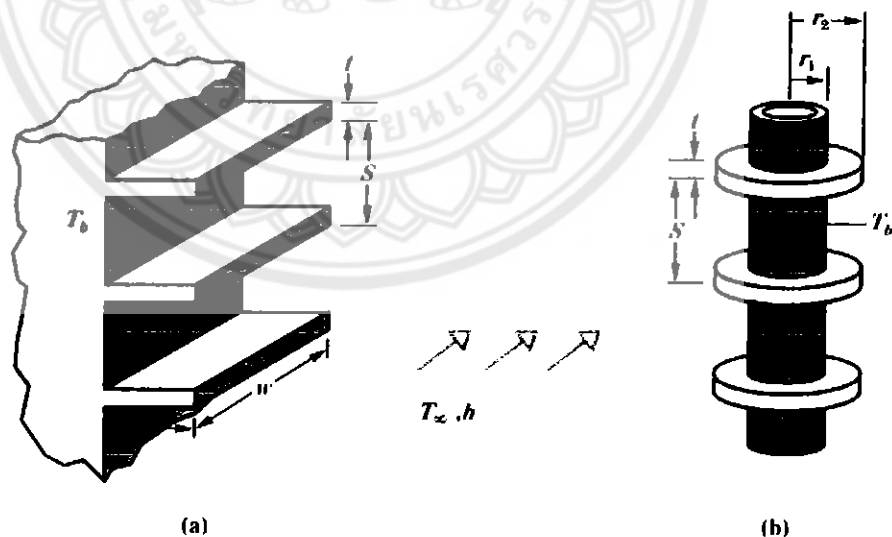
ดังนั้นอัตราการระบายความร้อนทั้งหมด คือ $A_f = A_b + A_c$

$$q_f = hA_b\theta_b + hA_c\eta_c\theta_b \quad (2.13)$$

โดย η_c คือ ประสิทธิภาพของครีบบอันเดียว สมการ 2.10 จัดรูปใหม่ได้เป็น

$$q_f = hA_f \left[1 - \frac{NA_c}{A_f} (1 - \eta_c) \right] \theta_b \quad (2.14)$$

$$\eta_o = 1 - \frac{NA_c}{A_f} (1 - \eta_c) \quad (2.15)$$

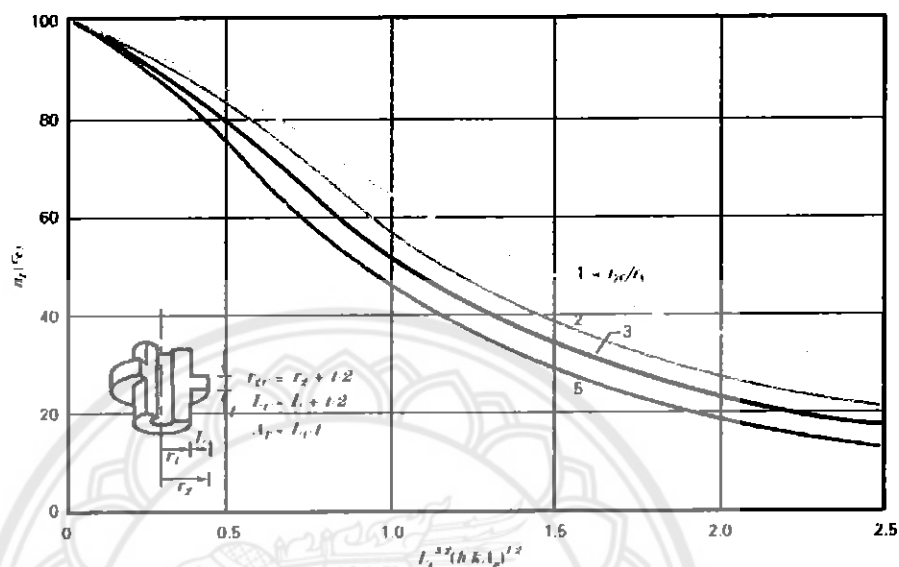


รูปที่ 2.6 การติดครีบบหลายอันเข้ากับผนัง

ครีบริบวงแหวนหาได้จาก

$$A_f = 2\pi (r_{2c}^2 - r_1^2) \quad (2.16)$$

ประสิทธิภาพของครีบริบวงแหวนหาได้จากรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ประสิทธิภาพของครีบริบวงแหวน

2.8 คุณสมบัติของอลูมิเนียม

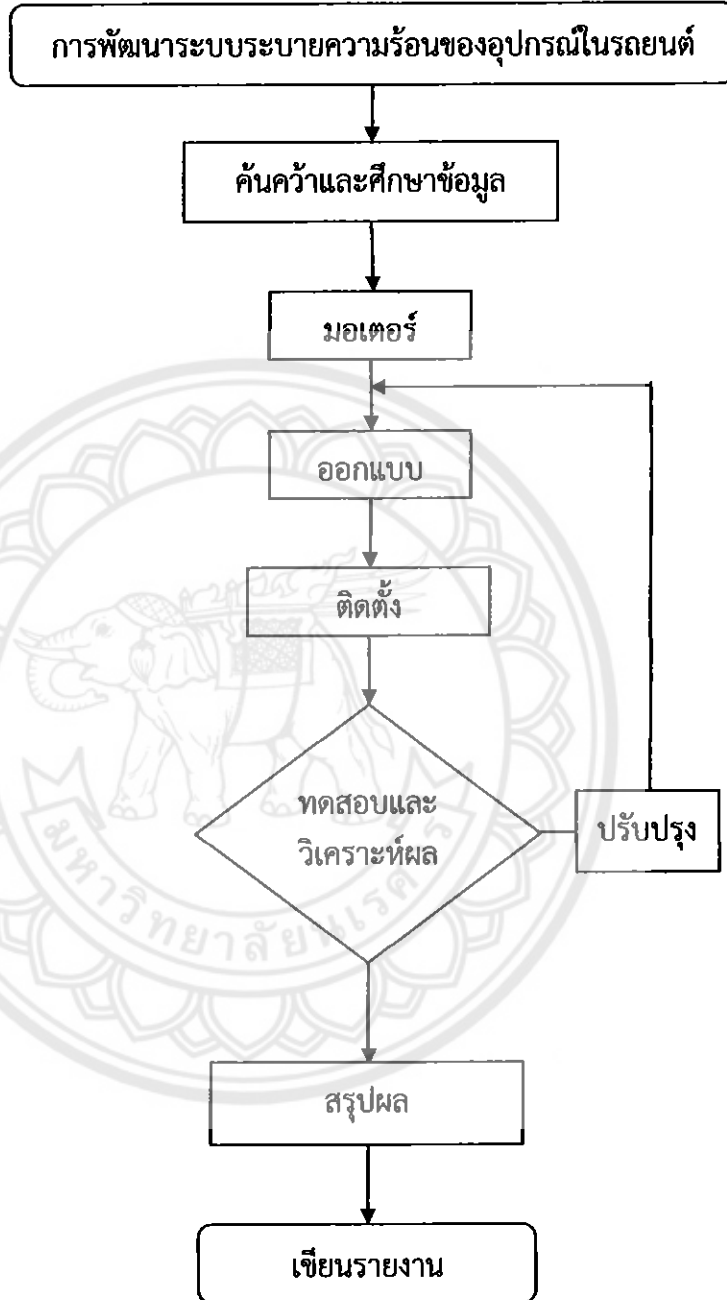
อลูมิเนียมสามารถระบายความร้อนได้ดี สังเกตได้จากการใช้วัสดุอลูมิเนียมกับชิ้นงานที่ต้องทนความร้อนอลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ไม่ทำให้เกิดสนิม ทนฝน ทนแดด น้ำหนักเบา

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties)

จุดหลอมเหลว	660.2 °C
จุดเดือด	2450 °C
ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย	94.5 cal/g
ความร้อนแฝงของการเป็นไอ	2260 cal/g
ความร้อนจำเพาะที่ 100°C	0.224 cal/g
การนำความร้อนที่ 20°C	0.57 cal/g
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (K)	175.63 W/m.K

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงการและการทดลอง



การทดลองทั้งหมดแบ่งเป็น 6 การทดลองซึ่งเป็นการวัดอุณหภูมิของมอเตอร์แล้วครีบรรยายความร้อน โดยการทดลองที่ 1 ไม่มีการระบายความร้อนและทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลกับผลการทดลองตอนที่ 2 ตอนที่ 3 ซึ่งเป็นการทดลองที่มีการระบายความร้อนโดยมีการติดครีและพัดลมเพื่อระบายความร้อน ซึ่งทั้งสามตอนนี้เป็นการวัดค่าแบบ Statics และการทดลองที่ 4 ไม่มีการระบายความร้อนและทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลกับผลการทดลองตอนที่ 5 ตอนที่ 6 ซึ่งเป็นการทดลองที่มีการระบายความร้อนโดยมีการติดครีและพัดลมเพื่อระบายความร้อน โดยเป็นการทดลองวัดอุณหภูมิจากอัตราการเร่งความเร็วคงที่ และอัตราการเบรก ของรถจักรยานไฟฟ้า แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ของแต่ละการทดลองมาสร้างกราฟเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

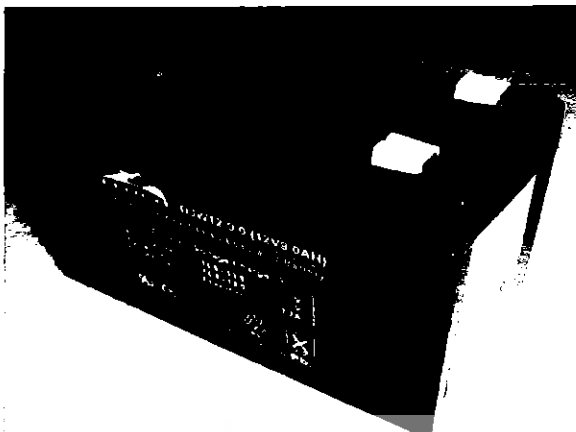
3.1 อุปกรณ์ในการดำเนินโครงการ

3.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V



รูปที่ 3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น MY1016Z2 ขนาด 250W 24V

3.1.2 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 12V จำนวน 2 ก้อน



รูปที่ 3.2 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด 12V

3.1.3 ครัวอลูมิเนียม Aluminum alloy 2074-76 ค่า $K= 175.63 \text{ W/m.K}$ จากภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.4 A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solid



รูปที่ 3.3 ครัวอลูมิเนียม

3.1.4 พัดลม 12 โวลต์ ขนาด 6X6X1.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว ใช้ในการระบายอากาศ
ครีบ



รูปที่ 3.4 พัดลมระบายอากาศ

3.1.5 Differential Temperature Datalogger ยี่ห้อ EXTECH INSTRUMENTS รุ่น
HD200 ใช้ในการวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบบระบายความร้อน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.6 สวิตช์เปิด-ปิด แบบคั่นโยก ใช้การเปิด-ปิด พัดลมระบายอากาศ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สวิตช์ เปิด-ปิด แบบคั่นโยก



3.2 การออกแบบครีประบายความร้อน

3.2.1 การคำนวณออกแบบครีประบายความร้อน

เนื่องจากการขับซีรจกักรยานไฟฟ้า มอเตอร์มีอุณหภูมิสูงสุด $62.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ และเมื่อคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนจะได้ 7.89 W แต่ต้องการที่จะลดอุณหภูมิของมอเตอร์ให้เหลือ $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ และอัตราการถ่ายเทความร้อน 12 W จึงได้คำนวณและออกแบบครีบดังนี้

