

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันความต้องการพลังงานทดแทนมีมากขึ้น เนื่องจากพลังงานหลักที่ใช้ในปัจจุบันได้มาจากแหล่งพลังงานปิโตรเลียม ซึ่งมีราคาแพงขึ้นและคาดว่าจะหมดไปในเวลาอันสั้น จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาการนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ หนึ่งในพลังงานธรรมชาติที่สามารถนำมาแปลงพลังงานไฟฟ้าได้คือพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ที่สามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า

เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อศึกษาการออกแบบเครื่องแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิต

1.3 การดำเนินงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1.3.2 ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.3.3 สร้างชุดทดลอง

1.3.4 เก็บผลการทดลอง

1.3.5 วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ทราบถึง การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

1.4.2 ได้ผลการทดลองการเก็บค่าความสัมพันธ์ของความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิต

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

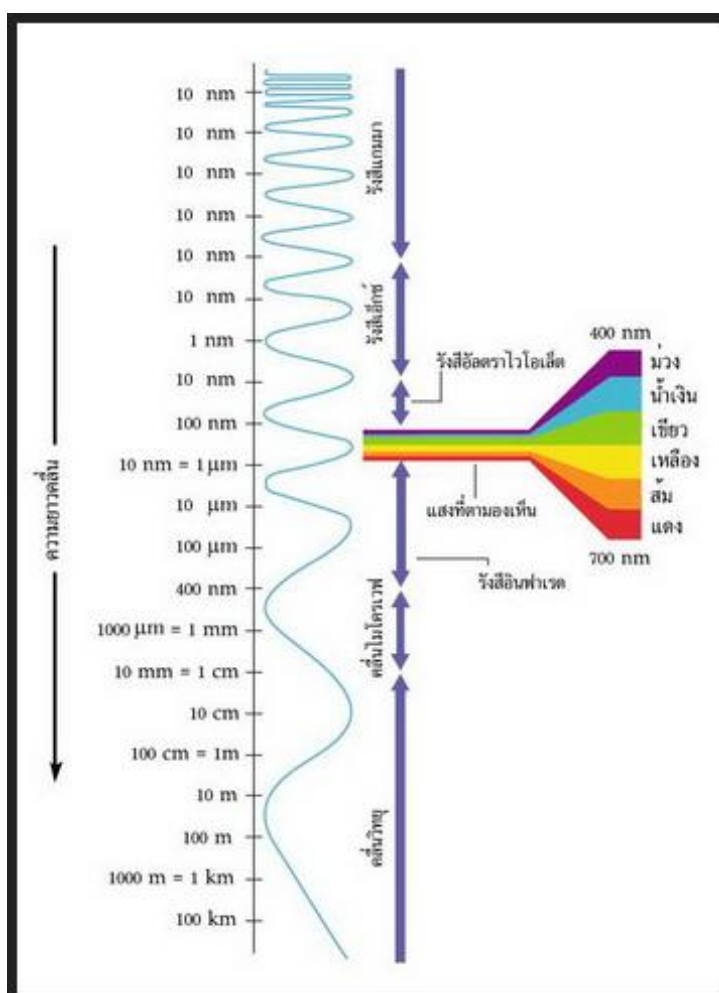
1 ปี

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สเปกตรัมของดวงอาทิตย์

แสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลกเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสเปกตรัมที่มีช่วงกว้าง ซึ่งมีตั้งแต่ รังสี UV, แสง, รังสีอินฟราเรด, ไมโครเวฟ, รังสีเอ็กซ์ และรังสีคอสมิก ในปัจจุบันเราสามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบของแสงและความร้อน ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มายังโลกมีสเปกตรัมดังรูปที่ 2.1

