สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การสร้างต้นแบบเครื่องแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน

## THE PHOTOTYPE OF SOLAR TO THERMAL ENERGY CONVERTER

นายประธาน บุรณศิริ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2551

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
QC
911.82
.T5
ป2870

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 131057
วัน,เดือน,ปี 21 พ.ค. 2557

.b 12596887
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** การสร้างต้นแบบเครื่องแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน
**แหล่งเงินทุน** จากเงินรายได้ ประเภทส่งเสริมนักวิจัย
**ประจำปีงบประมาณ** 2551 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 50,000 บาท
**ระยะเวลาทำการวิจัย** 1 ปี **ตั้งแต่** ต.ค. 2550 **ถึง** ก.ย. 2551
**หัวหน้าโครงการ ดร.** ประธาน บุรณศิริ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อศึกษา ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ในการการออกแบบเครื่องแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการทดลองเก็บผลหาค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิ และจากการผลการเก็บค่าพารามิเตอร์พบว่าอุณหภูมิที่จุดโฟกัสมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเข้มแสงอาทิตย์

ปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองคืออุณภูมิสิ่งแวดล้อมของระบบ และความเร็วลมที่ไหลผ่านจุดรวมร้อน ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลทำให้จุดรวมความร้อนเกิดการสูญเสียความร้อน

คำสำคัญ: พลังงานความร้อน,พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** THE PHOTOTYPE OF SOLAR TO THERMAL ENERGY CONVERTER

**Researcher:** Prathan Buranasiri

**Faculty:** Science**Department:**Applied Physics

## ABSTRACT

This research is a study of prototype system of solar to heat concentrator. For knowledge of solar heat to electricity convertor, using parameters collecting, temperature and solar intensity with time. The parameters show, solar focused point temperature is direct relate to solar intensity.

The factor on this research which effect to solar focused point temperature are system environment temperature and wind flow velocity. Both of them are increasing of loosed heat at focused point.

**Keyword: Thermal energy,Solar energy**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ลุล่วงได้ ก็เพราะได้รับการสนับสนุนและให้โอกา สจากโครงการทุนวิจัยจาก จาก เงิน รายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ทางผู้วิจัยจึง ขอขอบพระคุณหน่วยงานที่สนับสนุนทุนนี้มา ณ ที่นี้ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่ให้การ สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณโรงฝึกงานวิศวกรรมที่ให้การการสนับสนุน เครื่องมือช่างและสถานที่ ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและ ติดตามดูแลการทำโครงงานพิเศษนี้ให้ลุล่วงได้ดี ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

**ประธาน บุรณศิริ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญรูป | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 1 |
| 1.3 การดำเนินงานวิจัย | 1 |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย | 1 |
| 1.5 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ | 2 |
| 1.6 ขอบเขตของโครงการวิจัย | 2 |
| 1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 สเปกตรัมของดวงอาทิตย์ | 3 |
| 2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ ( Solar collector ) | 4 |
| 2.3 การรวมความรังสีแบบพาลาโบลิก | 4 |
| 2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ | 5 |
| 2.4.1 Pyranometer | 5 |
| 2.4.2 Pyrheliometer | 6 |
| 2.5 ตัวแปรต่างๆที่เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ | 6 |
| 2.6 การวัดค่าความร้อนเชิงอุณหภูมิ | 7 |
| 2.7 เทอร์โมคับเปิล | 8 |
| 2.8 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect) | 9 |
| 2.8.1 ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) | 9 |
| 2.8.2 ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) | 10 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย | |
| 3.1 โครงสร้างของระบบ | 11 |
| 3.2 ระบบการรับแสงแบบติดตามดวงอาทิตย์ | 11 |
| 3.3 การเก็บค่าพารามิเตอร์ในการวิจัย โครงสร้างของระบบ | 15 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล | |
| 4.1 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในการศึกษาบทที่ | 16 |
| 4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในการศึกษา | 29 |
| บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ | 38 |
| เอกสารอ้างอิง | 39 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551 16
4.2 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551 17
4.3 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551 19
4.4 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551 20
4.5 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551 21
4.6 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551 23
4.7 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551 24
4.8 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551 25
4.9 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| ภาพที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก | 3 |
| 2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบต่างๆ | 4 |
| 2.3 การรวมแสงจากจุดโฟกัสของกระจกเว้า | 5 |
| 2. 4 Pyranometer | 6 |
| 2.5 Pyrheliometer | 7 |
| 2.6 เทอร์โมคับเปิล Type K | 8 |
| 2.7 แสดงผลของซีแบ็ค | 9 |
| 2.8 แสดงผลของเพลเทียร์ | 10 |
| 3.1 เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปทรงพาลาโบลอยด์ | 11 |
| 3.2 การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์ในแนวแกน y | 13 |
| 3.3 วงจรตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์ | 13 |
| 3.4 วงจรขับมอเตอร์ของระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 14 |
| 3.5 ชุดควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 14 |
| 3.6 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 15 |
| 4.1 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551 | 29 |
| 4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551 | 30 |
| 4.3 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551 | 31 |
| 4.4 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551 | 32 |
| 4.5 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551 | 33 |
| 4.6 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551 | 34 |
| 4.7 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551 | 35 |
| 4.8 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551 | 36 |
| 4.9 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551 | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันความต้องการพลังงานทดแทนมีมากขึ้น เนื่องจากพลังงานหลักที่ใช้ในปัจจุบันได้มาจากแหล่งพลังงานปิโตเลียม ซึ่งมีราคาแพงขึ้นและคาดว่ากำลังจะหมดไปในเวลาอันสั้น จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ หนึ่งในพลังงานธรรมชาติที่สามารถนำมาแปลงพลังงานไฟฟ้าได้คือพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ที่สามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า

เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อศึกษาการออกแบบเครื่องแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิ

## 1.3 การดำเนินงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1.3.2ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.3.3 สร้างชุดทดลอง

1.3.4 เก็บผลการทดลอง

1.3.5 วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1ทราบถึง การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1.4.2 ได้ผลการทดลองการเก็บค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 มีฐานข้อมูลในการออกแบบเครื่องแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

**1.5 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์**

1.5.1 หน่วยงานสถานศึกษาที่ทำวิจัยด้านพลังงาน

1.5.2 หน่วยงานที่ทำงานทางด้านพลังงาน

**1.6 ขอบเขตของโครงการวิจัย**

1.6.1 ศึกษาการรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1.6.2 เก็บผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิ

**1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย**

1 ปี

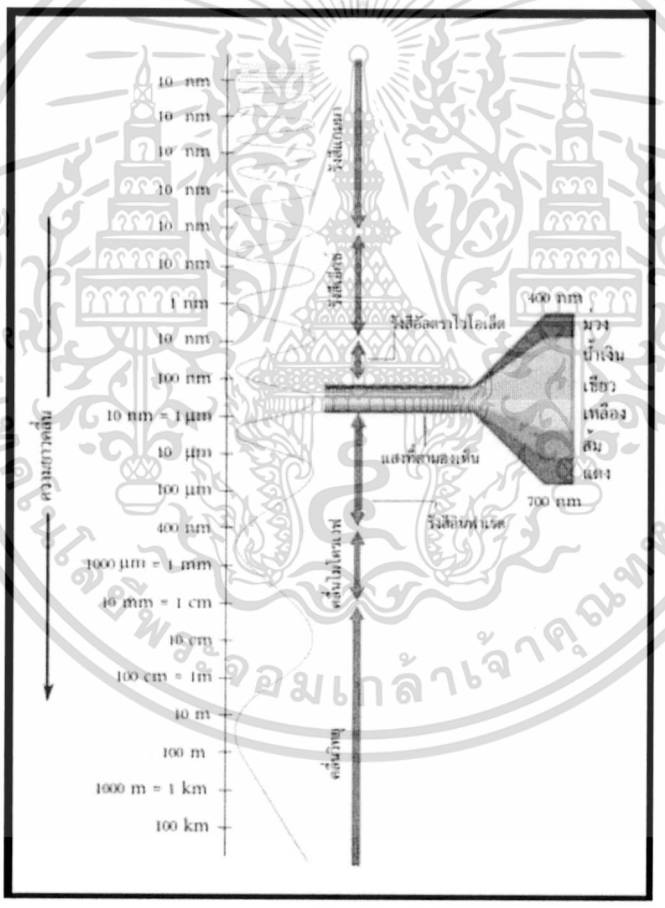
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 สเปกตรัมของดวงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลกเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสเปกตรัมที่มีช่วงกว้าง ซึ่งมีตั้งแต่ รังสี UV, แสง, รังสีอินฟราเรด, ไมโตรเวฟ, รังสีเอ็ก และรังสีคลอสมิก ในปัจจุบันเราสามารถนำพลังจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบของแสง และความร้อน ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มายังโลกมีสเปกตรัมดังรูปที่ 2.1



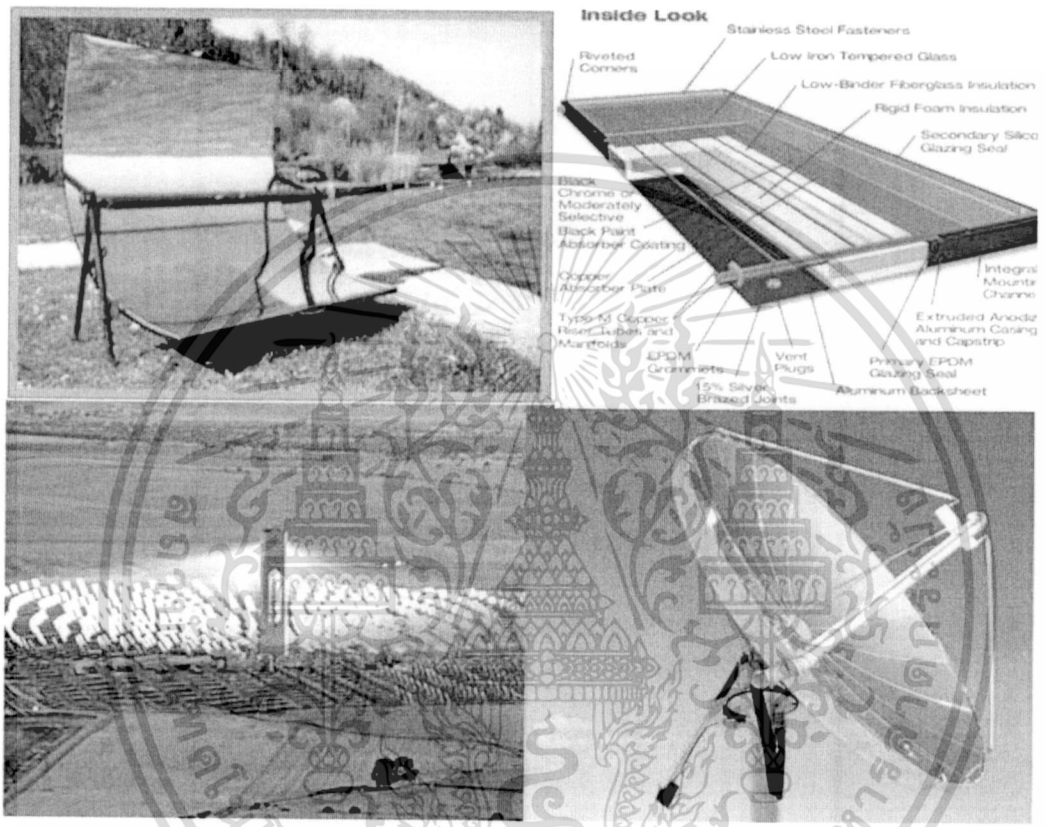

รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก

ในรูปแบบของแสงเราสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยโซล่าเซลล์ ส่วนพลังงานความร้อนเราสามารถในมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยเทคนิคการรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ ( Solar collector )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ ( Solar collector )

การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ ( Solar collector ) คือการรวมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังพื้นโลกให้รวมกันที่บริเวณหนึ่ง และทำให้บริเวณนั้นมีความของรังสีสูงกว่าที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมาตามปรกติ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีหลากหลายลักษณะ ดังรูปที่ 2



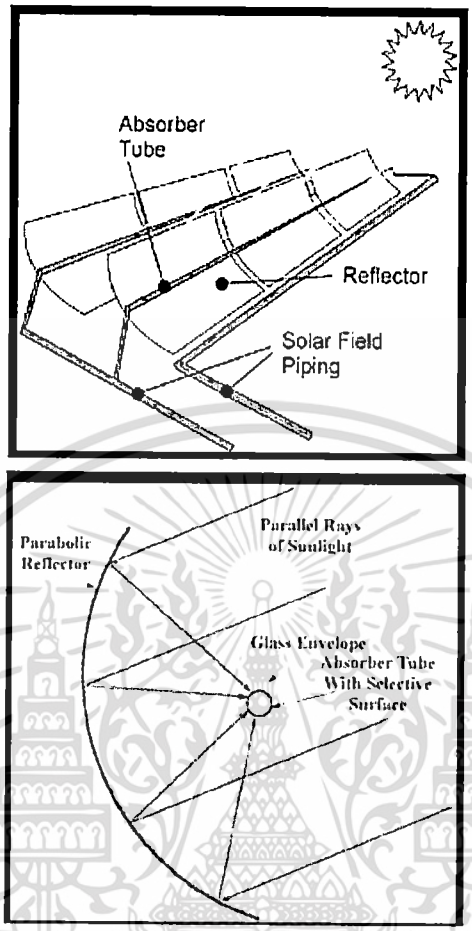

รูปที่ 2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบต่างๆ

แต่ในการวิจัยนี้จะเน้นการรวมความรังสีแบบพาลาโบลิกเท่านั้น

## 2.3 การรวมความรังสีแบบพาลาโบลิก

การรวมความรังสีแบบพาลาโบลิกมีหลักการรวมรังสีจากดวงอาทิตย์ โดยการรวมแสงด้วยกระจกเว้าที่จะสะท้อนจากแสงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาในแนวตั้งฉากกับแนวเส้นปรกติของกระจกเว้าแล้วไปรวมกันที่จุดโฟกัสของกระจกเว้าดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.3 การรวมแสงจากจุดโฟกัสของกระจกเว้า

**2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์**

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีเครื่องมือพื้นฐานอยู่สองชนิดดังนี้

2.4.1.1 Pyranometer

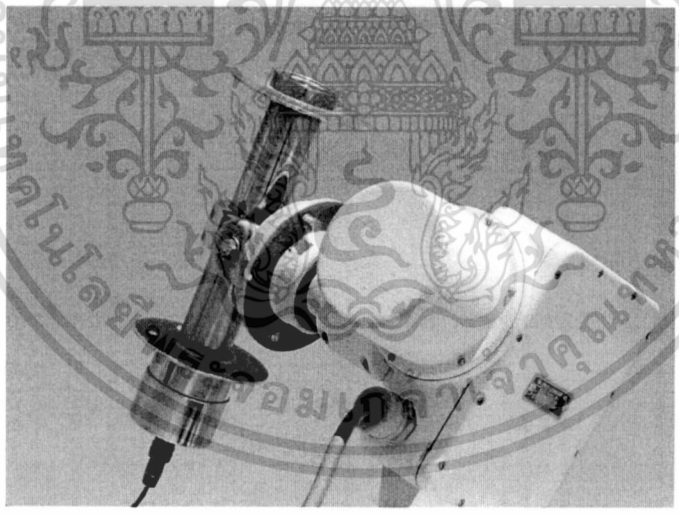
Pyranometer เป็นเครื่องมือที่ตรวจวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์และจากท้องฟ้ารอบๆดวงอาทิตย์ในทิศทางทางที่ขนานกันกับแนวปรกติกับตัวตรวจรับ ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2. 4 Pyranometer

2.4.2 Pyrheliometer

Pyrheliometer เป็นเครื่องมือสำหรับวัดการแผ่รังสีรวมในส่วนของครึ่งทรงกลมของดวงอาทิตย์ (ส่วนที่เป็นลำ + ส่วนที่แพร่ออกมา) ที่ส่งมายังแนวราบเสมอ แต่ถ้าในกรณีที่แดดรมการวัดจะเป็นการวัดใส่วนของการแพร่ของแสงเพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Pyrheliometer

**2.5 ตัวแปรต่างๆที่เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์**

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณภูมินั้นจำเป็นจะต้องทราบความหมายของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวของกับการเก็บค่าผลการทดลองซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำรังสี (Beam radiation) Ib

ลำรังสี คือความเข้มของลำรังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์มายังผิวโลกโดยตรง

รังสีแพร่ (Diffuse radiation) Id

รังสีแพร่ คือลำรังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์แล้วเกิดการกระเจิงบริเวณชั้นบรรยากาศ

การแผ่รังสี (Irradiance) I

การแผ่รังสี คืออัตราการแผ่พลังงานรังสีที่ตกกระทบลงบนพื้นที่หนึ่งหน่วย

พลังงานการแผ่รังสี (Radiant exposure) (J/m2)

พลังงานการแผ่รังสี คืออัตราการแผ่พลังงานรังสีที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใดๆในชั่วขณะหนึ่ง

กำลังการแผ่รังสี (Radiant exitance) (W/ m2)

กำลังการแผ่รังสี คือกำลังงานของรังสีที่ตกกระทบลงบนพื้นที่หนึ่งหน่วย ซึ่งรวมการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิด, การสะท้อน และการส่งผ่าน

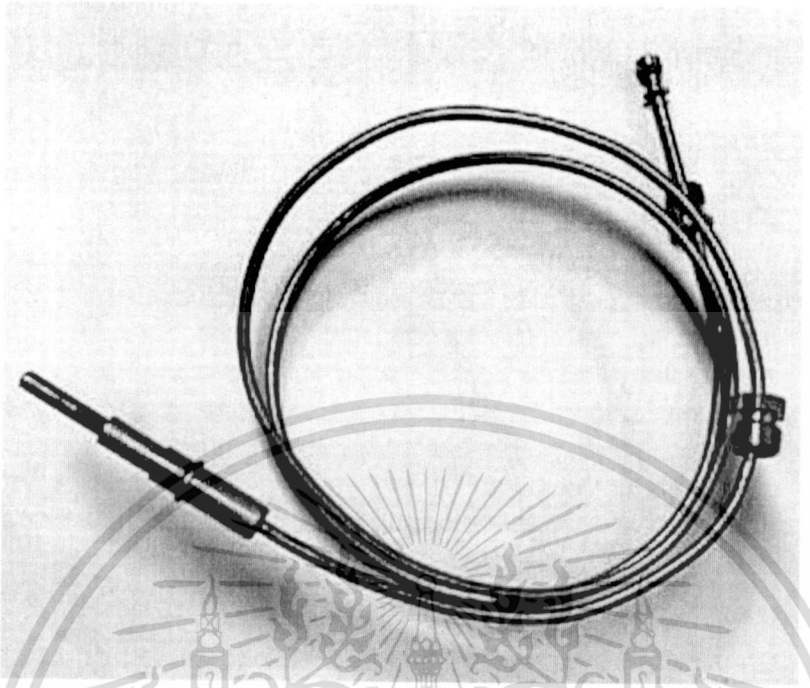
กำลังการปลดปล่อย (Emissive power) (W/ m2)

กำลังการปลดปล่อย คือกำลังงานของรังสีที่ตกกระทบลงบนพื้นที่หนึ่งหน่วย ที่ได้การปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดเท่านั้น

**2.6 การวัดค่าความร้อนเชิงอุณหภูมิ**

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณภูมินั้น เราจำเป็นจะต้องวัดค่าความร้อนที่รวมได้บนพื้นที่ที่เราทำการรวมความเข้ม เพื่อหาความสัมพันธ์ของรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณภูมิ ในงานวิจัยนี้จึงทำการค่าอุณหภูมิที่บริเวณจุรวมแสงของชุดอุปกรณ์ด้วยเทอร์โมคับเปิล Type K ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

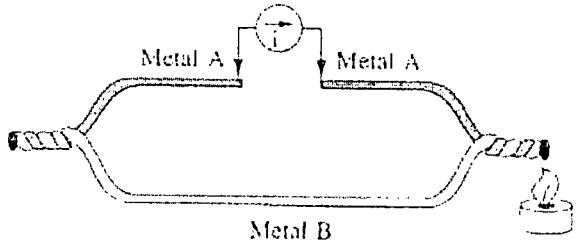


รูปที่ 2.6 เทอร์โมคับเปิล Type K

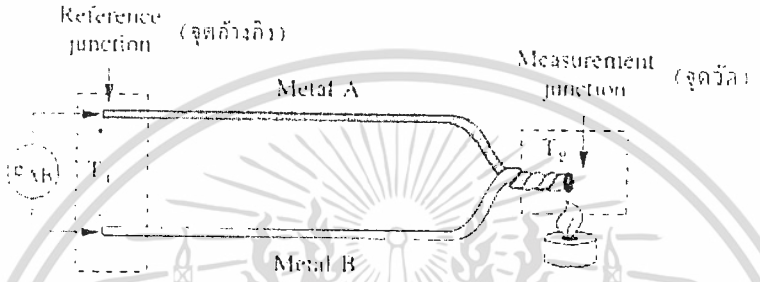
**2.7 เทอร์โมคับเปิล**

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่ 2.7 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) กระแสในวงจรปิด




(ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้าครอบวงจรปิด

รูปที่ 2.7 แสดงผลของซีแบ็ค

**2.8 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)**

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่าอิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

2.8.1 ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect)

การใช้ทฤษฎีโซลิดสเตต เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั่น คือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่าemf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์

โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

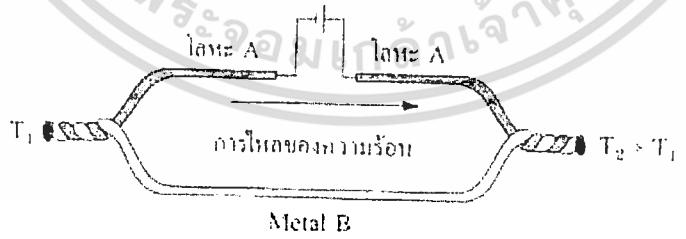
$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T1, T2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2.8.2 ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects)

หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก




**รูปที่** 2.8 แสดงผลของเพลเทียร์

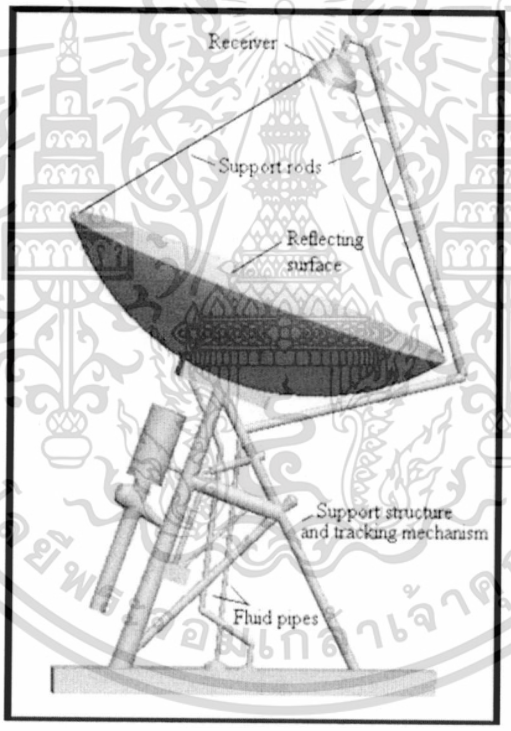
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 โครงสร้างของระบบ

เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบพาลาโบลิกเป็นเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปทรงพาลาโบลอยด์ ซึ่งแสงที่ตกกระทบลงมาในแนวตั้งฉากกับระนาบปรกติของชุดสะท้อนจะไปรวมกันที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนทำให้เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบดังกล่าวมีความสามารถในการทำอุณหภูมิได้สูงกว่าเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบอื่นๆ ดังรูปที่ 3.1




รูปที่ 3.1 เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปทรงพาลาโบลอยด์

## 3.2 ระบบการรับแสงแบบติดตามดวงอาทิตย์

เทคนิคและวิธีการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ของเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์และสามารถ

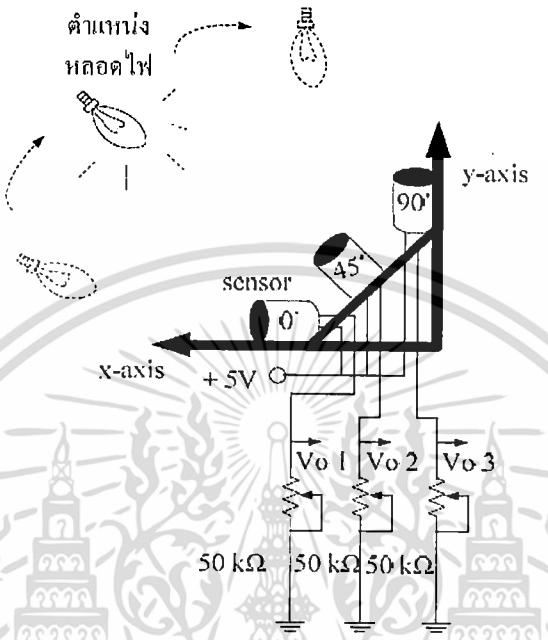
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดเก็บพลังงานได้อย่างเต็มที่นั้นได้ สามารถจำแนกตามวิธีการที่ใช้ในการติดตาม ได้อยู่ 4 ลักษณะคือ ระบบติดตามดวง อาทิตย์แบบเชิงกลหรือถ่วงน้ำหนักวิธีการควบคุมลักษณะนี้จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของของเหลวในท่อที่ยึดติดกับเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำงานร่วมกับตัวตรวจจับความเข้มแสงเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไปปั๊มจะทำการสูบของเหลวออกและปล่อยของเหลวเข้าตามค่าของความเข้มแสงน้ำหนักของของเหลวที่ถ่ายเทไปมาจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปในแนวอัลติจูดเปรียบเหมือนกับเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ และการบำรุงรักษาน้อย เมื่อเทียบกับระบบอื่นแต่ระบบ มีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ แบบที่สองระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรอนาล็อกเป็นแบบควบคุมการติดตามด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นอนาล็อกในการควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับระดับความเข้มแสง เช่นโฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงโดยจะรับค่าแรงดันจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความเข้มแสงมาเข้าชุดเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ออปแอมป์อาศัยการเปลี่ยนสถานะทางด้านเอาต์พุทที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อนของวงจรควบคุมและสามารถปรับเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้ได้ตั้งฉากกับแสงที่มาตกกระทบแต่ อุปกรณ์ตรวจจับแสงมีความไวต่อแสงมากทำให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ทำงานตลอดเวลา แม้ว่าความแตกต่างระดับความเข้มแสงเพียงเล็กน้อย ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์เกิดการอาร์ค แบบที่สามระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรดิจิตอลเป็นระบบที่ทำงานร่วมกับตัวตรวจวัดระดับความเข้มของแสงระบบจะถูกออกแบบให้สัญญาณจากตัวตรวจวัดความเข้มแสงมีลักษณะเป็นดิจิตอลป้อนให้ระบบควบคุมที่เป็นวงจรดิจิตอลโดยตรงอาศัยการเปลี่ยนสถานะด้านเอาต์พุทไปควบคุมการเคลื่อนที่เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ระบบควบคุมลักษณะนี้มีความแม่นยำสูง ใช้วงจรดิจิตอลพื้นฐานทำให้สามารถสร้างวงจรได้ง่าย แต่การควบคุมลักษณะนี้จะเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ในกรณีที่แสงมีความเข้มไม่มากพอที่จะทำให้สภาวะของลอจิกเกิดการเปลี่ยนแปลงและสิ่งสำคัญถ้าจะปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นจะต้องออกแบบวงจรควบคุมใหม่ แบบที่สี่ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงซึ่งจะมีทั้งการควบคุมแบบแกนเดียวและแบบสองแกนการควบคุมลักษณะนี้คือเปลี่ยนค่าความเข้มแสงในรูปสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แล้วทำการประมวลผลตามผังงานที่เขียนไว้หากมีความแตกต่างของความเข้มแสงจากตัวตรวจจับแสงก็จะสั่งการให้ชุดควบคุมเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ข้อดีของการควบคุมลักษณะนี้คือมีความเที่ยงตรงสูงและการปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่ายแต่มีข้อเสียกรณีการควบคุมแบบสองแกนคือการวางตัวตรวจจับความเข้มแสงใกล้กันทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างความเข้มแสง

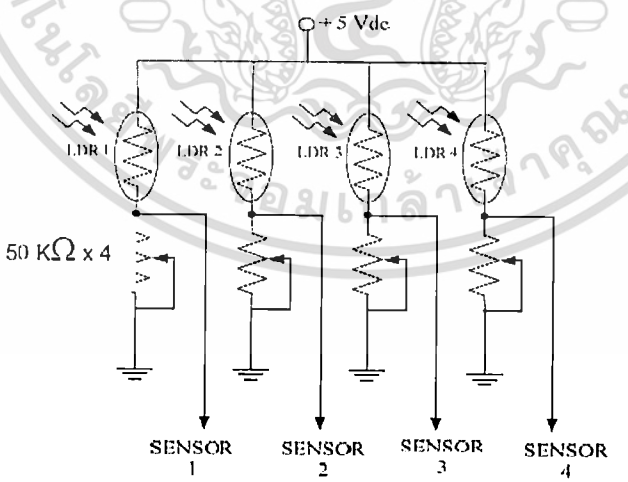
งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ตัวตรวจวัดความเข้มแสงทำ งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้เทคนิควิธีการวางตัวตรวจจับความเข้มแสงไว้ตรงขอบกึ่งกลางของแผงเซลล์จำนวน 4 จุดทั้ง 4 ด้านซึ่งจะลดปัญหาความแตกต่างของความเข้มแสงกรณีวางตัวตรวจจับความเข้มแสงใกล้กัน โดยการเปรียบเทียบแสงจะใช้การเปรียบเทียบกับตัวที่อยู่ตรงกันข้ามเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละแนวแกนทั้งแนวอัลติจูด(x-axis) และแนวอะซิมุธ(y-axis) ข้อได้เปรียบของระบบติดตามดวงอาทิตย์ลักษณะนี้คือเมื่อความเข้มแสงจากเซ็นเซอร์แต่ละคู่มีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่เกินค่าอ้างอิงที่กำ หนดไว้ภายในโปรแกรมระบบจะไม่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานเพื่อป้องกันรีเลย์ทำ งานตลอดเวลา ป้องกันการอาร์คของหน้าสัมผัสและเป็นการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมขนาดเล็ก ไปใช้งานจริงสำหรับการควบคุมภาคสนาม

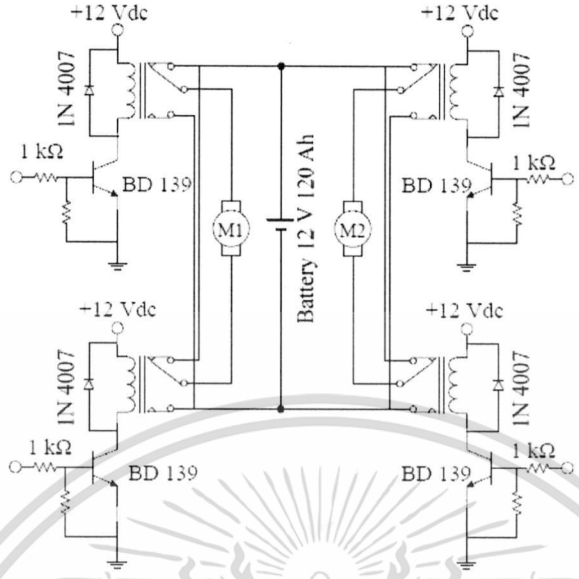



รูปที่ 3.2 การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์ในแนวแกน y

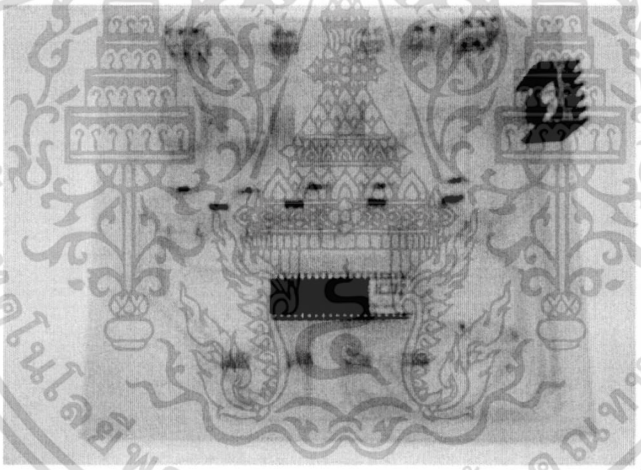



รูปที่ 3.3 วงจรตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

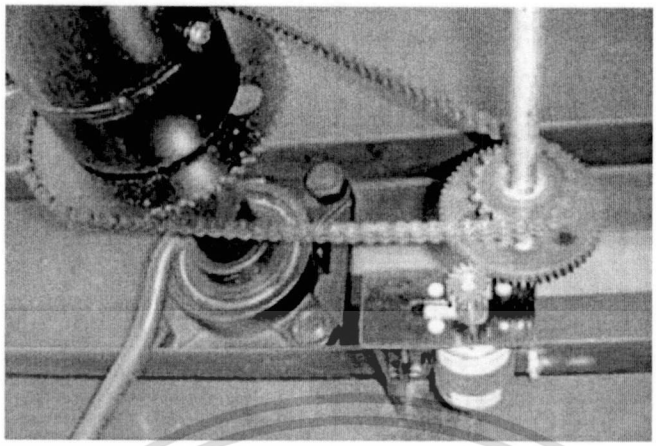



รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์ของระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.5 ชุดควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ระบบติดตามดวงอาทิตย์