เนื่องจากการวัสดุที่ใช้ทำครีระบายความร้อนนั้น เป็นอลูมิเนียมซึ่งแผ่นอลูมิเนียมที่มีขายตามท้องตลาดมีเพียงแผ่นที่มีความหนา 3 mm . เท่านั้น ต้องคำนึงถึงการตัดและการนำประกอบกันที่จะให้หักได้ จึงกำหนดค่าต่างๆ ของครีบดังต่อไปนี้

$$t = 0.003\text{ m}, S = 0.006\text{ m}, \text{รัศมีของมอเตอร์ } (r_1) = 0.0515\text{ m}, r_2 = 0.0725\text{ m}$$

$$\text{จาก } A_f = 2\pi(r_2^2 - r_1^2)$$

$$= 2\pi((0.0725^2 - 0.0515^2))$$

$$= 0.018\text{ m}^2$$

$$\text{จาก } A_t = NA_f + 2\pi r_1(H - Ni)$$

$$= (7 \times 0.018) + 2\pi(0.0515)(0.039 - (7 \times 0.003))$$

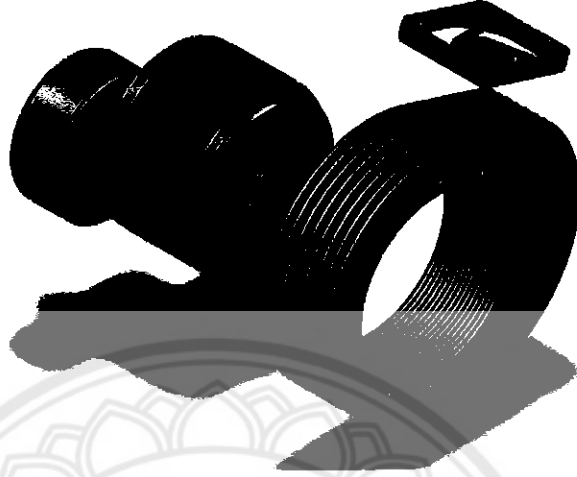
$$= 0.12\text{ m}^2$$

$$\text{จาก } q_r = hA_t \left[1 - \frac{NA_f}{A_t} (1 - \eta_f) \right] \theta_b$$

$$= 19.66(0.12) \left[1 - \frac{7(0.018)}{0.12} (1 - 0.65) \right] (37 - 30)$$

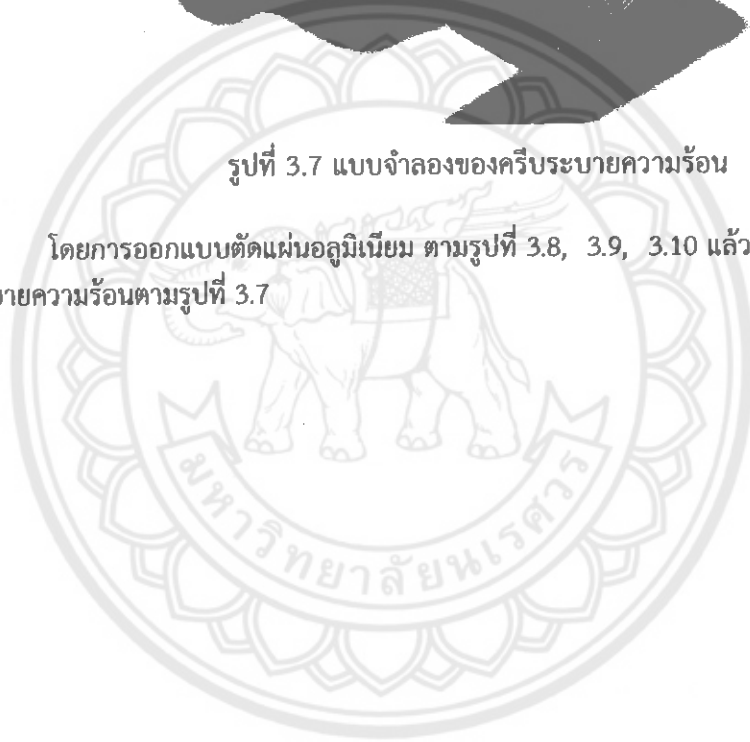
$$= 10.44\text{ W}$$

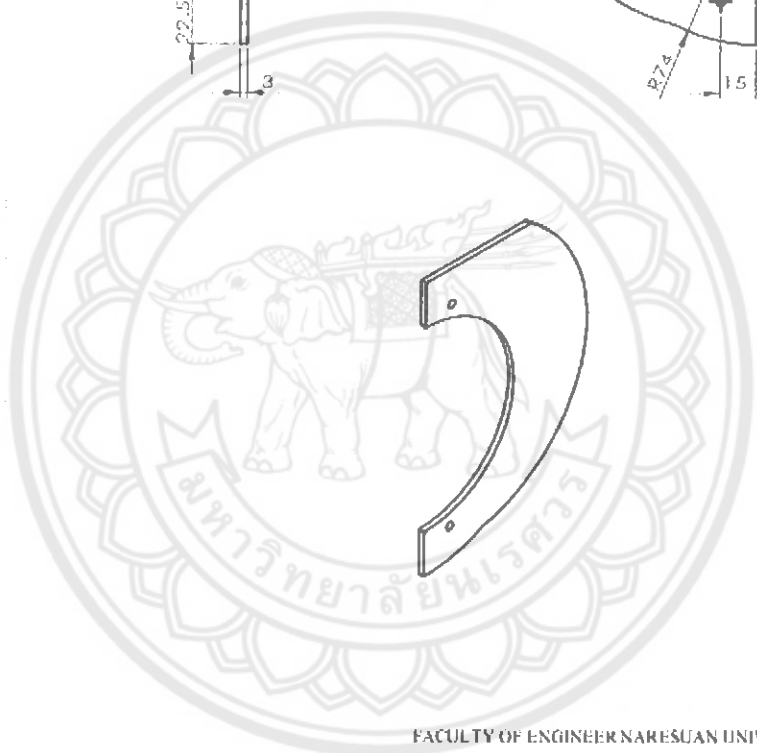
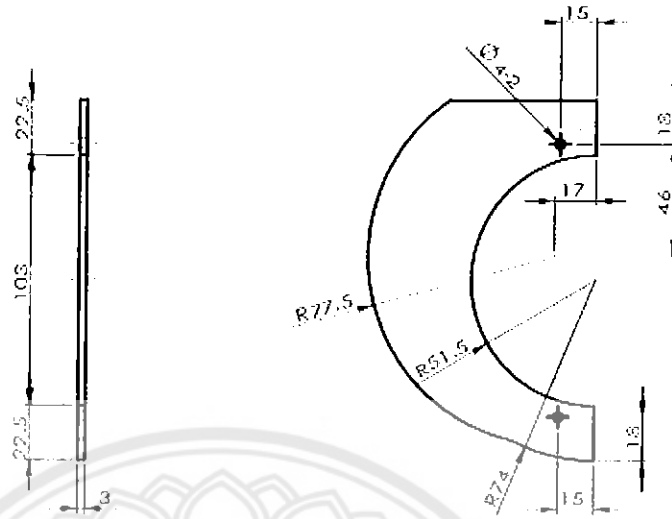
3.2.2 การออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork ในการเขียนแบบจำลองของครีบที่ใช้ในการ
ระบายความร้อน



รูปที่ 3.7 แบบจำลองของครีบระบายความร้อน

โดยการออกแบบตัดแผ่นอลูมิเนียม ตามรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 แล้วนำมาประกอบเป็นครีบ
ระบายความร้อนตามรูปที่ 3.7





FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY

HN A

SCALE : 1:1

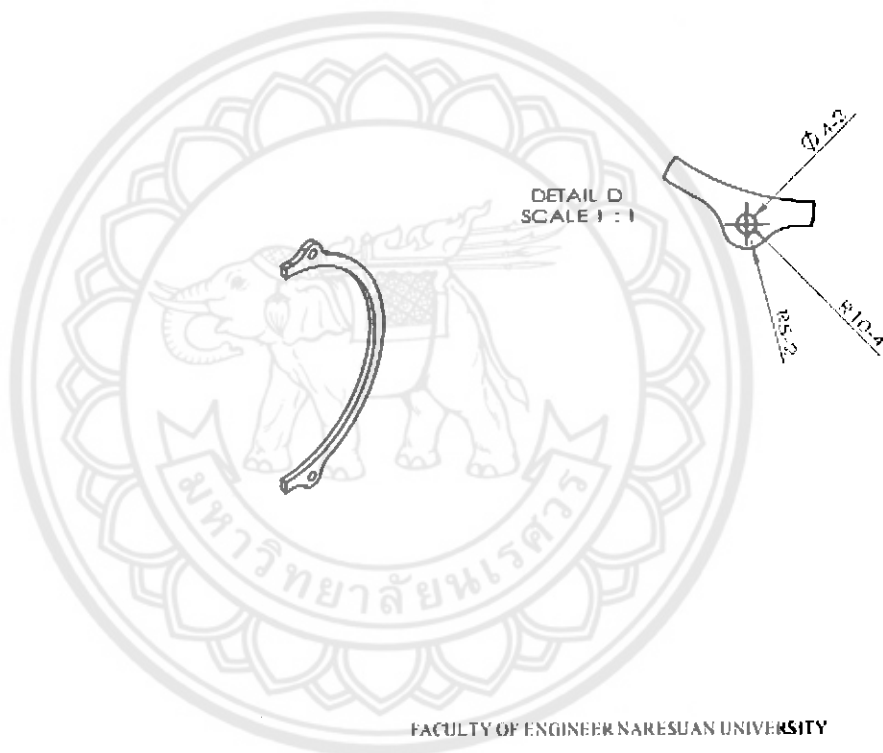
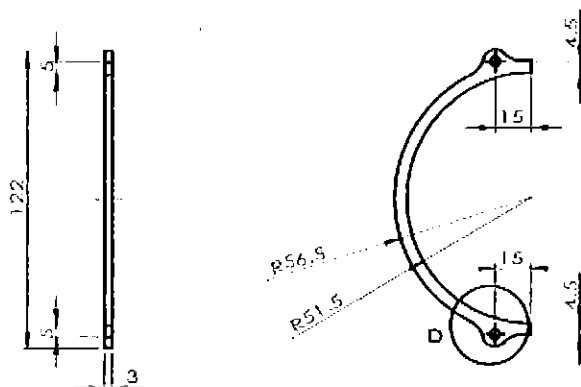
DIMENSION : mm.