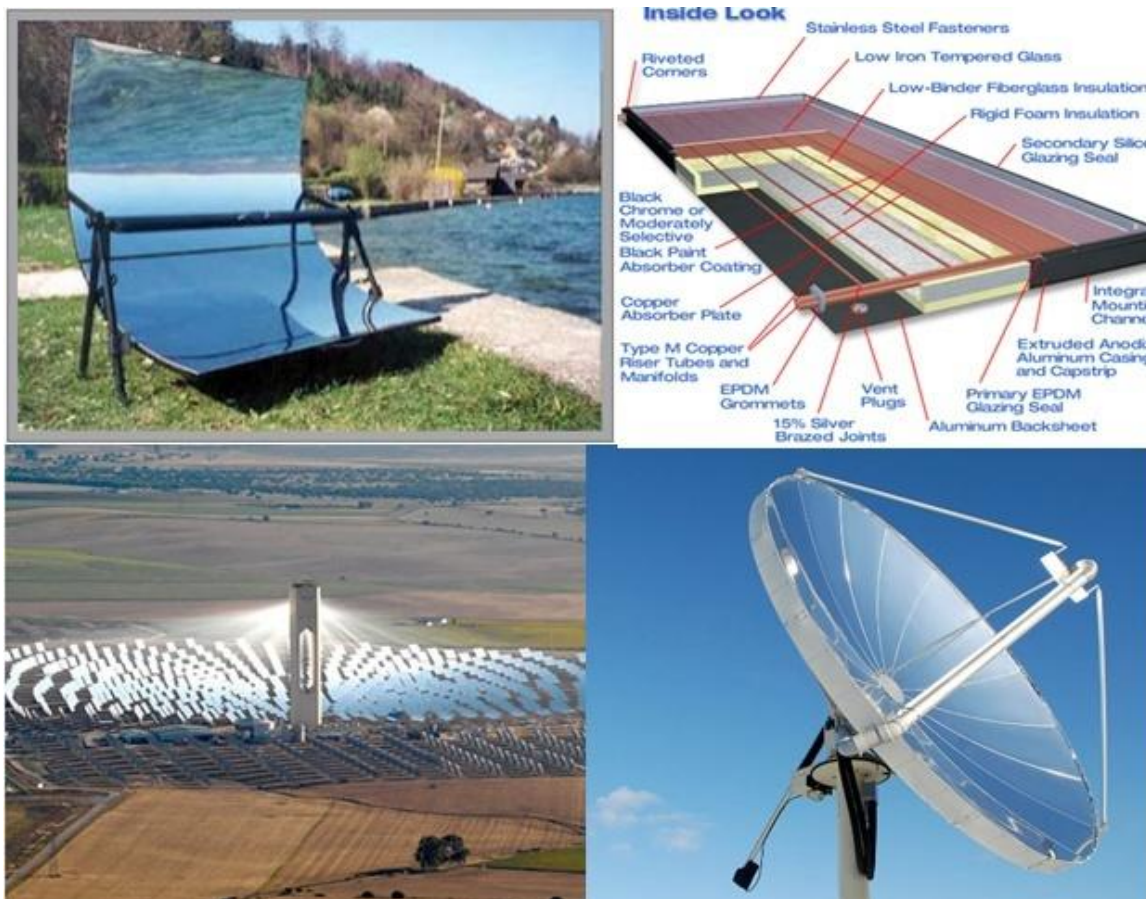


รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มายังโลก

ในรูปแบบของแสงเราสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยโซลาร์เซลล์ ส่วนพลังงานความร้อนเราสามารถนำมาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยเทคนิคการรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector)

2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector)

การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar collector) คือการรวมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดวงอาทิตย์แผ่มาทั้งพื้นโลกให้รวมกันที่บริเวณหนึ่ง และทำให้บริเวณนั้นมีความเข้มข้นของรังสีสูงกว่าที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมาตามปกติ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีหลากหลายลักษณะ ดังรูปที่ 2