**3.3 การเก็บค่าพารามิเตอร์ในการวิจัย**

การเก็บค่าความเข้มแสงจะใช้อุปกรณ์ Pyranometer วัดค่าความเข้มแสง และเก็บค่าพารามิเตอร์ความเข้มแสง, อุณหภูมิที่จุดรวมแสง และเวลา ผ่านหน่วยประผลกลาง AVR7 ซึ่งค่าที่ได้จะเก็บข้อมูลในรูปของตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

## 4.1 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในการศึกษา

จากการเก็บค่าผลการทดลองที่ได้จากชุดเก็บค่าพารามิเตอร์ด้วย AVR7 ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2551 จนถึง มกราคม 2552 พบผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่เก็บได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิ ณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 367.5 | 26.6 | 27.2 |
| 10:10 | 356.8 | 34.8 | 27.8 |
| 10:20 | 366.9 | 42.8 | 30.4 |
| 10:30 | 353.3 | 53.3 | 27.4 |
| 10:40 | 361.9 | 55.6 | 28.3 |
| 10:50 | 370.1 | 58 | 29.3 |
| 11:00 | 374.9 | 59.2 | 29.7 |
| 11:10 | 391.2 | 62.3 | 29.6 |
| 11:20 | 387.9 | 60.9 | 30.1 |
| 11:30 | 402.5 | 64.1 | 30.3 |
| 11:40 | 410.7 | 65.7 | 31.2 |
| 11:50 | 434.8 | 68.9 | 30.9 |
| 12:00 | 478.9 | 70.2 | 32.6 |
| 12:10 | 481 | 80.9 | 32.5 |
| 12:20 | 467.9 | 79.2 | 32.3 |
| 12:30 | 520.7 | 100.3 | 32.8 |
| 12:40 | 546.7 | 95.6 | 33.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12:50 | 573.1 | 120.3 | 33.5 |
| 13:00 | 567.9 | 142.7 | 33.3 |
| 13:10 | 602.1 | 160.7 | 33.7 |
| 13:20 | 578.4 | 170.3 | 33.4 |
| 13:30 | 589.7 | 155.9 | 34.2 |
| 13:40 | 587.4 | 164.6 | 33.9 |
| 13:50 | 579.2 | 151.2 | 34.5 |
| 14:00 | 568.5 | 148.7 | 32.6 |
| 14:10 | 572.1 | 143.8 | 33.2 |
| 14:20 | 550.3 | 158.4 | 32.4 |
| 14:30 | 510.4 | 149.8 | 32.5 |
| 14:40 | 530.6 | 152.3 | 32 |
| 14:50 | 489.6 | 138.6 | 31.4 |
| 15:00 | 463.3 | 130.2 | 30.6 |
| 15:10 | 476.9 | 137.8 | 30.4 |
| 15:20 | 429.8 | 117.8 | 29.8 |
| 15:30 | 403.9 | 105.6 | 30.3 |
| 15:40 | 410.6 | 96.3 | 28.9 |
| 15:50 | 367.1 | 92.1 | 28.4 |
| 16:00 | 391.6 | 89.7 | 28.6 |

ตารางที่ 4.2 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 370.9 | 25.2 | 26.2 |
| 10:10 | 360.2 | 33.4 | 26.8 |
| 10:20 | 370.3 | 41.4 | 29.4 |
| 10:30 | 356.7 | 51.9 | 26.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

131057

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10:40 | 365.3 | 54.2 | 27.3 |
| 10:50 | 373.5 | 56.6 | 29.9 |
| 11:00 | 378.3 | 57.8 | 30.3 |
| 11:10 | 394.6 | 60.9 | 30.2 |
| 11:20 | 391.3 | 59.5 | 30.7 |
| 11:30 | 405.9 | 62.7 | 30.9 |
| 11:40 | 414.1 | 64.3 | 30.2 |
| 11:50 | 438.2 | 67.5 | 29.9 |
| 12:00 | 482.3 | 68.8 | 31.6 |
| 12:10 | 483.6 | 83 | 33.1 |
| 12:20 | 470.5 | 81.3 | 32.9 |
| 12:30 | 523.3 | 102.4 | 33.4 |
| 12:40 | 549.3 | 97.7 | 33.8 |
| 12:50 | 575.7 | 122.4 | 34.1 |
| 13:00 | 570.5 | 144.8 | 32.3 |
| 13:10 | 604.7 | 162.8 | 32.7 |
| 13:20 | 581 | 172.4 | 32.4 |
| 13:30 | 592.3 | 158 | 33.2 |
| 13:40 | 590 | 166.7 | 32.9 |
| 13:50 | 581.8 | 153.3 | 33.5 |
| 14:00 | 571.1 | 150.8 | 31.6 |
| 14:10 | 574.7 | 145.9 | 33.8 |
| 14:20 | 552.9 | 160.5 | 33 |
| 14:30 | 513 | 151.9 | 33.1 |
| 14:40 | 533.2 | 154.4 | 32.6 |
| 14:50 | 491 | 140.7 | 32 |
| 15:00 | 464.7 | 132.3 | 31.2 |
| 15:10 | 478.3 | 139.9 | 29.4 |
| 15:20 | 431.2 | 119.9 | 28.8 |
| 15:30 | 405.3 | 107.7 | 29.3 |
| 15:40 | 412 | 98.4 | 29.5 |
| 15:50 | 368.5 | 94.2 | 29 |
| 16:00 | 393 | 91.8 | 29.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิ ณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 384.9 | 28.4 | 25.2 |
| 10:10 | 355.2 | 32 | 25.8 |
| 10:20 | 365.3 | 44.6 | 28.4 |
| 10:30 | 377.7 | 55.1 | 25.4 |
| 10:40 | 386.3 | 57.4 | 26.3 |
| 10:50 | 394.5 | 59.8 | 30.5 |
| 11:00 | 392.3 | 61 | 30.9 |
| 11:10 | 408.6 | 64.1 | 30.8 |
| 11:20 | 412.3 | 62.7 | 31.3 |
| 11:30 | 419.9 | 65.9 | 31.5 |
| 11:40 | 409.1 | 67.5 | 29.2 |
| 11:50 | 433.2 | 66.1 | 28.9 |
| 12:00 | 496.3 | 67.4 | 30.6 |
| 12:10 | 504.6 | 86.2 | 33.7 |
| 12:20 | 491.5 | 84.5 | 33.5 |
| 12:30 | 518.3 | 105.6 | 34 |
| 12:40 | 570.3 | 100.9 | 34.4 |
| 12:50 | 596.7 | 125.6 | 34.7 |
| 13:00 | 584.5 | 148 | 31.3 |
| 13:10 | 599.7 | 166 | 31.7 |
| 13:20 | 595 | 175.6 | 31.4 |
| 13:30 | 587.3 | 160.1 | 32.2 |
| 13:40 | 611 | 169.9 | 31.9 |
| 13:50 | 576.8 | 155.4 | 32.5 |
| 14:00 | 566.1 | 152.9 | 30.6 |
| 14:10 | 569.7 | 148 | 34.4 |
| 14:20 | 547.9 | 163.7 | 33.6 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14:30 | 508 | 154 | 33.7 |
| 14:40 | 528.2 | 157.6 | 33.2 |
| 14:50 | 505 | 142.8 | 32.6 |
| 15:00 | 485.7 | 134.4 | 31.8 |
| 15:10 | 499.3 | 142 | 28.4 |
| 15:20 | 426.2 | 123.1 | 27.8 |
| 15:30 | 419.3 | 109.8 | 28.3 |
| 15:40 | 426 | 101.6 | 30.1 |
| 15:50 | 382.5 | 96.3 | 29.6 |
| 16:00 | 414 | 95 | 29.8 |

ตารางที่ 4.4 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิ ณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียส | องศาเซลเซียส |
| 10:00 | 401.5 | 24.2 | 25.4 |
| 10:10 | 360.2 | 33.4 | 26 |
| 10:20 | 370.3 | 43.2 | 28.6 |
| 10:30 | 367.3 | 50.9 | 25.6 |
| 10:40 | 365.3 | 53.2 | 26.5 |
| 10:50 | 373.5 | 55.6 | 27.5 |
| 11:00 | 378.3 | 56.8 | 27.9 |
| 11:10 | 425.2 | 62.7 | 27.8 |
| 11:20 | 401.9 | 61.3 | 28.3 |
| 11:30 | 436.5 | 61.7 | 28.5 |
| 11:40 | 444.7 | 63.3 | 29.4 |
| 11:50 | 468.8 | 66.5 | 29.1 |
| 12:00 | 492.9 | 68.8 | 30.8 |
| 12:10 | 495 | 83 | 30.7 |
| 12:20 | 481.9 | 79.6 | 30.5 |
| 12:30 | 534.7 | 102.4 | 31 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12:40 | 549.3 | 97.7 | 31.4 |
| 12:50 | 607.1 | 122.4 | 31.7 |
| 13:00 | 601.9 | 143.1 | 31.5 |
| 13:10 | 636.1 | 161.1 | 31.9 |
| 13:20 | 612.4 | 170.7 | 31.6 |
| 13:30 | 603.7 | 156.3 | 32.4 |
| 13:40 | 601.4 | 165 | 32.1 |
| 13:50 | 593.2 | 153.3 | 32.7 |
| 14:00 | 571.1 | 150.8 | 30.8 |
| 14:10 | 574.7 | 145.9 | 31.4 |
| 14:20 | 552.9 | 158.8 | 30.6 |
| 14:30 | 513 | 151.9 | 30.7 |
| 14:40 | 533.2 | 154.4 | 30.2 |
| 14:50 | 491 | 139 | 29.6 |
| 15:00 | 477.3 | 130.6 | 28.8 |
| 15:10 | 490.9 | 138.2 | 28.6 |
| 15:20 | 463.8 | 119.9 | 28 |
| 15:30 | 437.9 | 107.7 | 28.5 |
| 15:40 | 424.6 | 98.4 | 27.1 |
| 15:50 | 401.1 | 89.7 | 26.6 |
| 16:00 | 393 | 87.3 | 26.8 |