PLATE : 1/3

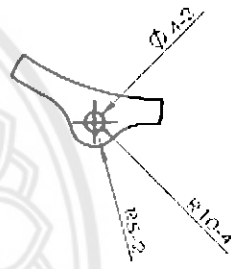
DN by: mechanical project

DATE: 17/03/59

รูปที่ 3.8 การออกแบบขั้วระบายความร้อน



DETAIL D
SCALE 1 : 1

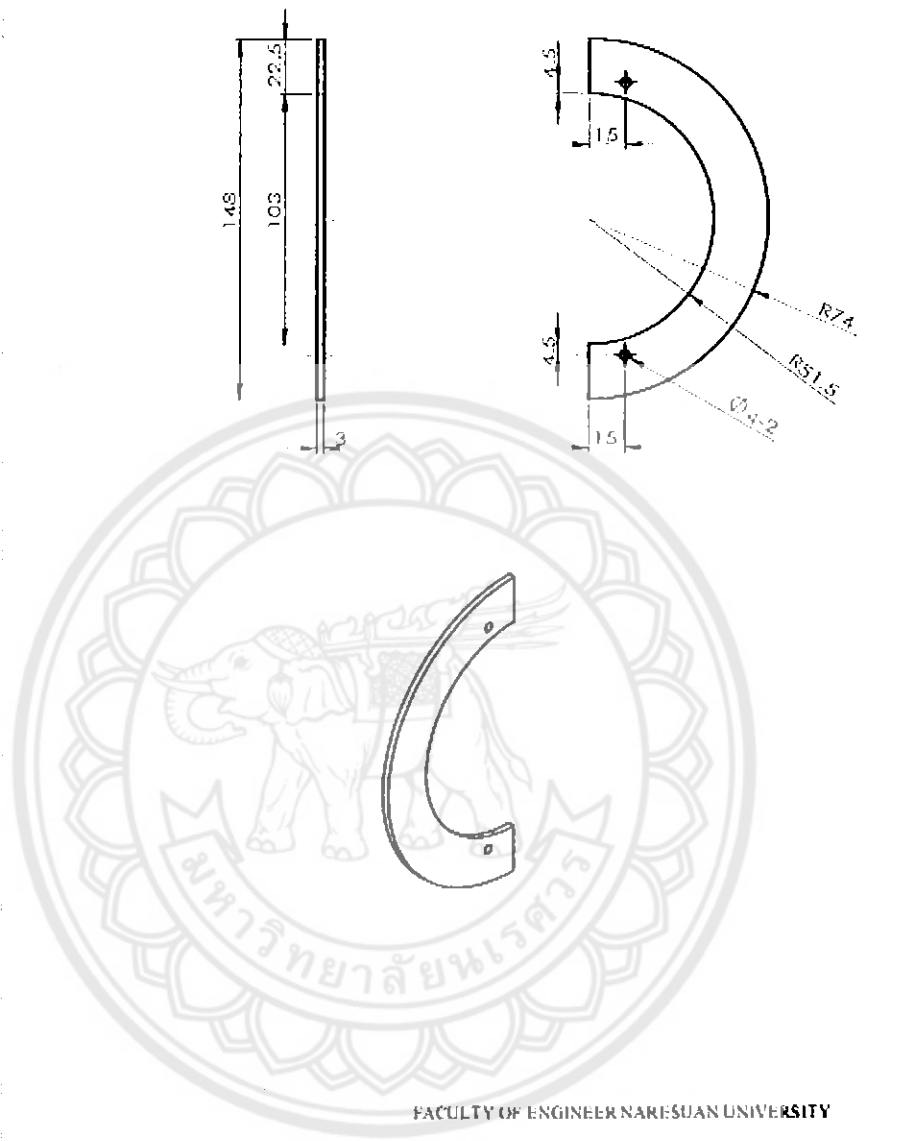


FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY

FIN B

SCALE: 1:1 DIMENSION: mm PLATE: 2/3
DN By: mechanical project DATE: 17/03/55

รูปที่ 3.9 การออกแบบขั้วรับระบายความร้อน



HN C

SCALE: 1:1

DIMENSION: mm.

PLATE: 3/3

DN By: mechanical project

DATE: 17/03/55

รูปที่ 3.10 การออกแบบครีบรรยายความร้อน

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การทดลองตอนที่ 1

ขั้นตอนการทดลอง

1. การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน โดยการขับรถจักรยาน 1 ชั่วโมง โดยที่ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยาน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
2. บันทึกผลทุกๆ 5 นาที โดยทำการวัดอุณหภูมิทั้ง 3 จุด คือ ด้านข้างมอเตอร์ ด้านหน้ามอเตอร์ และด้านหลังมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.11



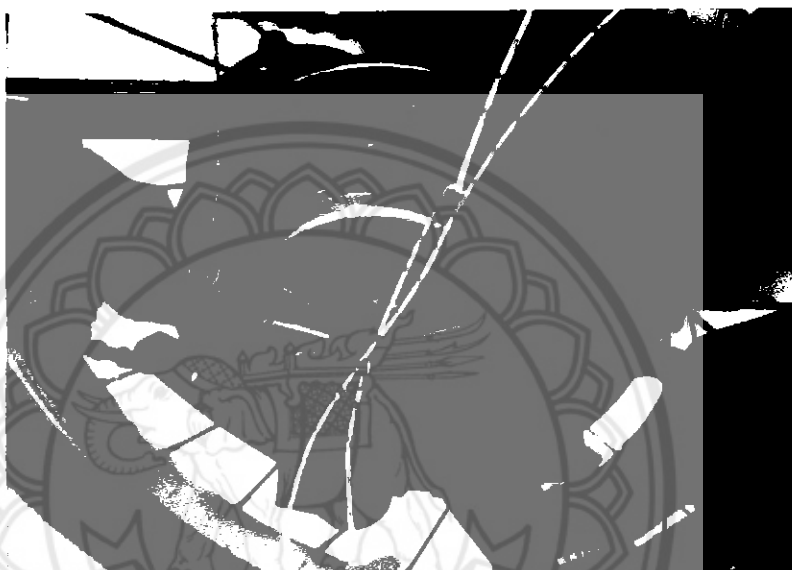
รูปที่ 3.11 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์

3.3.2 การทดลองตอนที่ 2

ขั้นตอนการทดลอง

1.การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน และติดตั้งครีประบายความร้อนที่มอเตอร์ โดยการขับรถจักรยาน 1 ชั่วโมง โดยที่ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยาน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.บันทึกผลทุกๆ 5 นาที ทำการวัดอุณหภูมิทั้ง 5 จุด คือ ด้านข้างมอเตอร์ ด้านหน้ามอเตอร์ ครีبد้านหน้ามอเตอร์ ด้านหลังมอเตอร์ และครีبد้านหลังมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.12



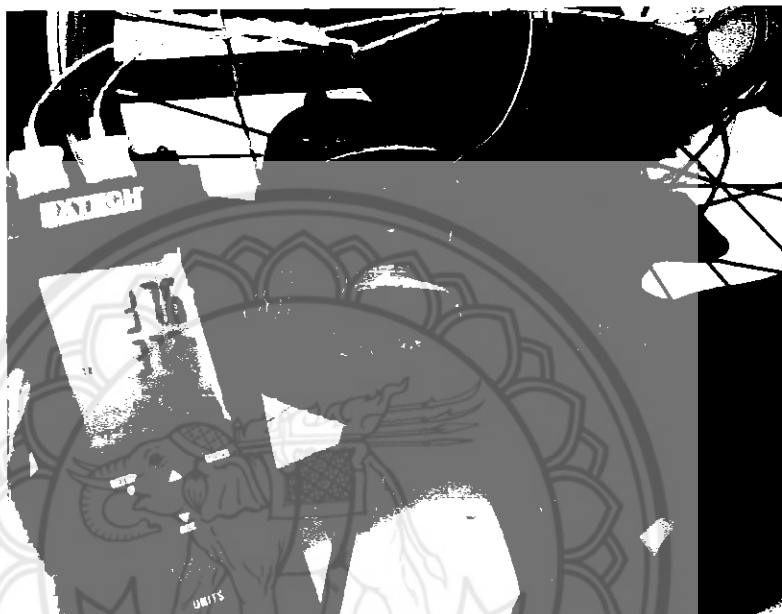
รูปที่ 3.12 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบ

3.3.3 การทดลองตอนที่ 3

ขั้นตอนการทดลอง

1. การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน และติดตั้งครีบบและติดพัดลมระบายความร้อน โดยการขับรถจักรยาน 1 ชั่วโมง โดยที่ความเร็วเฉลี่ยของรถจักรยาน 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2. บันทึกผลทุกๆ 5 นาที ทำการวัดอุณหภูมิทั้ง 5 จุด คือ ด้านข้างมอเตอร์ ด้านหน้ามอเตอร์ ครีbsd้านหน้ามอเตอร์ ด้านหลังมอเตอร์ และครีbsd้านหลังมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.13



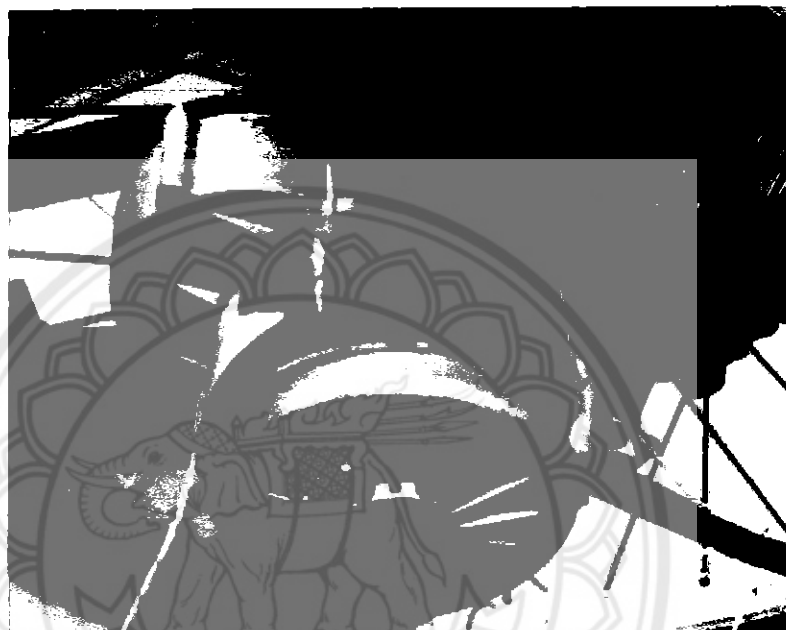
รูปที่ 3.13 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบบเมื่อติดพัดลมระบายความร้อน

3.3.4 การทดลองตอนที่ 4

ขั้นตอนการทดลอง

1. การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน

2. วัดอุณหภูมิและบันทึกผล เริ่มจากที่ความเร็ว 0, 5, 10, 15, 20 km/hr และความเร็วคงที่ที่ 20 km/hr บันทึกผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที และตอนเบรกที่ความเร็ว 15, 10, 5, 0 km/hr ดังรูปที่ 3.14



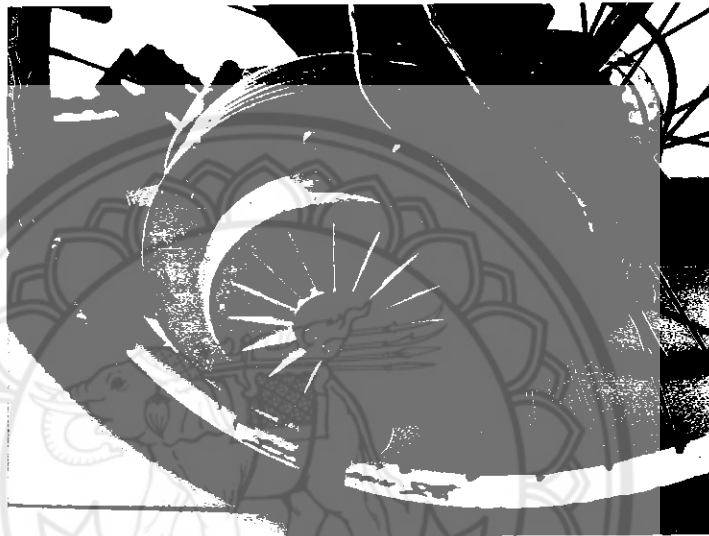
รูปที่ 3.14 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์

3.3.5 การทดลองตอนที่ 5

ขั้นตอนการทดลอง

1.การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน โดยการติดตั้งครีบบระบายความร้อน

2.วัดอุณหภูมิและบันทึกผล เริ่มจากที่ความเร็ว 0, 5, 10, 15, 20 km/hr และความเร็วคงที่
ที่ 20 km/hr บันทึกผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที และตอนเบรกที่ความเร็ว 15, 10, 5, 0
km/hr ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบบีระบายความร้อน

1599 86 33

๒๖.