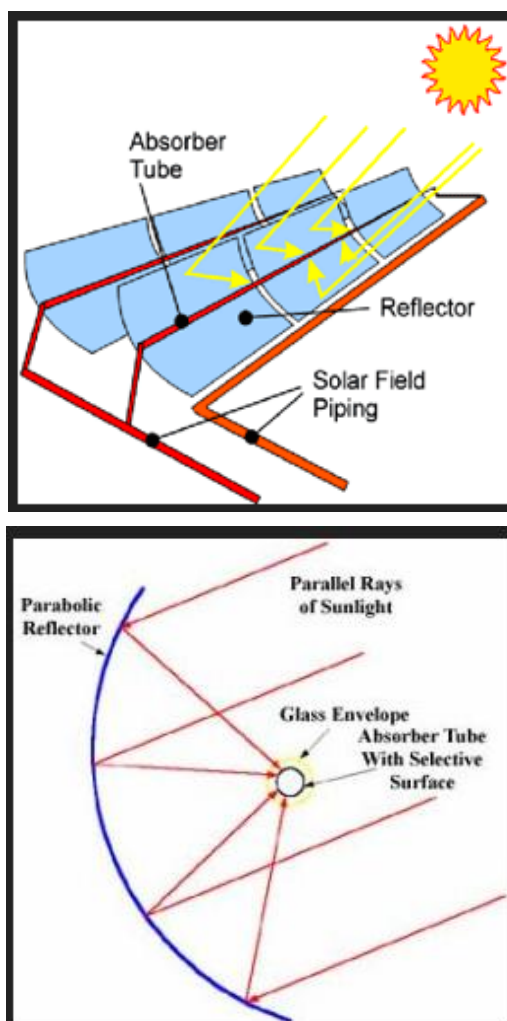


รูปที่ 2.2 การรวมความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบต่างๆ

แต่ในการวิจัยนี้จะเน้นการรวมความรังสีแบบพาราโบลิกเท่านั้น

2.3 การรวมความรังสีแบบพาราโบลิก

การรวมความรังสีแบบพาราโบลิกมีหลักการรวมรังสีจากดวงอาทิตย์ โดยการรวมแสงด้วยกระจกเงาที่จะสะท้อนจากแสงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาในแนวตั้งฉากกับแนวเส้นปกติของกระจกเงาแล้วไปรวมกันที่จุดโฟกัสของกระจกเงาดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การรวมแสงจากจุดโฟกัสของกระจกเว้า

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีเครื่องมือพื้นฐานอยู่สองชนิดดังนี้

2.4.1.1 Pyranometer

Pyranometer เป็นเครื่องมือที่ตรวจวัดการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์และจากท้องฟ้ารอบๆดวงอาทิตย์ ในทิศทางทางที่ขนานกันกับแนวปกติกับตัวตรวจรับ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2. 4 Pyranometer

2.4.2 Pyrheliometer

Pyrheliometer เป็นเครื่องมือสำหรับวัดการแผ่รังสีรวมในส่วนของครึ่งทรงกลมของดวงอาทิตย์ (ส่วนที่เป็นลำ + ส่วนที่แผ่ออกมา) ที่ส่งมายังแนวราบเสมอ แต่ถ้าในกรณีที่แดดร่มการวัดจะเป็นการวัดในส่วนของการแผ่ของแสงเพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Pyrheliometer

2.5 ตัวแปรต่างๆที่เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมินั้นจำเป็นต้องทราบความหมายของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บค่าผลการทดลองซึ่งมีพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

ลำรังสี (Beam radiation) I_b

ลำรังสี คือความเข้มของลำรังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์มายังผิวโลกโดยตรง

รังสีแพร่ (Diffuse radiation) I_d

รังสีแพร่ คือลำรังสีที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์แล้วเกิดการกระเจิงบริเวณชั้นบรรยากาศ

การแผ่รังสี (Irradiance) I

การแผ่รังสี คืออัตราการแผ่พลังงานรังสีที่ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งหน่วย

พลังงานการแผ่รังสี (Radiant exposure) (J/m^2)

พลังงานการแผ่รังสี คืออัตราการแผ่พลังงานรังสีที่ตกกระทบบนพื้นที่ใดๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง

กำลังการแผ่รังสี (Radiant exitance) (W/m^2)

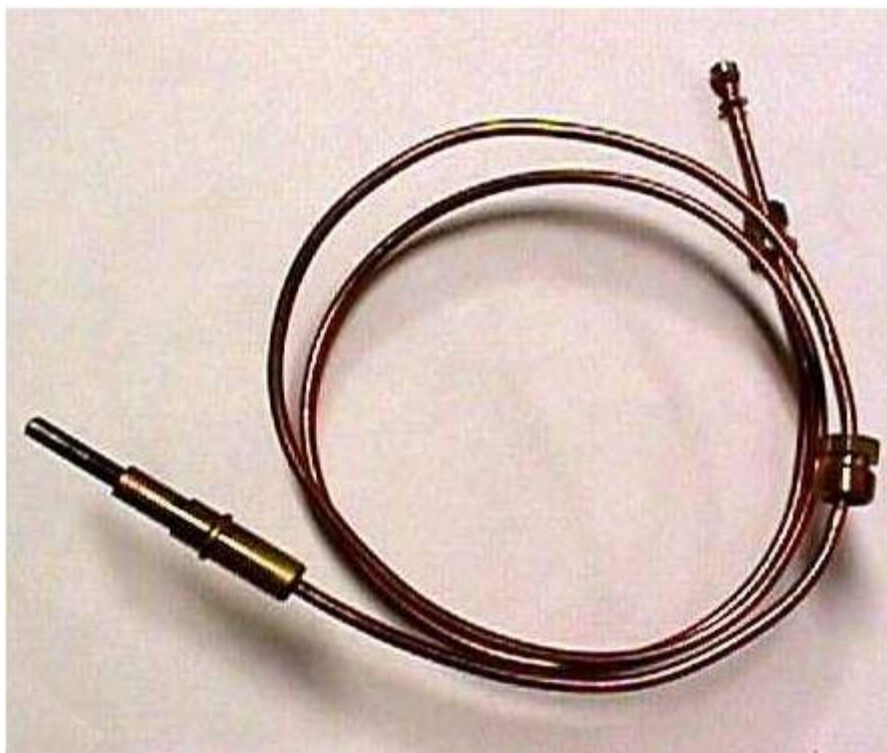
กำลังการแผ่รังสี คือกำลังงานของรังสีที่ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งหน่วย ซึ่งรวมการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิด, การสะท้อน และการส่งผ่าน