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 415.5 | 27.4 | 24.4 |
| 10:10 | 355.2 | 32 | 25 |
| 10:20 | 365.3 | 46.4 | 27.6 |
| 10:30 | 388.3 | 54.1 | 24.6 |
| 10:40 | 386.3 | 56.4 | 25.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10:50 | 394.5 | 58.8 | 28.1 |
| 11:00 | 392.3 | 60 | 28.5 |
| 11:10 | 439.2 | 65.9 | 28.4 |
| 11:20 | 422.9 | 64.5 | 28.9 |
| 11:30 | 450.5 | 64.9 | 29.1 |
| 11:40 | 439.7 | 66.5 | 28.4 |
| 11:50 | 463.8 | 65.1 | 28.1 |
| 12:00 | 506.9 | 67.4 | 29.8 |
| 12:10 | 516 | 86.2 | 31.3 |
| 12:20 | 502.9 | 82.8 | 31.1 |
| 12:30 | 529.7 | 105.6 | 31.6 |
| 12:40 | 570.3 | 100.9 | 32 |
| 12:50 | 628.1 | 125.6 | 32.3 |
| 13:00 | 615.9 | 146.3 | 30.5 |
| 13:10 | 631.1 | 164.3 | 30.9 |
| 13:20 | 626.4 | 173.9 | 30.6 |
| 13:30 | 598.7 | 158.4 | 31.4 |
| 13:40 | 622.4 | 168.2 | 31.1 |
| 13:50 | 588.2 | 155.4 | 31.7 |
| 14:00 | 566.1 | 152.9 | 29.8 |
| 14:10 | 569.7 | 148 | 32 |
| 14:20 | 547.9 | 162 | 31.2 |
| 14:30 | 508 | 154 | 31.3 |
| 14:40 | 528.2 | 157.6 | 30.8 |
| 14:50 | 505 | 141.1 | 30.2 |
| 15:00 | 498.3 | 132.7 | 29.4 |
| 15:10 | 511.9 | 140.3 | 27.6 |
| 15:20 | 458.8 | 123.1 | 27 |
| 15:30 | 451.9 | 109.8 | 27.5 |
| 15:40 | 438.6 | 101.6 | 27.7 |
| 15:50 | 415.1 | 91.8 | 27.2 |
| 16:00 | 414 | 90.5 | 27.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 378.5 | 24.6 | 24.2 |
| 10:10 | 348.8 | 32.8 | 29.4 |
| 10:20 | 370.3 | 46.8 | 28.6 |
| 10:30 | 367.3 | 51.3 | 25.6 |
| 10:40 | 358.9 | 53.6 | 26.5 |
| 10:50 | 362.1 | 56 | 27.5 |
| 11:00 | 366.9 | 57.2 | 27.9 |
| 11:10 | 383.2 | 60.3 | 27.8 |
| 11:20 | 379.9 | 58.9 | 28.3 |
| 11:30 | 394.5 | 68.1 | 31.9 |
| 11:40 | 421.7 | 69.7 | 32.8 |
| 11:50 | 445.8 | 72.9 | 32.5 |
| 12:00 | 489.9 | 68.2 | 34.2 |
| 12:10 | 492 | 78.9 | 34.1 |
| 12:20 | 478.9 | 79.6 | 33.9 |
| 12:30 | 517.7 | 102.4 | 34.4 |
| 12:40 | 543.7 | 97.7 | 31.4 |
| 12:50 | 570.1 | 122.4 | 31.7 |
| 13:00 | 559.9 | 140.7 | 31.5 |
| 13:10 | 594.1 | 164.7 | 31.9 |
| 13:20 | 570.4 | 174.3 | 31.6 |
| 13:30 | 603.7 | 159.9 | 32.4 |
| 13:40 | 584.4 | 162.6 | 32.1 |
| 13:50 | 576.2 | 149.2 | 36.1 |
| 14:00 | 579.5 | 146.7 | 34.2 |
| 14:10 | 583.1 | 141.8 | 34.8 |
| 14:20 | 561.3 | 162.4 | 34 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14:30 | 502.4 | 153.8 | 30.7 |
| 14:40 | 522.6 | 156.3 | 30.2 |
| 14:50 | 500.6 | 139 | 29.6 |
| 15:00 | 474.3 | 130.6 | 28.8 |
| 15:10 | 487.9 | 135.8 | 28.6 |
| 15:20 | 440.8 | 115.8 | 28 |
| 15:30 | 414.9 | 109.6 | 28.5 |
| 15:40 | 394.6 | 100.3 | 30.5 |
| 15:50 | 401.1 | 89.7 | 30 |
| 16:00 | 383.6 | 93.7 | 30.2 |

ตารางที่ 4.7 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิ ณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 392.5 | 27.8 | 23.2 |
| 10:10 | 343.8 | 31.4 | 28.4 |
| 10:20 | 365.3 | 50 | 27.6 |
| 10:30 | 388.3 | 54.5 | 24.6 |
| 10:40 | 379.9 | 56.8 | 25.5 |
| 10:50 | 383.1 | 59.2 | 28.1 |
| 11:00 | 380.9 | 60.4 | 28.5 |
| 11:10 | 397.2 | 63.5 | 28.4 |
| 11:20 | 400.9 | 62.1 | 28.9 |
| 11:30 | 408.5 | 71.3 | 32.5 |
| 11:40 | 416.7 | 72.9 | 31.8 |
| 11:50 | 440.8 | 71.5 | 31.5 |
| 12:00 | 503.9 | 66.8 | 33.2 |
| 12:10 | 513 | 82.1 | 34.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12:20 | 499.9 | 82.8 | 34.5 |
| 12:30 | 512.7 | 105.6 | 35 |
| 12:40 | 564.7 | 100.9 | 32 |
| 12:50 | 591.1 | 125.6 | 32.3 |
| 13:00 | 573.9 | 143.9 | 30.5 |
| 13:10 | 589.1 | 167.9 | 30.9 |
| 13:20 | 584.4 | 177.5 | 30.6 |
| 13:30 | 598.7 | 162 | 31.4 |
| 13:40 | 605.4 | 165.8 | 31.1 |
| 13:50 | 571.2 | 151.3 | 35.1 |
| 14:00 | 574.5 | 148.8 | 33.2 |
| 14:10 | 578.1 | 143.9 | 35.4 |
| 14:20 | 556.3 | 165.6 | 34.6 |
| 14:30 | 497.4 | 155.9 | 31.3 |
| 14:40 | 517.6 | 159.5 | 30.8 |
| 14:50 | 514.6 | 141.1 | 30.2 |
| 15:00 | 495.3 | 132.7 | 29.4 |
| 15:10 | 508.9 | 137.9 | 27.6 |
| 15:20 | 435.8 | 119 | 27 |
| 15:30 | 428.9 | 111.7 | 27.5 |
| 15:40 | 408.6 | 103.5 | 31.1 |
| 15:50 | 415.1 | 91.8 | 30.6 |
| 16:00 | 404.6 | 96.9 | 30.8 |
| | 14 | | |

ตาราที่4.8 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 375.5 | 25.6 | 24.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10:10 | 353.8 | 32.8 | 29 |
| 10:20 | 374.9 | 46.8 | 31.6 |
| 10:30 | 350.3 | 51.3 | 28.6 |
| 10:40 | 358.9 | 54.6 | 29.5 |
| 10:50 | 367.1 | 57 | 30.5 |
| 11:00 | 382.9 | 58.2 | 27.9 |
| 11:10 | 399.2 | 61.3 | 27.8 |
| 11:20 | 395.9 | 59.9 | 28.3 |
| 11:30 | 410.5 | 63.1 | 31.9 |
| 11:40 | 418.7 | 69.7 | 32.8 |
| 11:50 | 442.8 | 72.9 | 32.1 |
| 12:00 | 475.9 | 68.2 | 33.8 |
| 12:10 | 478 | 78.9 | 33.7 |
| 12:20 | 478.9 | 79.6 | 33.9 |
| 12:30 | 517.7 | 102.4 | 34.4 |
| 12:40 | 543.7 | 97.7 | 34.4 |
| 12:50 | 570.1 | 122.4 | 31.7 |
| 13:00 | 559.9 | 140.7 | 31.5 |
| 13:10 | 594.1 | 164.7 | 31.9 |
| 13:20 | 575.4 | 174.3 | 31.6 |
| 13:30 | 586.7 | 159.9 | 35.4 |
| 13:40 | 595.4 | 162.6 | 35.1 |
| 13:50 | 587.2 | 150.2 | 35.7 |
| 14:00 | 576.5 | 147.7 | 33.8 |
| 14:10 | 580.1 | 142.8 | 34.4 |
| 14:20 | 547.3 | 162.4 | 33.6 |
| 14:30 | 507.4 | 153.8 | 30.7 |
| 14:40 | 527.6 | 156.3 | 30.2 |
| 14:50 | 500.6 | 139 | 29.6 |
| 15:00 | 474.3 | 130.6 | 28.8 |
| 15:10 | 484.9 | 136.8 | 28.6 |
| 15:20 | 437.8 | 116.8 | 31 |
| 15:30 | 400.9 | 104.6 | 31.5 |
| 15:40 | 407.6 | 95.3 | 30.1 |
| 15:50 | 375.1 | 89.7 | 29.6 |
| 16:00 | 388.6 | 93.7 | 29.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราที่ 4.9 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551

| เวลา | ค่าความเข้มแสง | อุณหภูมิที่จุดโฟกัส | อุณหภูมิ ณ บริเณที่ทำการเก็บผลการทดลอง |
|---|---|---|---|
| นาฬิกา | วัตต์ต่อตารางเมตร | องศาเซลเซียรส | องศาเซลเซียรส |
| 10:00 | 389.5 | 28.8 | 23.2 |
| 10:10 | 348.8 | 31.4 | 28 |
| 10:20 | 369.9 | 50 | 30.6 |
| 10:30 | 371.3 | 54.5 | 27.6 |
| 10:40 | 379.9 | 57.8 | 28.5 |
| 10:50 | 388.1 | 60.2 | 31.1 |
| 11:00 | 396.9 | 61.4 | 28.5 |
| 11:10 | 413.2 | 64.5 | 28.4 |
| 11:20 | 416.9 | 63.1 | 28.9 |
| 11:30 | 424.5 | 66.3 | 32.5 |
| 11:40 | 413.7 | 72.9 | 31.8 |
| 11:50 | 437.8 | 71.5 | 31.1 |
| 12:00 | 489.9 | 66.8 | 32.8 |
| 12:10 | 499 | 82.1 | 34.3 |
| 12:20 | 499.9 | 82.8 | 34.5 |
| 12:30 | 512.7 | 105.6 | 35 |
| 12:40 | 564.7 | 100.9 | 35 |
| 12:50 | 591.1 | 125.6 | 32.3 |
| 13:00 | 573.9 | 143.9 | 30.5 |
| 13:10 | 589.1 | 167.9 | 30.9 |
| 13:20 | 589.4 | 177.5 | 30.6 |
| 13:30 | 581.7 | 162 | 34.4 |
| 13:40 | 616.4 | 165.8 | 34.1 |
| 13:50 | 582.2 | 152.3 | 34.7 |
| 14:00 | 571.5 | 149.8 | 32.8 |
| 14:10 | 575.1 | 144.9 | 35 |