๕๖๖๖๗

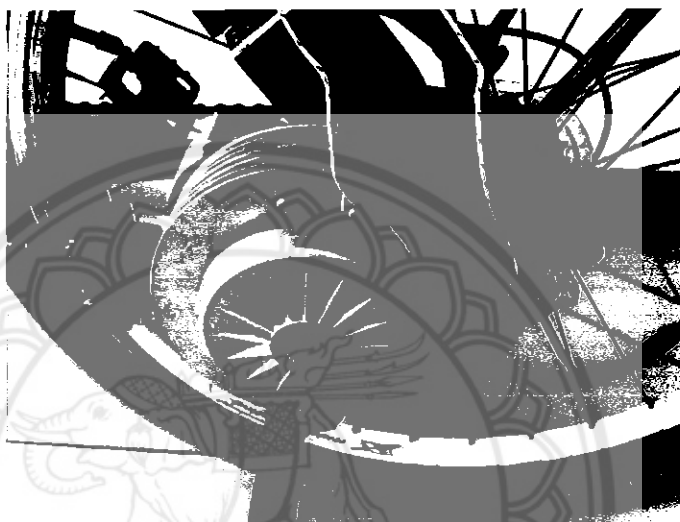
๒๕๖๔

3.3.6 การทดลองตอนที่ 6

ขั้นตอนการทดลอง

1. การติดตั้งมอเตอร์เข้ากับรถจักรยาน โดยการติดตั้งครีบลมและพัดลมระบายความร้อน

2. วัดอุณหภูมิและบันทึกผล เริ่มจากที่ความเร็ว 0, 5, 10, 15, 20 km/hr และความเร็วคงที่ 20 km/hr บันทึกผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที และตอนเบรกที่ความเร็ว 15, 10, 5, 0 km/hr ดังรูปที่ 3.16



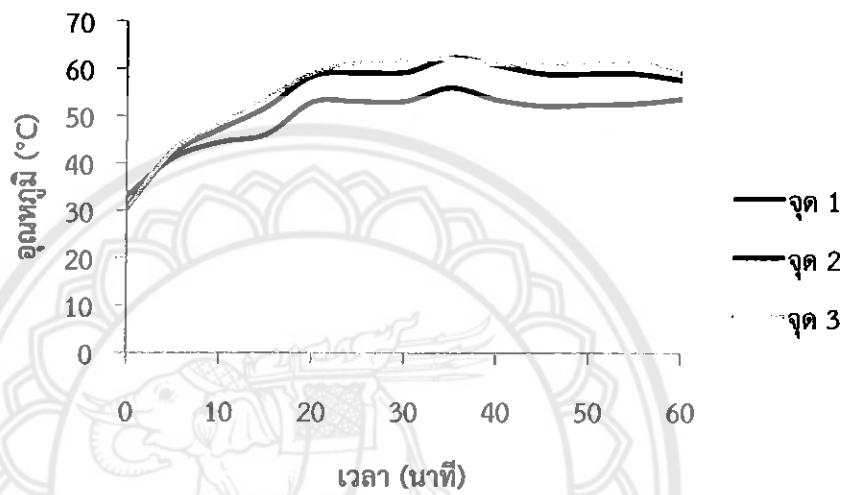
รูปที่ 3.16 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์และครีบลมเมื่อติดตั้งพัดลมระบายความร้อน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

จากการทดลองการเกิดความร้อนและการระบายความร้อนของมอเตอร์ ซึ่งนำมาแสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1



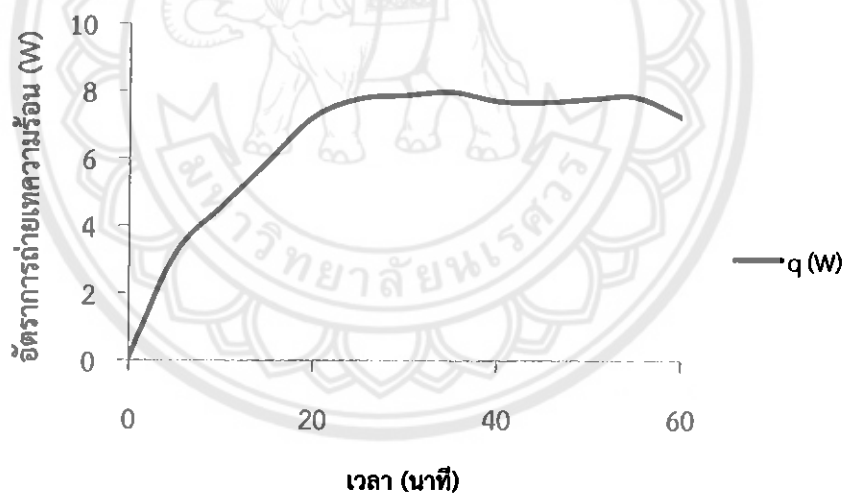
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิของมอเตอร์

จากการทดลองที่ 1 เมื่อเริ่มขับรถในช่วงแรกกราฟจะมีความชันมากและจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 20-35 นาที และจะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากแบตเตอรี่มีการเสไฟฟ้าที่น้อยลง สามารถนำค่าอุณหภูมิมาคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ได้ดัง รูปที่ 4.2 เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ 2, 3

ตารางที่ 4.1 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 1

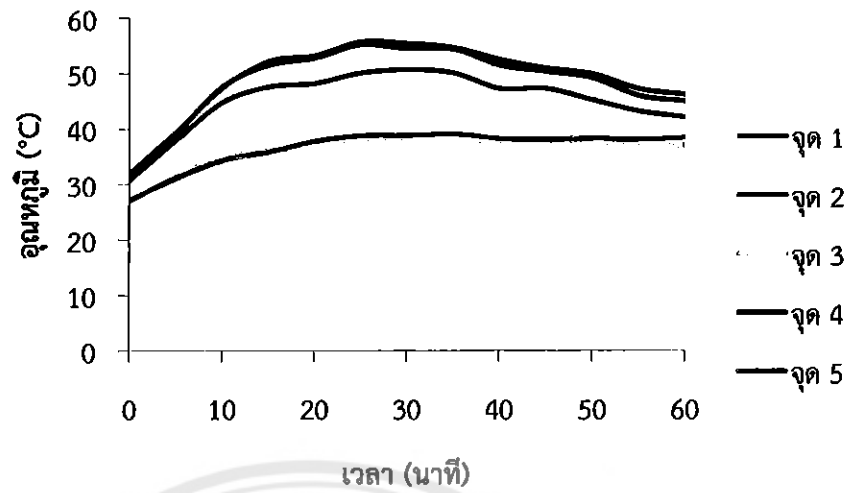
เวลา (นาท)	q (W)
0	0.10
5	3.17
10	4.56
15	5.90
20	7.23
25	7.78
30	7.88
35	7.98
40	7.70
45	7.68
50	7.78
55	7.83
60	7.23

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางมาแสดงในการรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2



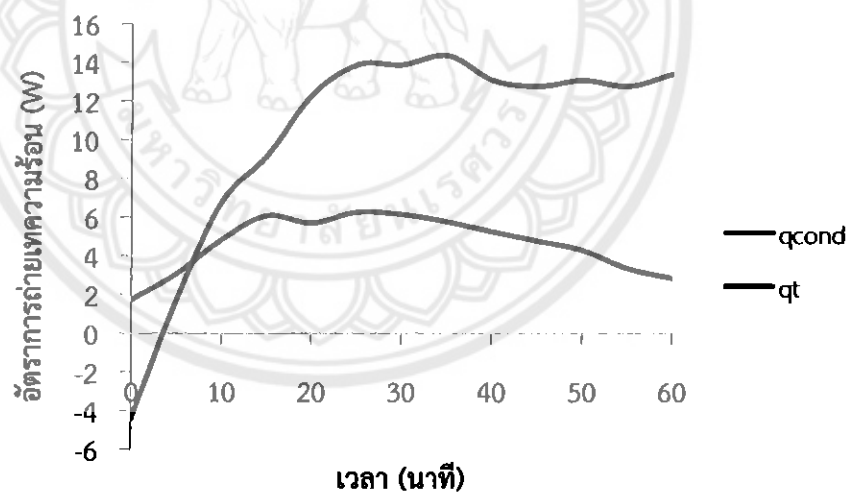
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิมอเตอร์ที่ติดเครื่องระบายความร้อน

จากการทดลองที่ 2 เมื่อเริ่มขับรถในช่วงแรกกราฟจะมีความชันมากและจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 20-35 นาที และจะค่อยๆลดลงเนื่องจากแบตเตอรี่มีการเสไฟฟ้าที่น้อยลง อุณหภูมิจะต่ำกว่าการทดลองที่ 1 เนื่องจากความร้อนจะมีการถ่ายเทไปยังเครื่องระบายความร้อน จะได้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในโปรแกรม Excel แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 2

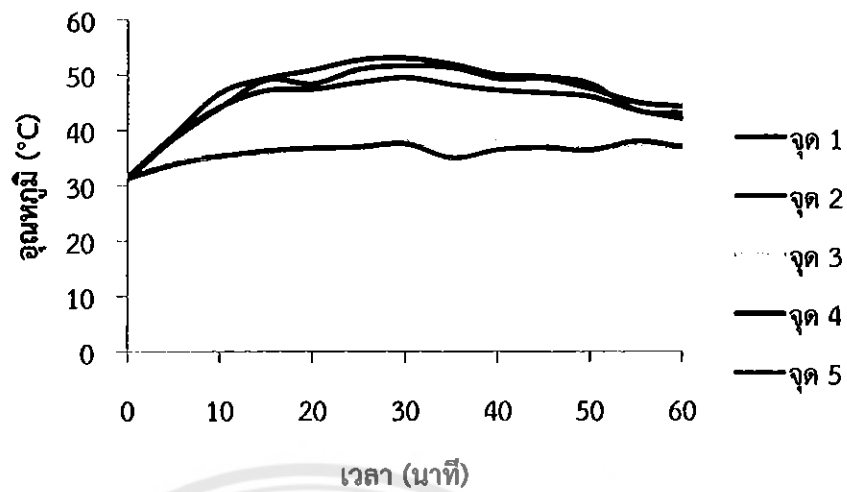
เวลา	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	1.74	-4.42
5	3.07	1.74
10	4.85	6.79
15	6.07	9.15
20	5.70	12.31
25	6.26	13.89
30	6.14	13.89
35	5.77	14.36
40	5.26	13.10
45	4.77	12.78
50	4.29	13.10
55	3.37	12.78
60	2.85	13.42

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 4.2 มาแสดงในการรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติดเครื่องระบายความร้อน