กำลังการปลดปล่อย (Emissive power) (W/m^2)

กำลังการปลดปล่อย คือกำลังงานของรังสีที่ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งหน่วย ที่ได้รับการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดเท่านั้น

2.6 การวัดค่าความร้อนเชิงอุณหภูมิ

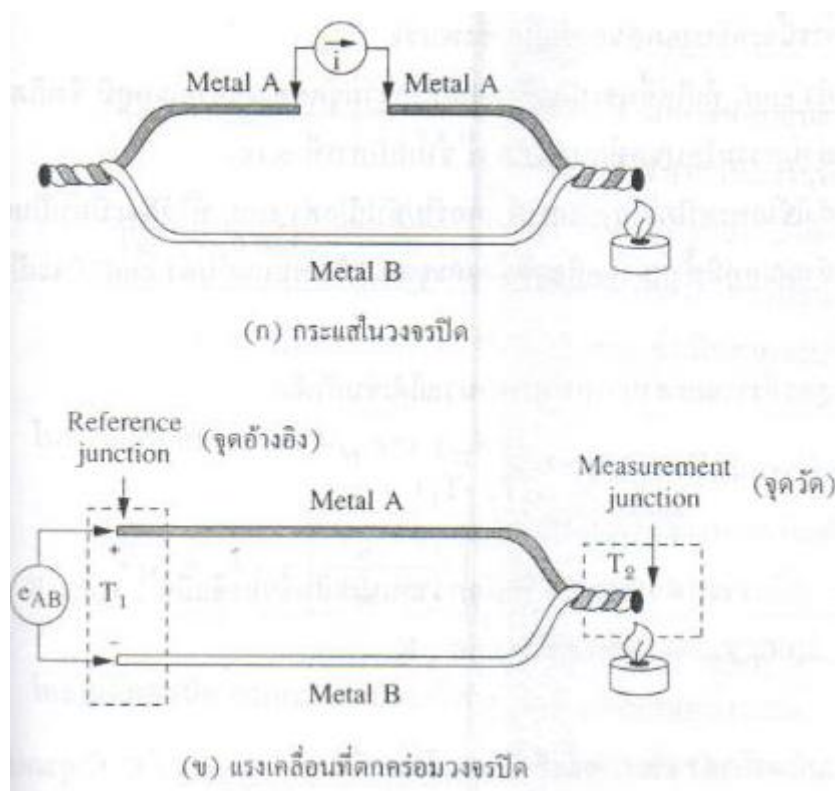
ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมินั้น เราจำเป็นต้องวัดค่าความร้อนที่รวมได้บนพื้นที่ที่เราทำการรวมความเข้ม เพื่อหาความสัมพันธ์ของการรวมความเข้มแสงกับความร้อนเชิงอุณหภูมิ ในงานวิจัยนี้จึงทำการค่าอุณหภูมิที่บริเวณจุ่มแสงของชุดอุปกรณ์ด้วยเทอร์โมคัปเปิล Type K ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เทอร์โมคัปเปิล Type K

2.7 เทอร์โมคัปเปิล

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



รูปที่ 2.7 แสดงผลของซีแบ็ค

2.8 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

2.8.1 ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect)

การใช้ทฤษฎีโซลิตัสเตต เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าว นั่นคือ

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

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์

โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

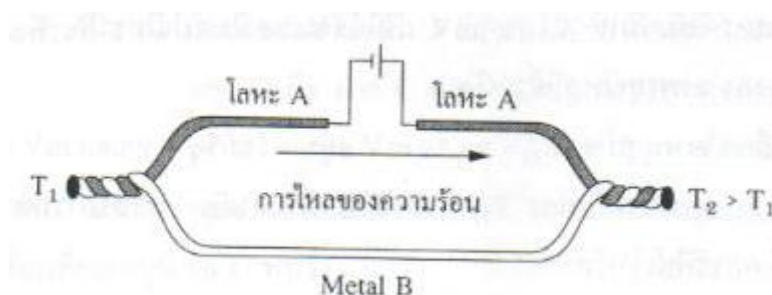
$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2.8.2 ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects)

หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



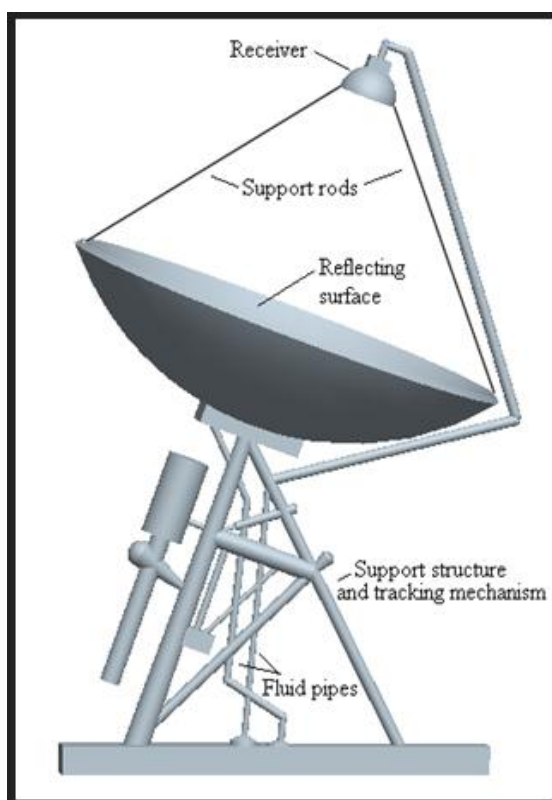
รูปที่ 2.8 แสดงผลของเพลเทียร์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 โครงสร้างของระบบ

เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกเป็นเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปทรงพาราโบลอยด์ ซึ่งแสงที่ตกกระทบลงมาในแนวตั้งฉากกับระนาบปรกติของชุดสะท้อนจะไปรวมกันที่จุดโฟกัสของแผ่นสะท้อนทำให้เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบดังกล่าวมีความสามารถในการทำอุณหภูมิได้สูงกว่าเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แบบอื่นๆ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงรูปทรงพาราโบลอยด์

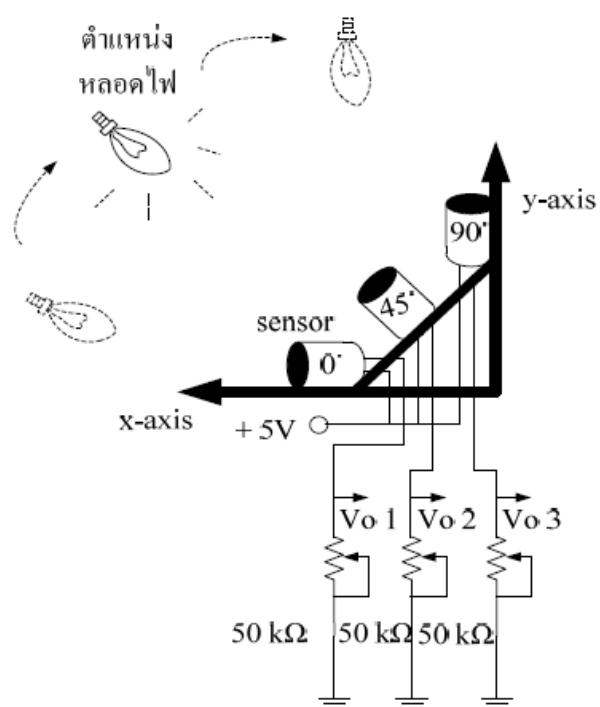
3.2 ระบบการรับแสงแบบติดตามดวงอาทิตย์

เทคนิคและวิธีการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ของเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้เครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์และสามารถ