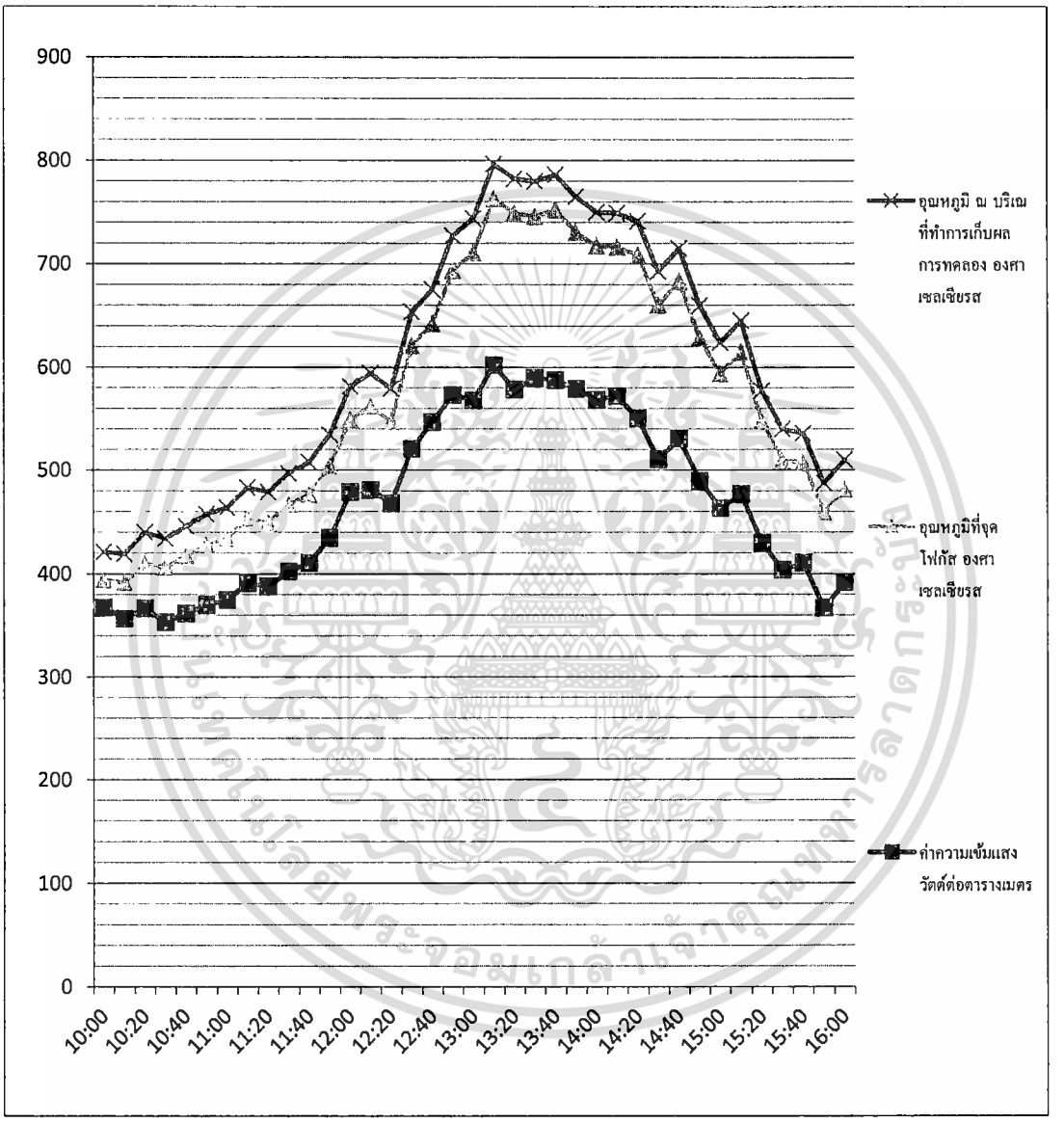
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14:20 | 542.3 | 165.6 | 34.2 |
| 14:30 | 502.4 | 155.9 | 31.3 |
| 14:40 | 522.6 | 159.5 | 30.8 |
| 14:50 | 514.6 | 141.1 | 30.2 |
| 15:00 | 495.3 | 132.7 | 29.4 |
| 15:10 | 505.9 | 138.9 | 27.6 |
| 15:20 | 432.8 | 120 | 30 |
| 15:30 | 414.9 | 106.7 | 30.5 |
| 15:40 | 421.6 | 98.5 | 30.7 |
| 15:50 | 389.1 | 91.8 | 30.2 |
| 16:00 | 409.6 | 96.9 | 30.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในการศึกษา

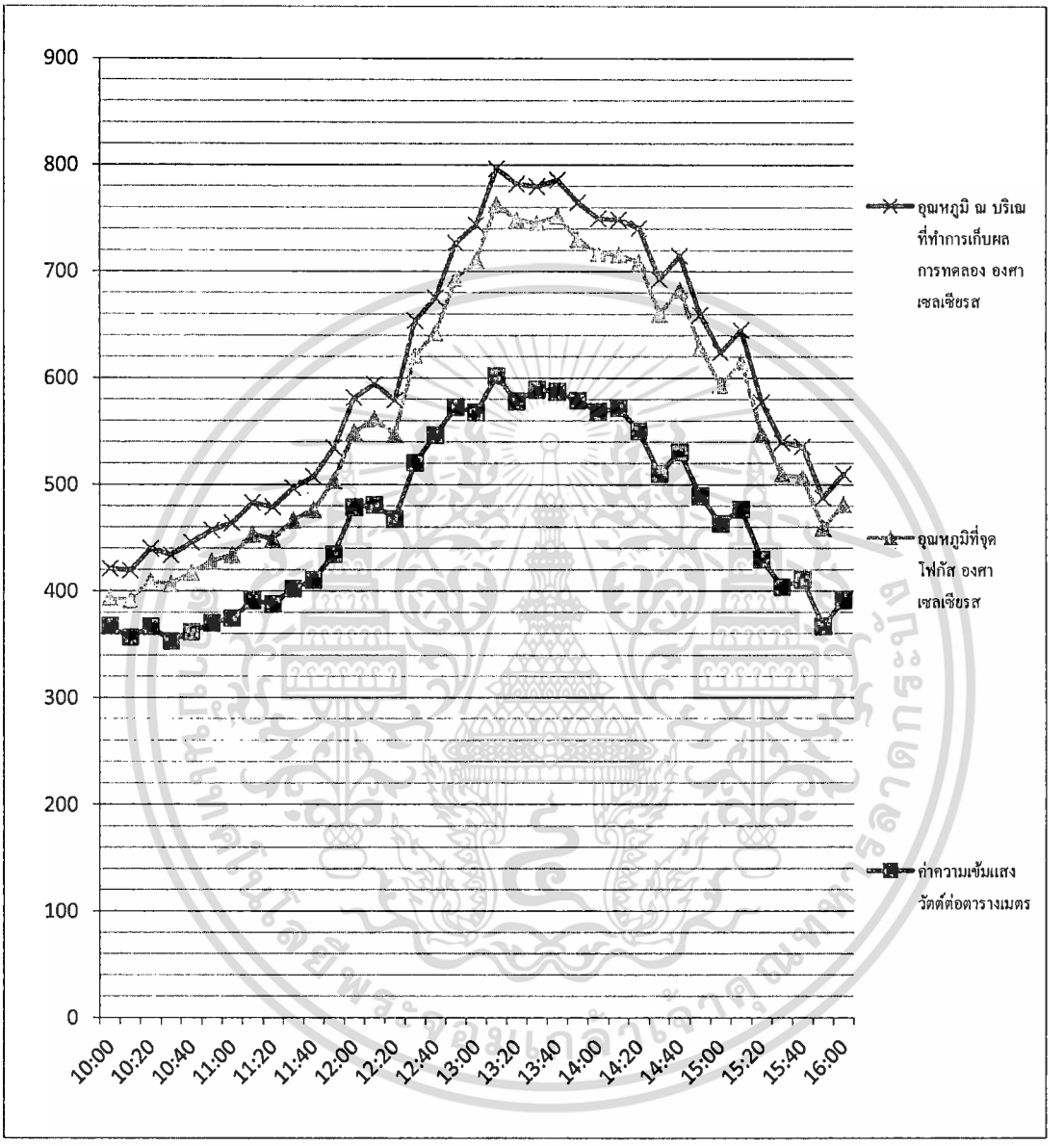
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551




รูปที่ 4.1 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

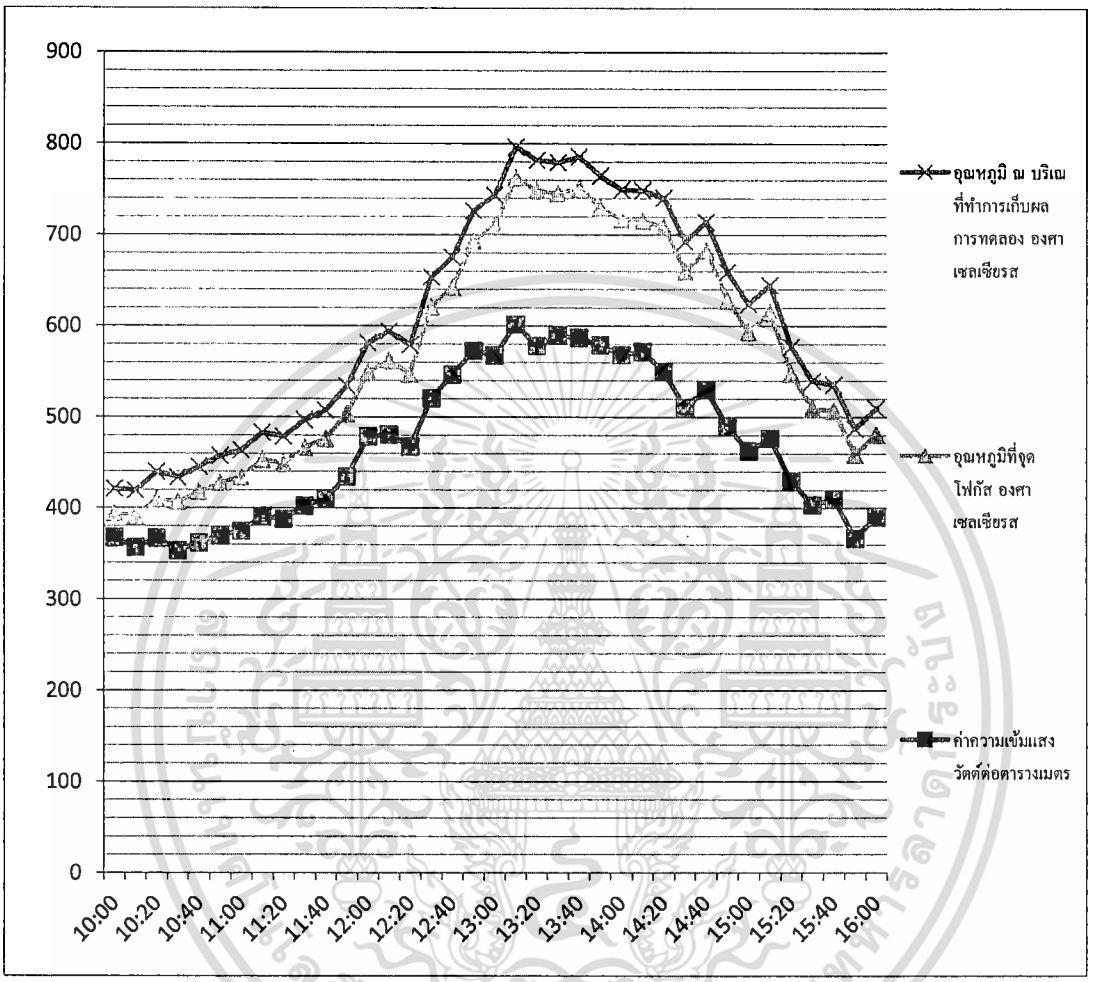
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551