4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 3



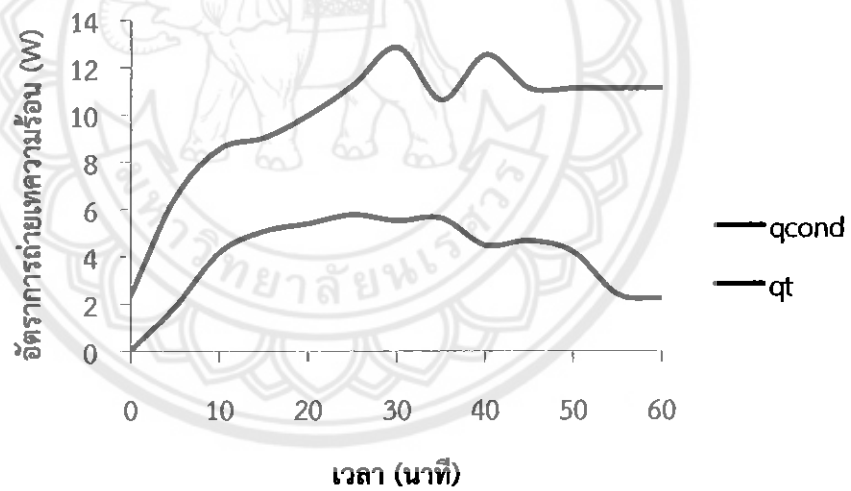
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่ติดเครื่องระบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ

จากการทดลองที่ 3 เมื่อเริ่มขับรถในช่วงแรกกราฟจะมีความชันมากและจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลา 20-35 นาที และจะค่อยๆลดลงเนื่องจากแบตเตอรี่มีการเสถียรไฟฟ้าน้อยลง อุณหภูมิจะต่ำกว่าการทดลองที่ 1 และ 2 เนื่องจากความร้อนจะมีการถ่ายเทไปยังเครื่องระบายความร้อนและมีการติดพัดลมระบายอากาศช่วย จะได้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในโปรแกรม Excel แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 3

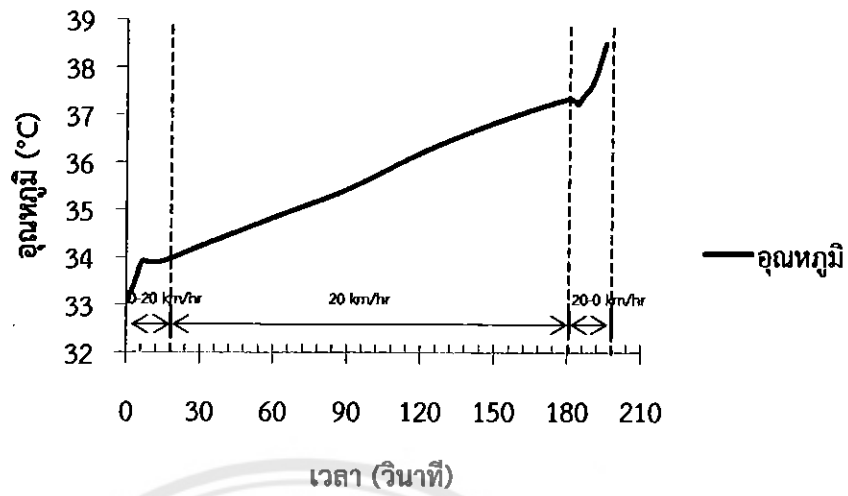
เวลา (นาที)	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	0.04	2.38
5	1.89	6.50
10	4.18	8.56
15	5.07	9.04
20	5.40	9.99
25	5.77	11.26
30	5.52	12.84
35	5.63	10.62
40	4.48	12.53
45	4.66	11.10
50	4.18	11.10
55	2.41	11.10
60	2.22	11.10

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 4.3 มาแสดงในการรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติดครีบริบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4



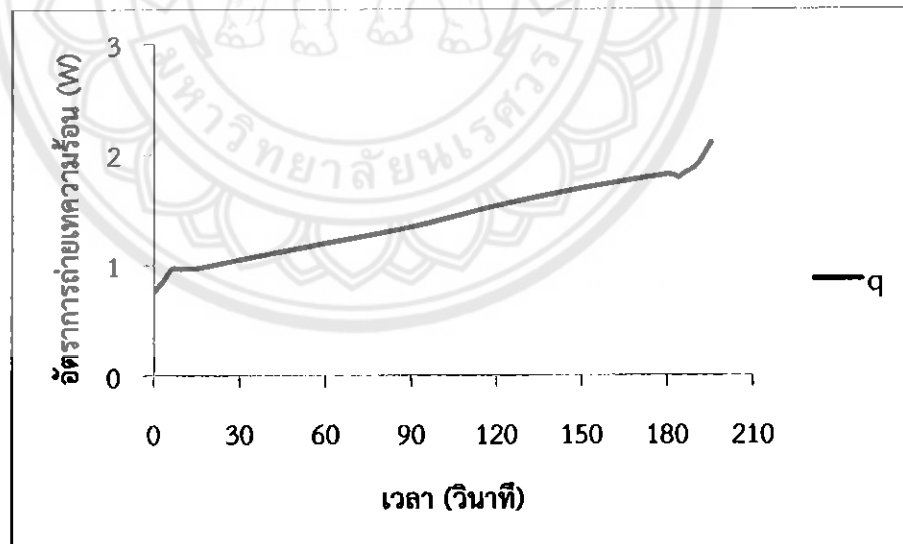
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของมอเตอร์

จากการทดลองที่ 4 เมื่อขับรถจากความเร็ว 0 ถึง 20 km/hr จะใช้เวลา 15.75 วินาที เนื่องจากมีอัตราเร่งจึงทำให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูง เส้นกราฟที่ชัน และเมื่อความเร็วคงที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น เมื่อเริ่มเบรกจากความเร็ว 20 ถึง 0 km/hr อุณหภูมิจะสูงขึ้นเส้นกราฟจะชันขึ้นอีกครั้ง ดังรูปที่ 4.7 จะได้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในโปรแกรม Excel แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 4

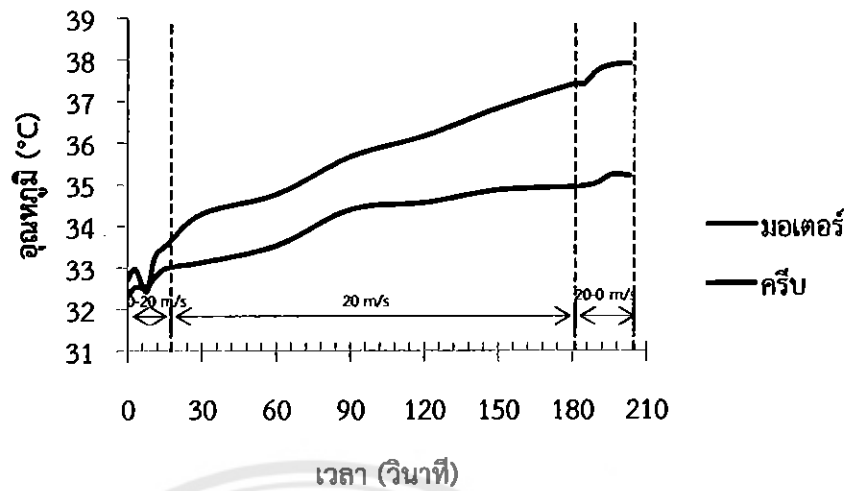
เวลา (วินาที)	q (W)
0	0.76
3.53	0.87
6.24	0.97
9.57	0.97
15.75	0.97
30	1.05
60	1.20
90	1.35
120	1.54
150	1.69
180	1.82
183.71	1.79
185.65	1.82
190.28	1.91
195.13	2.11

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 4.4 มาแสดงในการรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์

4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 5



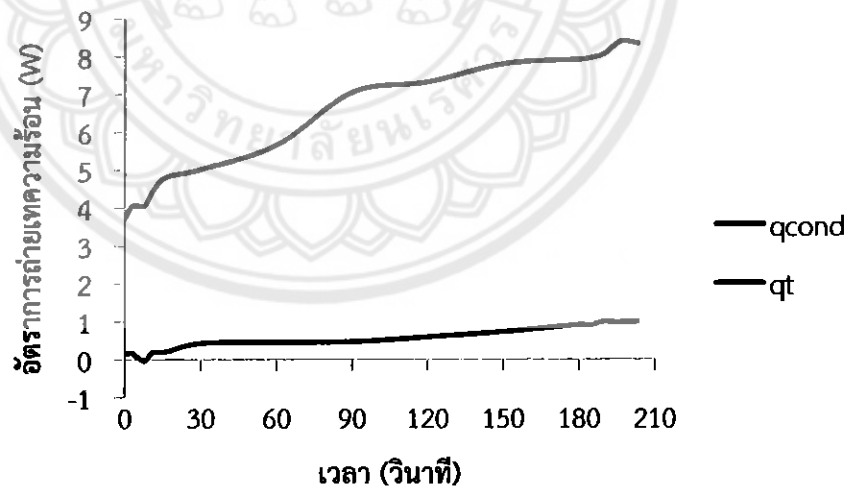
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิของมอเตอร์ที่ติดครีประบายความร้อน

จากการทดลองที่ 5 เมื่อขับรถจากความเร็ว 0 ถึง 20 km/hr จะใช้เวลา 15.95 วินาที เนื่องจากมีอัตราเร่งจึงทำให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูง เส้นกราฟที่ชัน และเมื่อความเร็วคงที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น เมื่อเริ่มเบรกจากความเร็ว 20 ถึง 0 km/hr อุณหภูมิจะสูงขึ้นเส้นกราฟจะชันขึ้นอีกครั้ง ในส่วนของครีประบายความร้อนจะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่คงที่ ดังรูปที่ 4.9 จะได้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในโปรแกรม Excel แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 5

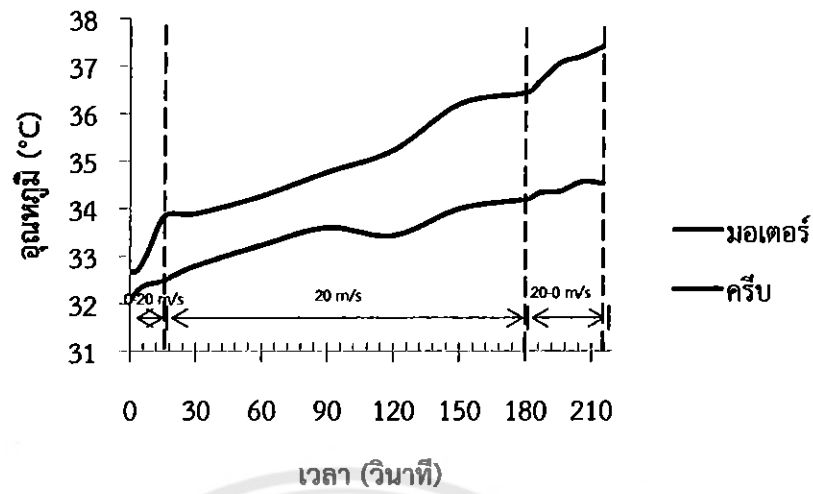
เวลา(วินาที)	$q_{cond}(W)$	$q_t (W)$
0	0.15	3.74
2.98	0.16	4.06
7.63	-0.04	4.06
10.87	0.19	4.44
15.98	0.21	4.81
30	0.43	5.02
60	0.46	5.67
90	0.47	7.06
120	0.59	7.32
150	0.73	7.80
180	0.91	7.91
184.4	0.90	7.96
189.68	1.00	8.07
195.94	0.97	8.39
202.94	1.00	8.34

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 4.5 มาแสดงในการรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติดครีบริบายความร้อน

4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 6



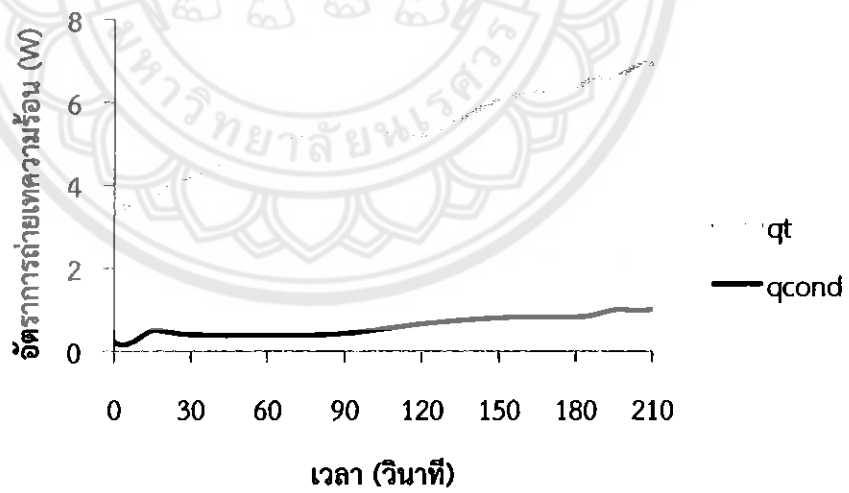
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิของมอเตอร์และครีปที่ติดพัดลมระบายความร้อน

จากการทดลองที่ 6 เมื่อขับรถจากความเร็ว 0 ถึง 20 km/hr จะใช้เวลา 18.64 วินาที เนื่องจากมีอัตราเร่งจึงทำให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูงเส้นกราฟที่ชัน และเมื่อความเร็วคงที่อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น เมื่อเริ่มเบรกจากความเร็ว 20 ถึง 0 km/hr อุณหภูมิจะสูงขึ้นเส้นกราฟจะชันขึ้นอีกครั้ง ในส่วนของครีประบายความร้อนจะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่คงที่ ดังรูปที่ 4.11 จะได้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการคำนวณในโปรแกรม Excel แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 6

เวลา (วินาที)	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	0.22	3.34
3.25	0.16	3.44
7.5	0.23	3.64
14.22	0.48	3.74
18.68	0.49	3.89
30	0.41	4.25
60	0.38	4.91
90	0.43	5.46
120	0.67	5.21
150	0.81	6.07
180	0.83	6.37
185.98	0.86	6.58
195.54	1.00	6.63
205.34	0.97	6.93
214.96	1.06	6.88

สามารถนำค่าจากการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในตารางที่ 4.6 มาแสดงในการรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการถ่ายเทความร้อนของมอเตอร์ที่ติดครีบริบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ

4.7 อภิปรายผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นารทดลองเพื่อศึกษาการเกิดความร้อน การถ่ายเทความร้อน การระบาย ความ และพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการถ่ายเทความร้อน เพื่อการระบายความร้อนในอุปกรณ์ รถจักรยานไฟฟ้า โดยยึดหลักการของวิชา Heat Transfers คือ การนำความร้อนและการพาความร้อน โดยวัสดุที่ใช้คือ ครีระบายความร้อนทำจากอลูมิเนียมและพัดลมระบายอากาศ ขนาด 6X6X1.5 เซนติเมตร 12 โวลต์ จำนวน 1 ตัว เนื่องจากอลูมิเนียม มีคุณสมบัติในการนำความร้อน และการระบายความร้อนได้ดีกว่าวัสดุอื่น มีน้ำหนักเบา ซึ่งสูตรการนำความร้อนและการพาความร้อนตามทฤษฎีมีดังนี้

การนำความร้อนจากมอเตอร์ไปยังครีระบายความร้อน

$$q = \frac{T_{s,m} - T_{s,f}}{\frac{L}{k_m A} + \frac{L}{k_f A}}$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน

$$q_r = hA(T_{s,i} - T_{\infty})$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนของครีระบายความร้อน

$$q_r = hA_i \left[1 - \frac{NA_f}{A_i} (1 - \eta_f) \right] \theta_b$$

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 6 การทดลอง

ซึ่งการทดลองตอนที่ 1, 2, 3 เป็นการทดลองแบบ Statics คือ เริ่มจับเวลาจากการออกตัว และจะวัดอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที โดยมีการหยุดรถเพื่อทำการวัด ค่าที่ได้จากการทดลองจะแสดงเป็น กราฟดังที่แสดงในการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ ผลที่ได้จะพบว่า อุณหภูมิจะ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดและค่อยๆลดลง เมื่อกระแสไฟฟ้าลดลง ค่าอัตราการเกิดและการถ่ายเทความร้อนแต่ละการทดลองจะมีค่าแตกต่างกัน อุณหภูมิมีค่ามากไปน้อยในการทดลองตอนที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ ถ้า อัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยแสดงถึงการระบายความร้อนได้ไม่ดี แต่ถ้าค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมากแสดงถึงการถ่ายเทความร้อนได้ดี

อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับ θ_b (ผลต่างของอุณหภูมิของผิววัตถุกับอุณหภูมิของ สิ่งแวดล้อม) จากการทดลองที่ 5, 6 จะสังเกตว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 5 มากกว่าการทดลองที่ 6 เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของมอเตอร์และครีมีค่าที่แตกต่างกัน และ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันด้วยเพราะทดลองคนละช่วงเวลา เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณจึงได้ ใช้อุณหภูมิเฉลี่ยของสิ่งแวดล้อมที่ 30 °C

และการทดลองตอนที่ 4, 5, 6 เป็นการทดลองแบบ Dynamic คือ จะเริ่มวัดอุณหภูมิเมื่อรถเริ่มออกตัวจากความเร็ว 0, 5, 10, 15, 20 km/hr และวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 20 km/hr วัดอุณหภูมิทุกๆ 30 วินาที และวัดอุณหภูมิเมื่อเบรกรถที่ความเร็ว 15, 10, 5, 0 km/hr ค่าที่ได้จากการทดลองจะแสดงเป็นกราฟดังที่แสดงในการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 4, 5, 6 ตามลำดับ ผลที่ได้จะเห็นว่าช่วงที่เริ่มออกตัวกราฟอุณหภูมิจะสูงขึ้นมาก เนื่องจากตอนออกตัวมอเตอร์ต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่มาก เพื่อมารับกับโหลดจึงทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่มอเตอร์ เมื่อความเร็วคงที่อุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มและจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเมื่อมีการเบรค ก็เนื่องจากที่มอเตอร์มีกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปกว่าโหลดนั่นเอง จากการกราฟจะเห็นว่าอัตราเกิดความร้อนและอัตราการถ่ายเทความร้อนไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากเป็นการทดลองที่ใช้ระยะเวลาที่สั้น แต่ก็ยังมีการถ่ายเทความร้อนไปยังครีบริบายความร้อนอยู่พอสมควร

ในการทดลองในแต่ละตอน และแต่ละครั้ง แต่ละการทดลองค่าของอุณหภูมิห้องของมอเตอร์ครีบริบายความร้อน และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากันมีผลต่อการทดลอง จึงทำให้ได้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าการทดลองแบบที่มีการติดครีบริบายความร้อนติดและพัฒนาระบายอากาศจะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด จึงเลือกที่จะมีการติดครีบริบายความร้อนและติดพัฒนาระบายอากาศ



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การเกิดความร้อนของมอเตอร์ เกิดจากการจับโพลดของมอเตอร์ทำให้เกิดกระแสเกินและเมื่อใช้เป็นเวลานานความร้อนจะสะสมอยู่ที่มอเตอร์จะทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนภายในมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานที่ลดลง

การเกิดความร้อนของมอเตอร์ที่มีอุณหภูมิสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ด้านหลังของมอเตอร์ ดังนั้น เมื่อมีการติดครีบบระบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ สามารถช่วยในการลดอุณหภูมิของมอเตอร์ได้ 17 % และอัตราการถ่ายเทความร้อน 49 %

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในครั้งต่อไป

5.2.1 ด้านการเลือกวัสดุ ควรเลือกแผ่นอลูมิเนียมที่มีแผ่นบางกว่านี้เพื่อการระบายที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

5.2.2 ด้านการออกแบบควรมีการออกแบบครีบบำรุงรักษาให้มีความกะทัดรัด สวยงาม ถ้าครีบบำรุงรักษาใหญ่เกินไปจะไม่สามารถปรับจกกรยานได้ และต้องคำนึงการถ่ายเทความร้อนที่ดี

5.2.3 ควรมีการศึกษาผลกระทบของความร้อนที่มีผลต่อแม่เหล็กและขดลวดของมอเตอร์

5.2.4 การระบายความร้อนใช้ลมในการระบายความร้อนก็เพียงพอ ไม่ต้องระบายความร้อนแบบ liquid cool เพราะอุณหภูมิจากมอเตอร์มีค่าไม่สูงมาก

อ้างอิง

Incropera, D., Bergmann, L., (2007). Heat Transfer from Extended Surface. (6th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

ข้อดีของอลูมิเนียม. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2555. จาก

<http://www.qzana.com/advantages%20of%20aluminum.php>

พิรพงศ์ ลิ้มประสิทธิ์วงศ์. (8 ธันวาคม 2551). อุณหภูมิกับการใช้งานมอเตอร์ Motor with Temperature Utilization. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2555.

จาก <http://www.thailandindustry.com/guru>

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ครีบบระบายความร้อน (Fin). สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2554. จาก <http://mte.kmutt.ac.th/elearning>

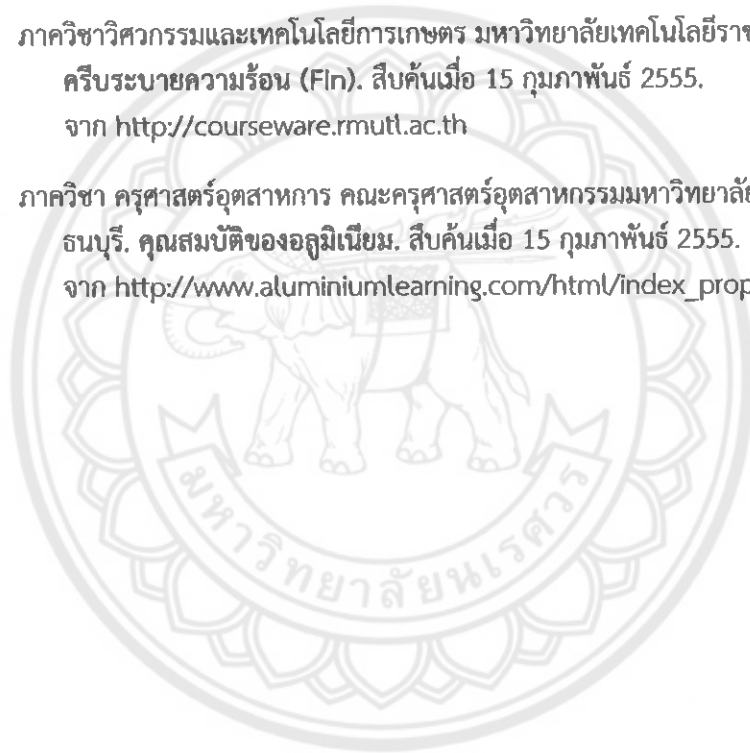
ภาควิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ครีบบระบายความร้อน (Fin). สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2555.

จาก <http://courseware.rmutl.ac.th>

ภาควิชา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. คุณสมบัติของอลูมิเนียม. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2555.