รูปที่ 4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

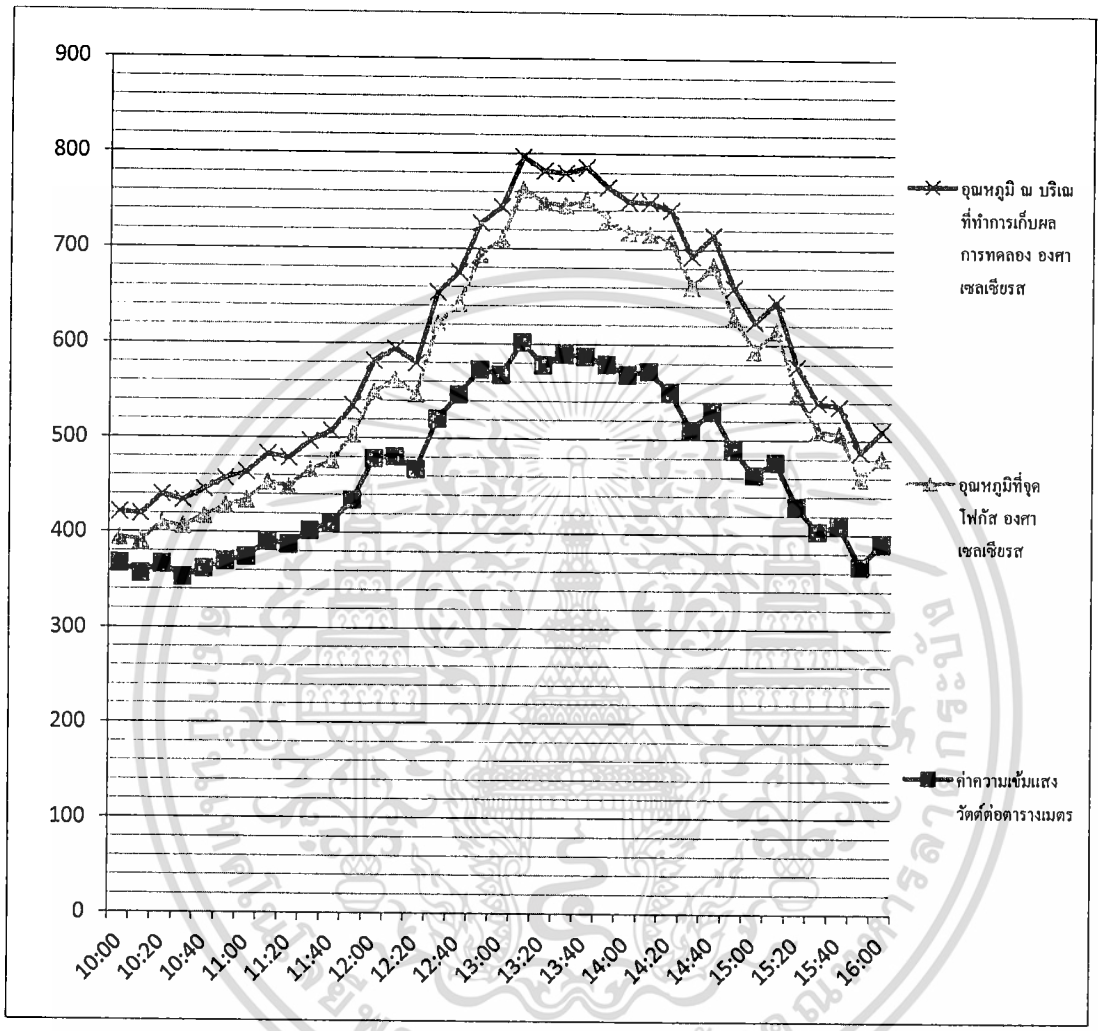
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551




รูปที่ 4.3 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

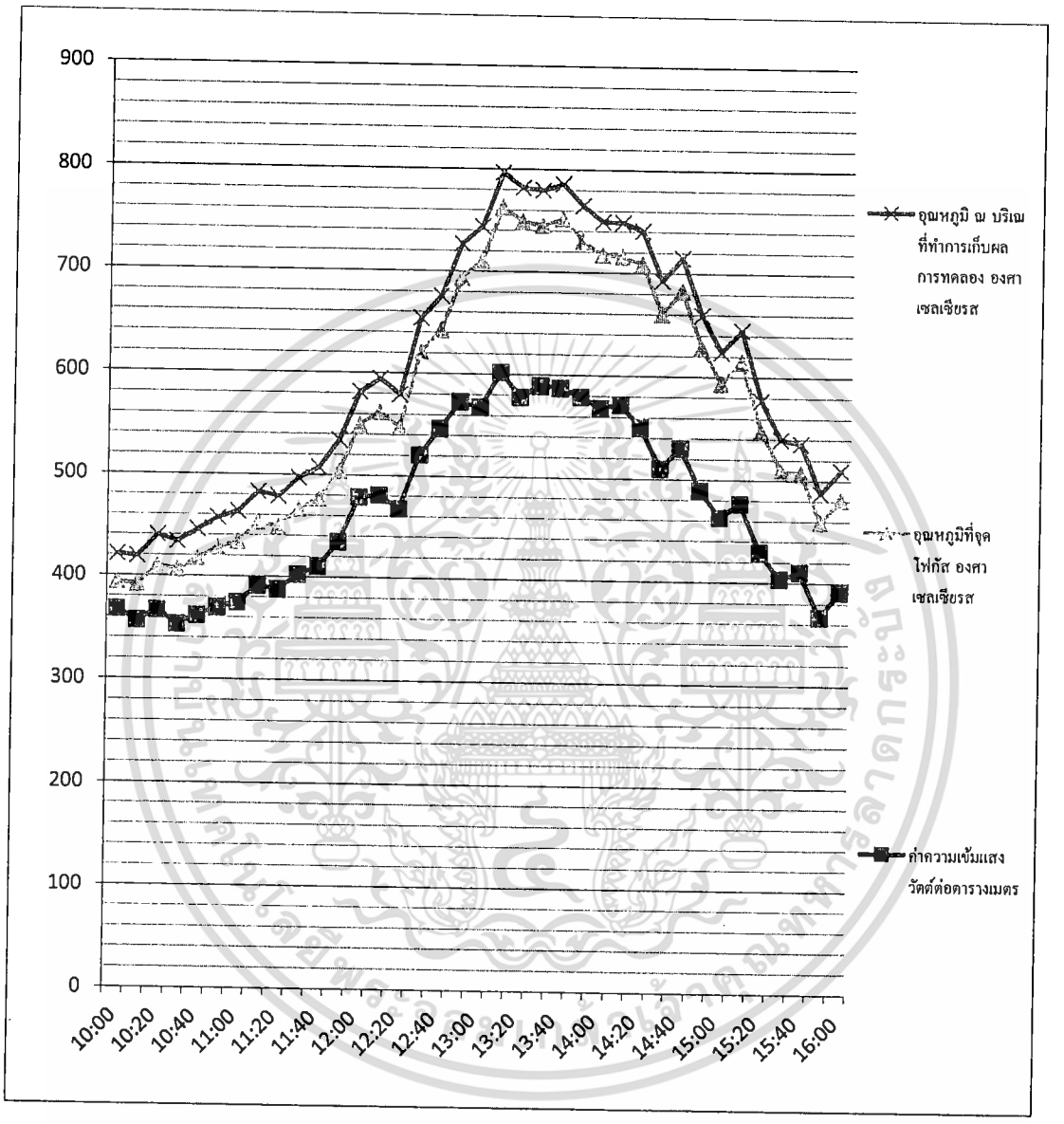
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551




รูปที่ 4.4 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

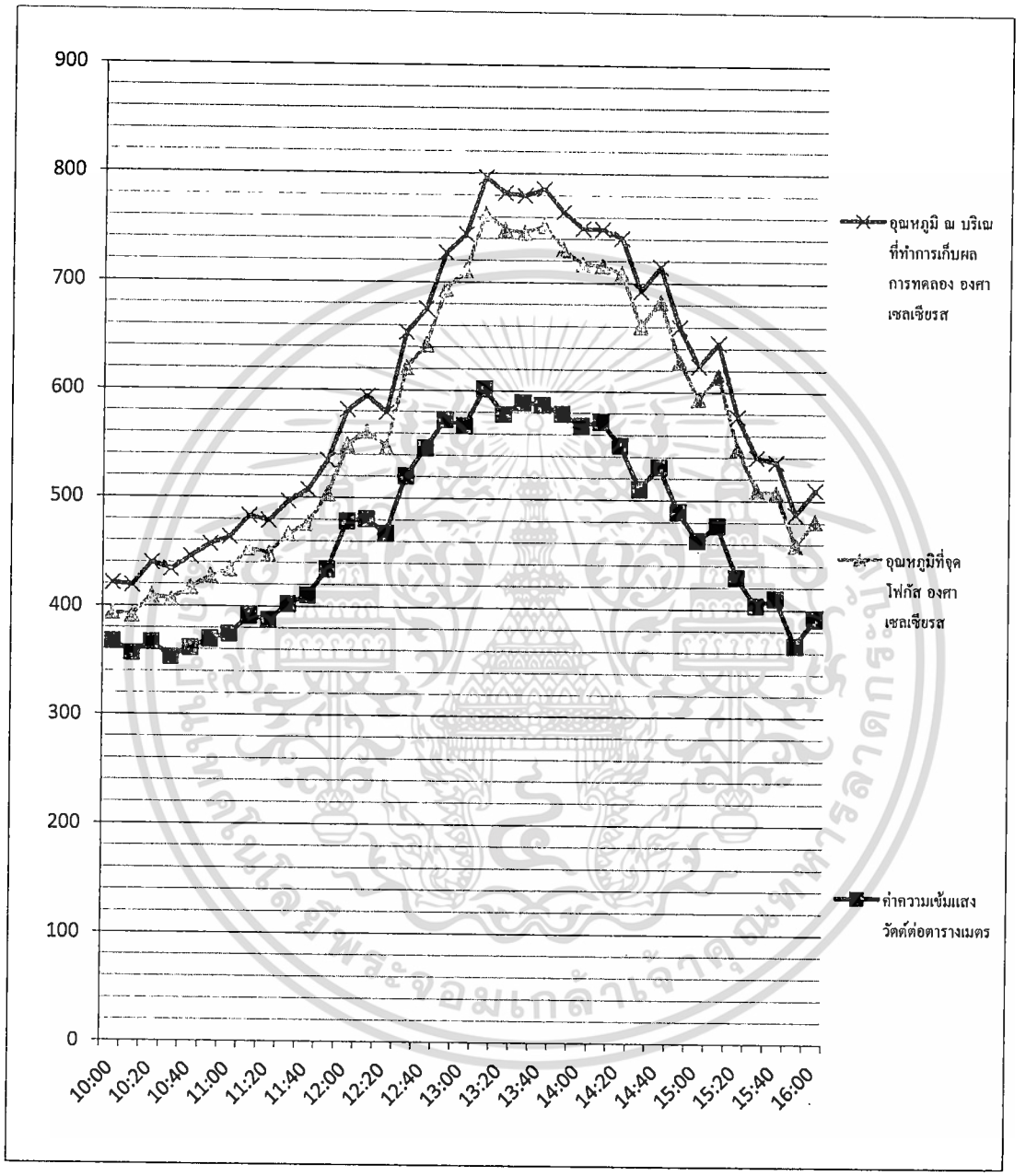
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551