จาก http://www.aluminiumlearning.com/html/index_properties.html







ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์ ของการทดลองที่ 1

เวลา	จุด 1	จุด 2	จุด 3
0	33.2	30.8	30.4
5	41.1	42.1	42.8
10	44.5	47.2	48.4
15	46.2	51.9	53.8
20	53	58.5	59.2
25	53.1	59.2	61.4
30	53.2	59.3	61.8
35	56	62.4	62.2
40	53.5	60.8	61.1
45	52.2	59	61
50	52.5	59	61.4
55	52.7	59	61.6
60	53.7	57.7	59.2

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีระบายความร้อน ของการทดลองที่ 2

เวลา	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 4	จุด 5
0	30.8	30.7	27	31.9	27.2
5	38	39.1	31.4	39.4	31.1
10	44.8	47.6	35.2	47.4	34.3
15	47.6	51.5	36.1	52.2	35.8
20	48.2	52.8	37.1	53.2	37.8
25	50.1	55.2	37.7	55.7	38.8
30	50.7	54.5	37.8	55.4	38.8
35	50.1	54.4	37.4	54.7	39.1
40	47.3	51.5	37.5	52.5	38.3
45	47.3	50.4	37.5	51	38.1
50	45.2	49.2	37.3	49.9	38.3
55	43.2	46	37.1	47.2	38.1
60	42.1	45	37	46.2	38.5

ตารางที่ ก.3 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบบระบายความร้อนที่ติดพัดลม ของการทดลองที่ 3

เวลา	จุด 1	จุด 2	จุด 3	จุด 4	จุด 5
0	31.5	31.3	31.5	31.6	31.3
5	39	38.5	34.1	39.2	33.8
10	44.2	44.1	35.4	46.7	35.3
15	47.2	49.1	35.7	49.4	36.3
20	47.4	48.4	36.3	50.9	36.8
25	48.6	51	37.1	52.7	37
30	49.5	51.6	38.1	53	37.5
35	48.2	51.3	36.7	51.9	35
40	47.2	49.3	37.9	50	36.5
45	46.7	49.3	37	49.6	36.8
50	46	47.4	37	48.3	36.3
55	43.5	45	37	43.5	38
60	42	44.2	37	43	36.9

ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์ ของการทดลองที่ 4

ความเร็ว	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		เฉลี่ย	
	เวลา	อุณหภูมิ	เวลา	อุณหภูมิ	เวลา	อุณหภูมิ	เวลา	อุณหภูมิ
0	0	33	0	33.3	0	32.9	0	33.07
5	2.89	33	3.67	33.5	4.03	34	3.53	33.50
10	5.91	33.5	6.35	33.7	6.47	34.5	6.24	33.90
15	8.71	33.4	9.58	33.8	10.43	34.5	9.57	33.90
20	14.67	33	15.77	33.8	16.8	35	15.75	33.93
20	30	33.7	30	35	30	34	30	34.23
20	60	34	60	35.2	60	35.3	60	34.83
20	90	34.2	90	36	90	36.1	90	35.43
20	120	34.8	120	36.7	120	37.1	120	36.20
20	150	35	150	37.3	150	38.2	150	36.83
20	180	35.7	180	38	180	38.3	180	37.33
15	183.35	36	184.44	38.2	183.34	37.5	183.71	37.23
10	185.19	36.1	186.59	38.5	185.16	37.5	185.65	37.37
5	190.82	36.2	190.66	38.3	189.35	38.6	190.28	37.70
0	195.52	37.8	195.4	38.7	194.47	39	195.13	38.50

ตารางที่ ก.5 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบบระบายความร้อน ของการทดลองที่ 5

ความเร็ว	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			เฉลี่ย		
	เวลา	มอเตอร์	ครีป	เวลา	มอเตอร์	ครีป	เวลา	มอเตอร์	ครีป	เวลา	มอเตอร์	ครีป
0	0	32.7	32.7	0	33	32	0	32.5	32.3	0.00	32.73	32.33
5	2.44	32.8	32.8	3.28	33.4	32.1	3.22	32.7	32.7	2.98	32.97	32.53
10	5.73	33	32.8	8.76	32.1	32.6	8.41	32.2	32.2	7.63	32.43	32.53
15	8.56	33.4	33.8	11.69	33.4	32.2	12.36	33	32.3	10.87	33.27	32.77
20	15	33.6	33.8	15.57	33.8	32.7	17.27	33.3	32.5	15.95	33.57	33.00
20	30	33.8	33.3	30	34.8	33.1	30	34.3	33	30	34.30	33.13
20	60	33.8	33.8	60	35.5	33.3	60	35	33.5	60	34.77	33.53
20	90	35	33.8	90	36.3	34.1	90	35.7	35.3	90	35.67	34.40
20	120	35.2	33.9	120	37	34.2	120	36.3	35.6	120	36.17	34.57
20	150	35.5	34.1	150	37.6	35.2	150	37.4	35.3	150	36.83	34.87
20	180	36.2	34	180	38	35.2	180	38	35.6	180	37.40	34.93
15	182	35.9	33.7	185.98	38.2	35.2	185.23	38.1	36	184.40	37.40	34.97
10	185.83	36.6	33.8	191.23	38.3	35.3	191.97	38.3	36	189.68	37.73	35.03
5	189.95	36.4	34.1	199.26	38.7	35.3	198.61	38.5	36.3	195.94	37.87	35.23
0	198.5	36.3	34.1	206.76	38.9	35.5	203.55	38.5	36	202.94	37.90	35.20

ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลเวลา, อุณหภูมิ ของมอเตอร์และครีบบรรยากาศความร้อนที่ติดตั้งของเครื่องทดลองที่ 6

ความเร็ว	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			เฉลี่ย		
	เวลา	มอเตอร์	ครีบ	เวลา	มอเตอร์	ครีบ	เวลา	มอเตอร์	ครีบ	เวลา	มอเตอร์	ครีบ
0	0	33.6	32.3	0	31.6	31.4	0	32.8	32.5	0	32.67	32.07
5	2.58	33.5	32.6	3.45	31.9	31.7	3.71	32.7	32.5	3.25	32.70	32.27
10	5.77	34.1	32.6	9.1	32.1	31.8	7.62	32.9	32.8	7.50	33.03	32.40
15	13.19	35.1	32.6	14.36	32.8	32.1	15.1	33.4	32.7	14.22	33.77	32.47
20	17.55	34.9	32.1	18.75	32.9	32.5	19.73	33.9	33.1	18.68	33.90	32.57
20	30	33.4	32.3	30	33.7	32.7	30	34.6	33.4	30	33.90	32.80
20	60	33.5	32.3	60	34.5	33.5	60	34.8	33.9	60	34.27	33.23
20	90	33.8	33.3	90	35.2	33.7	90	35.3	33.8	90	34.77	33.60
20	120	34.2	32.3	120	35.8	34.1	120	35.7	33.9	120	35.23	33.43
20	150	35	33.2	150	36.9	34.5	150	36.7	34.3	150	36.20	34.00
20	180	35.2	33.1	180	37.2	34.9	180	36.9	34.6	180	36.43	34.20
15	185.87	35.3	33.1	186.73	37.4	35.2	185.34	37.3	34.7	185.98	36.67	34.33
10	195.21	35.3	33	196.81	38.2	35.3	194.61	37.7	34.8	195.54	37.07	34.37
5	203.44	35.2	33	205.76	38.3	35.5	206.82	38.1	35.2	205.34	37.20	34.57
0	213.23	35.4	32.8	215.43	38.4	35.2	216.21	38.4	35.6	214.96	37.40	34.53

ตารางที่ ก.7 A.1 Thermophysical Properties of Selected metallic Solid

TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids^a

Composition	Melting Point (K)	Properties at 300 K				Properties at Various Temperatures (K)									
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Aluminum															
Pure	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218					
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186	186					
Carbon steels															
Plain carbon (Mn \leq 1%, Si \leq 0.1%)		7854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0				
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8			487	559	685	1169				
								58.7	48.8	39.2	31.3				

ตารางที่ ก.8 A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure

TABLE A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	P_r
Air							
100	3.5862	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	238	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.331	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.634
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.618
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.533



การคำนวณ

การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ

$$\text{รถจักรยานไฟฟ้าวิ่งด้วยความเร็ว } 20 \text{ km/hr} = 20 \times \frac{1000}{3600} = 5.56 \text{ m/s}$$

อุณหภูมิของอากาศ 30°C หรือ 303 K

จากภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก. 8 Table A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure $\rho = 1.1514 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 16.1920 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $k = 26.522 \times 10^{-3} \text{ W/mk}$, $\text{Pr} = 0.70658$

$$\text{จาก } \text{Re} = \frac{u_\infty L}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{5.56 \times 0.2185}{16.192 \times 10^{-6}} = 75028.41$$

$$\text{Nu} = (0.664)(75028.41^{1/2})(0.70658^{1/3}) = 161.9959$$

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ

$$h_1 = \frac{\text{Nu}k}{L} = \frac{161.9959 \times 0.026522}{0.2185} = 19.66 \text{ W/m}^2\text{k}$$

อากาศจากพัดลมที่ความเร็วรอบ 2000 rpm

$$\text{ความเร็วลมที่ออกจากใบพัด} = 2000 \times \frac{2\pi}{60} \times 0.03 = 6.28 \text{ m/s}$$

$$\text{จาก } \text{Re} = \frac{u_\infty L}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{6.28 \times 0.2185}{16.192 \times 10^{-6}} = 84745.36$$

$$\text{จาก } \text{Nu} = 0.664 \text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3}$$

$$\text{Nu} = 0.664 \text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3} = (0.664)(84745.36^{1/2})(0.70658^{1/3}) = 172.365$$

สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของลมจากพัดลม

$$\text{จาก } h_2 = \frac{\text{Nu} \cdot k}{L}$$

$$h_2 = \frac{172.365 \times 0.0269}{0.2185} = 20.92 \text{ W/m}^2\text{k}$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

การหาค่าการนำความร้อนจากมอเตอร์ไปสู่ครีบบระบายความร้อน

$$q = \frac{T_{s,M} - T_{s,f}}{\frac{L}{k_M A} + \frac{L}{k_f A}}$$

อัตราการถ่ายเทความร้อน

$$q_i = hA(T_{s,i} - T_{\infty})$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนของครีบบ

$$q_i = hA_i \left[1 - \frac{NA_f}{A_i} (1 - \eta_f) \right] \theta_b$$

ใช้โปรแกรม Excel คำนวณจะได้

ตารางที่ ข.1 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 1

เวลา (นาที)	q (W)
0	0.10
5	3.17
10	4.56
15	5.90
20	7.23
25	7.78
30	7.88
35	7.98
40	7.70
45	7.68
50	7.78
55	7.83
60	7.23