รูปที่ 4.5 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

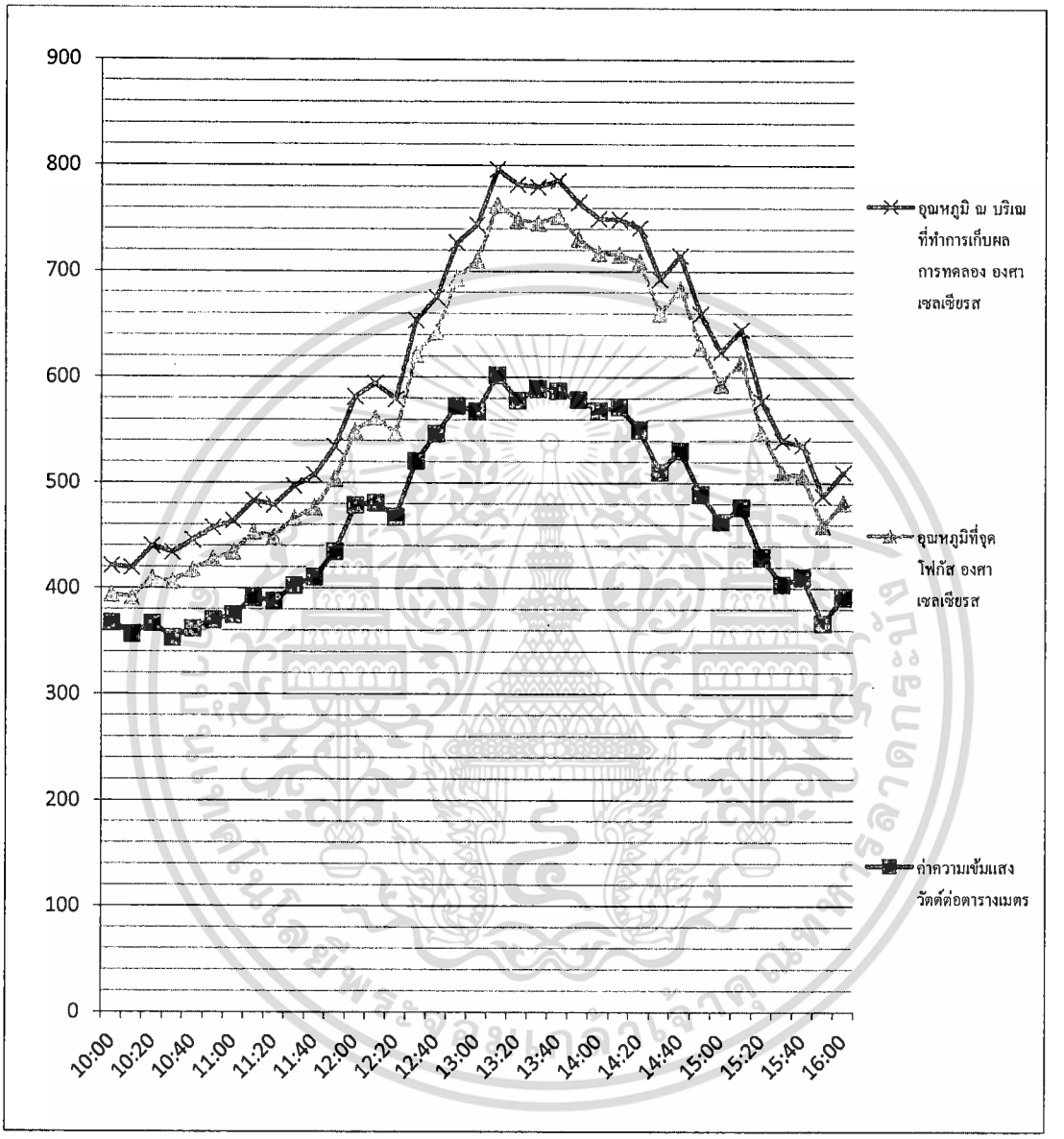
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551




รูปที่ 4.6 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

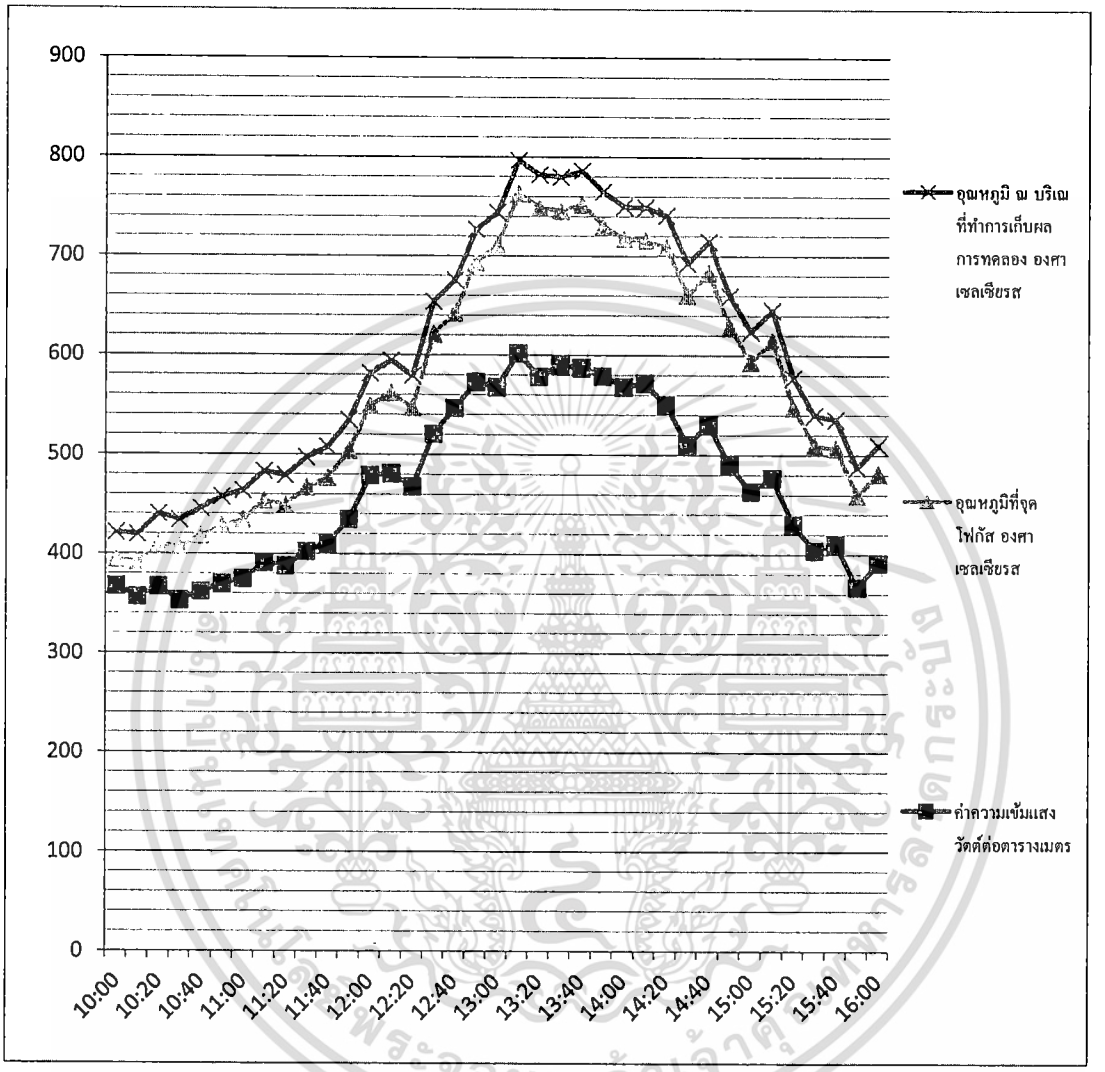
กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551




รูปที่ 4.7 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

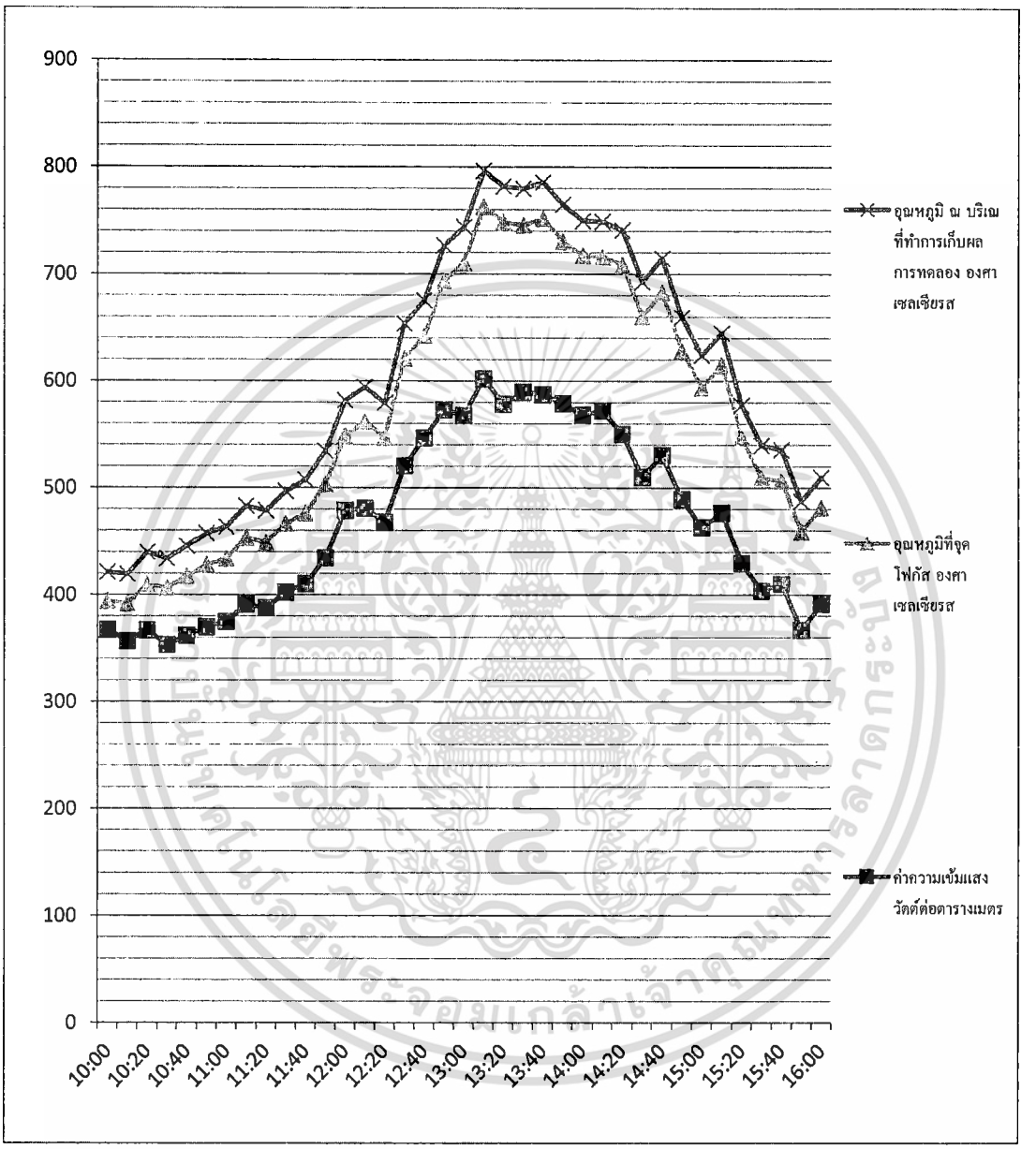
ค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551




รูปที่ 4.8 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551




รูปที่ 4.9 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

## สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์ จะพบอุณหภูมิที่จุดโฟกัสมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเข้มแสงอาทิตย์ โดยค่าความเข้มแสงจะมีค่าเริ่มเพิ่มขึ้นประมาณ 11 นาฬิกา จนถึงค่าสูงสุดประมาณ 12 นาฬิกา 45 นาที และจะเริ่มมีค่าลดลงที่เวลาประมาณ 14 นาฬิกา ในส่วนของอุณหภูมิที่จุดโฟกัสจะมีปัจจัยของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิลมมาเกี่ยวข้อง กล่าวคือถ้าหากวันที่ทำการทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์มีอุณหภูมิต่ำ หรือมีลมแรงจะทำให้จุดโฟกัสสูญเสียความร้อนไป ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะต่ำกว่าค่าอุณหภูมิปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. "Solar energy engineering processes and systems", Soteris A. Kalogirou, ISBN 978-0-12-374501-9, Elsevier, 2009.

2. "Solar energy Fundamentals, Design, Modeling and Applications", G.N. Tiwari, ISBN 81-7319-450-5, NAROSA publishing house, 2004.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้