ตารางที่ ข.2 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 2

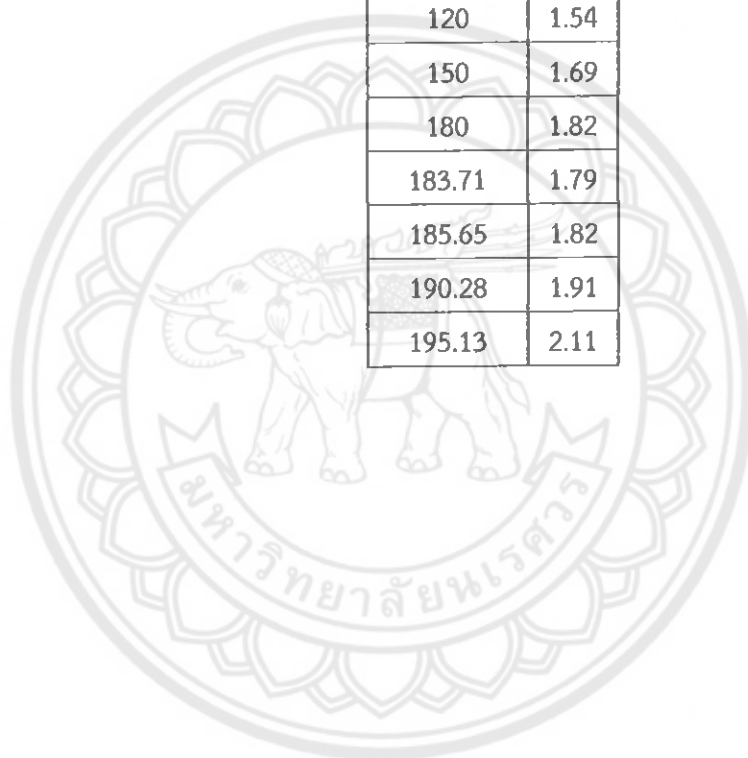
เวลา	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	1.74	-4.42
5	3.07	1.74
10	4.85	6.79
15	6.07	9.15
20	5.70	12.31
25	6.26	13.89
30	6.14	13.89
35	5.77	14.36
40	5.26	13.10
45	4.77	12.78
50	4.29	13.10
55	3.37	12.78
60	2.85	13.42

ตารางที่ ข.3 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 3

เวลา (นาที)	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	0.04	2.38
5	1.89	6.50
10	4.18	8.56
15	5.07	9.04
20	5.40	9.99
25	5.77	11.26
30	5.52	12.84
35	5.63	10.62
40	4.48	12.53
45	4.66	11.10
50	4.18	11.10
55	2.41	11.10
60	2.22	11.10

ตารางที่ ข.4 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 4

เวลา (วินาที)	q (W)
0	0.76
3.53	0.87
6.24	0.97
9.57	0.97
15.75	0.97
30	1.05
60	1.20
90	1.35
120	1.54
150	1.69
180	1.82
183.71	1.79
185.65	1.82
190.28	1.91
195.13	2.11



ตารางที่ ข.5 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 5

เวลา(วินาที)	$q_{cond}(W)$	$q_t (W)$
0	0.15	3.74
2.98	0.16	4.06
7.63	-0.04	4.06
10.87	0.19	4.44
15.98	0.21	4.81
30	0.43	5.02
60	0.46	5.67
90	0.47	7.06
120	0.59	7.32
150	0.73	7.80
180	0.91	7.91
184.4	0.90	7.96
189.68	1.00	8.07
195.94	0.97	8.39
202.94	1.00	8.34

ตารางที่ ข.6 แสดงการข้อมูลจากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของการทดลองที่ 6

เวลา (วินาที)	q_{cond} (W)	q_t (W)
0	0.22	3.34
3.25	0.16	3.44
7.5	0.23	3.64
14.22	0.48	3.74
18.68	0.49	3.89
30	0.41	4.25
60	0.38	4.91
90	0.43	5.46
120	0.67	5.21
150	0.81	6.07
180	0.83	6.37
185.98	0.86	6.58
195.54	1.00	6.63
205.34	0.97	6.93
214.96	1.06	6.88

ประสิทธิภาพการระบายความร้อน

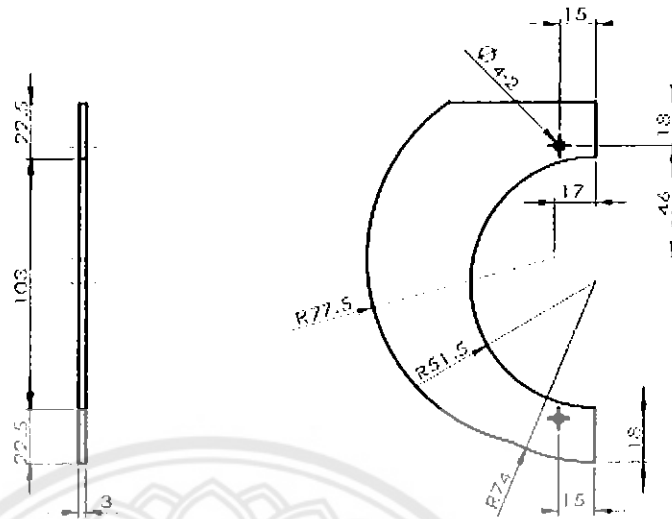
$$= \frac{62.4 - 53}{53} \times 100\% = 17\%$$

ประสิทธิภาพการระบายความร้อนจากการติดครีระบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศ

$$\eta = \frac{11.9 - 7.98}{7.98} \times 100\% = 49\%$$

ภาคผนวก ค.
การออกแบบครีกระบายความร้อน





FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY

FIN A

SCALE: 1:1

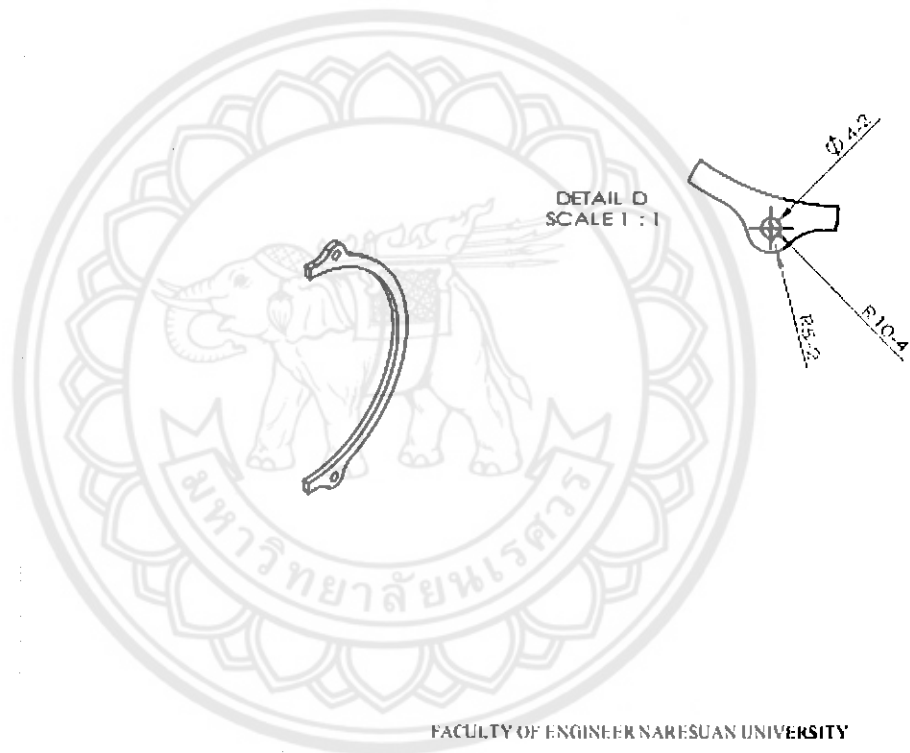
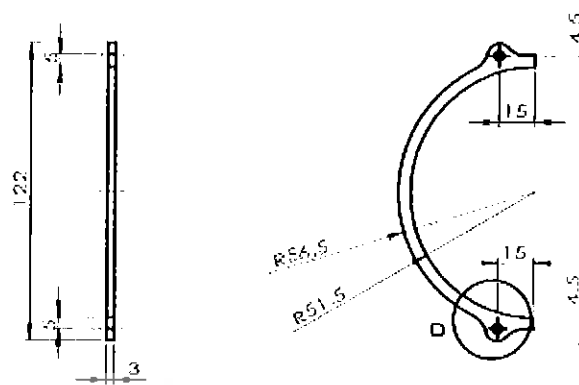
DIMENSION: mm.

PLATE: 1/3

DN 11: mechanical project

DATE: 17/03/55

รูปที่ ค.1 การออกแบบครีประบายความร้อน



FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY

FIN II

SCALE : 1:1

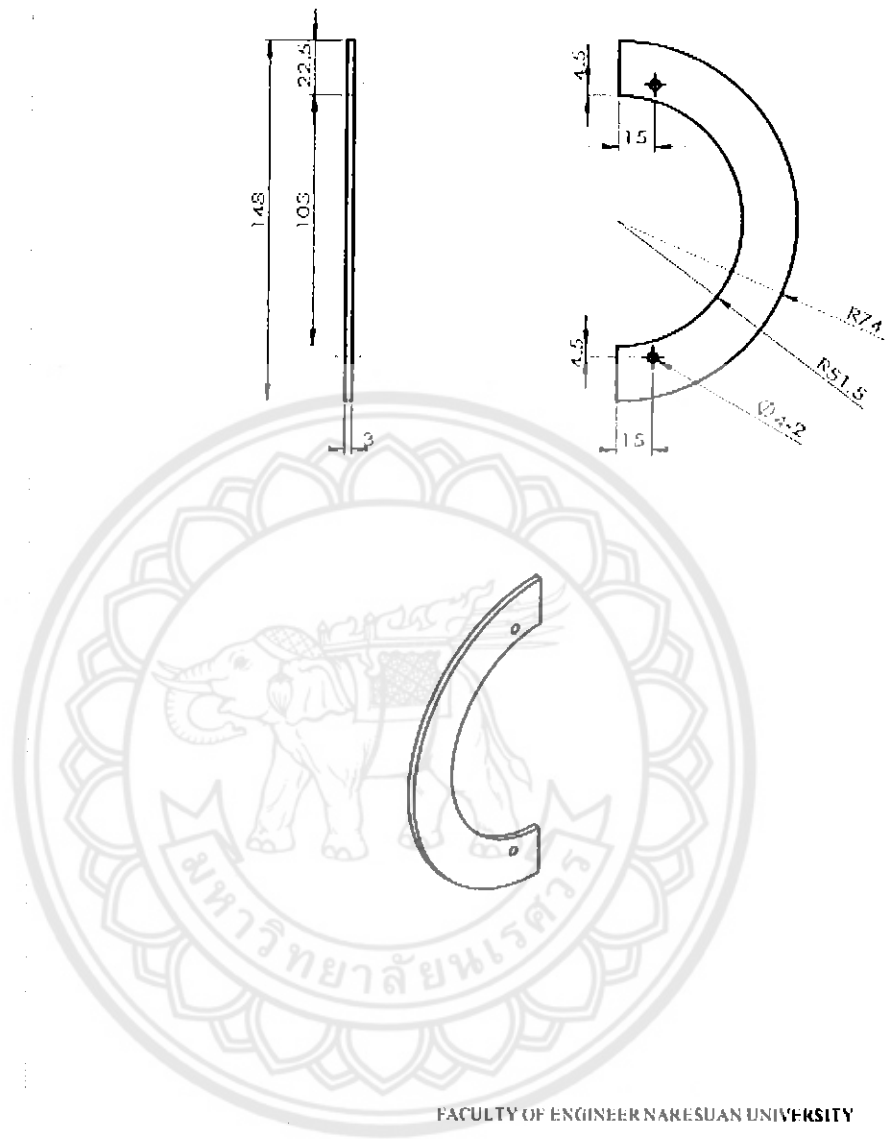
DIMENSION : mm.

PLATE : 2/3

DN By: mechanical project

DATE: 17/03/55

รูปที่ ค.2 การออกแบบครีประบายความร้อน



FIN C

SCALE : 1 : 1

DIMENSION : mm.

PLATE : 3/3

DN By: mechanical project

DATE: 17/03/55

รูปที่ ค.3 การออกแบบครีบริบายความร้อน