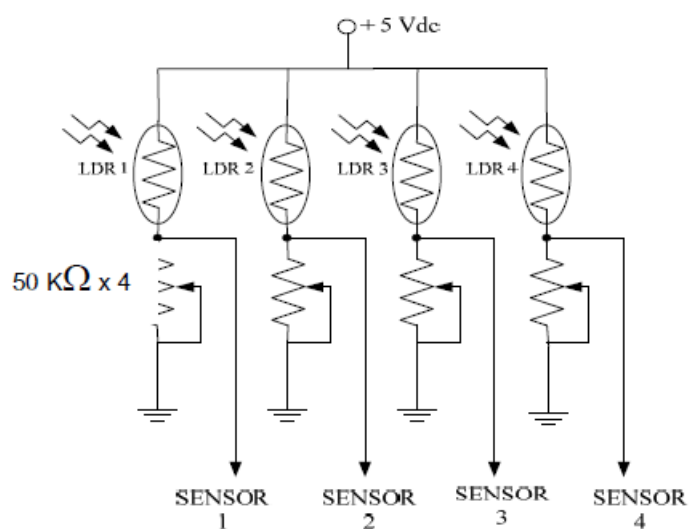
จัดเก็บพลังงานได้อย่างเต็มที่นั้นได้ สามารถจำแนกตามวิธีการที่ใช้ในการติดตาม ได้อยู่ 4 ลักษณะคือ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบเชิงกลหรือถ่วงน้ำหนักวิธีการควบคุมลักษณะนี้จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของของเหลวในท่อที่ยึดติดกับเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำงานร่วมกับตัวตรวจวัดความเข้มแสงเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไปปั๊มจะทำการสูบของเหลวออกและปล่อยของเหลวเข้าตามค่าของความเข้มแสงน้ำหนักของเหลวที่ถ่ายเทไปมาจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปในแนวอัลติจูดเปรียบเหมือนกับเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ และการบำรุงรักษาน้อย เมื่อเทียบกับระบบอื่นแต่ระบบ มีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ แบบที่สองระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรรอานาล็อกเป็นแบบควบคุมการติดตามด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นอนาล็อกในการควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความเข้มแสง เช่นโฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์หรือ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงโดยจะรับค่าแรงดันจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความเข้มแสงมาเข้าสู่ชุดเปรียบเทียบกับแรงดันโดยใช้โอปแอมป์อาศัยการเปลี่ยนสถานะทางด้านเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อนของวงจรควบคุมและสามารถปรับเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้ได้ตั้งฉากกับแสงที่มาจากกระทบแต่ อุปกรณ์ตรวจวัดแสงมีความไวต่อแสงมากทำให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ทำงานตลอดเวลา แม้ว่าความแตกต่างระดับความเข้มแสงเพียงเล็กน้อย ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์เกิดการอาร์ค แบบที่สามระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรดิจิทัลเป็นระบบที่ทำงานร่วมกับตัวตรวจวัดระดับความเข้มของแสงระบบจะถูกออกแบบให้สัญญาณจากตัวตรวจวัดความเข้มแสงมีลักษณะเป็นดิจิทัลป้อนให้ระบบควบคุมที่เป็นวงจรดิจิทัลโดยตรงอาศัยการเปลี่ยนสถานะด้านเอาต์พุตไปควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ระบบควบคุมลักษณะนี้มีความแม่นยำสูง ใช้วงจรดิจิทัลพื้นฐานทำให้สามารถสร้างวงจรได้ง่าย แต่การควบคุมลักษณะนี้จะเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ในกรณีที่แสงมีความเข้มไม่มากพอที่จะทำให้สถานะของลอจิกเกิดการเปลี่ยนแปลงและสิ่งสำคัญถ้าจะปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นจะต้องออกแบบวงจรควบคุมใหม่ แบบที่สี่ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงซึ่งจะมีทั้งการควบคุมแบบแกนเดียวและแบบสองแกนการควบคุมลักษณะนี้คือเปลี่ยนค่าความเข้มแสงในรูปสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แล้วทำการประมวลผลตามผังงานที่เขียนไว้หากมีความแตกต่างของความเข้มแสงจากตัวตรวจวัดแสงก็จะสั่งการให้ชุดควบคุมเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ข้อดีของการควบคุมลักษณะนี้คือมีความเที่ยงตรงสูงและการปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่ายแต่มีข้อเสียกรณีการควบคุมแบบสองแกนคือการวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงใกล้กันทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างความเข้มแสง

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ตัวตรวจวัดความเข้มแสงทำ งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้เทคนิควิธีการวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงไว้ตรงขอบกึ่งกลางของแผงเซลล์จำนวน 4 จุดทั้ง 4 ด้านซึ่งจะลดปัญหาความแตกต่างของความเข้มแสงกรณีวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงใกล้กัน โดยการเปรียบเทียบแสงจะใช้การเปรียบเทียบกับตัวที่อยู่ตรงกันข้ามเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละแนวแกนทั้งแนวอัลติจูด(x-axis) และแนวอะซิมุท(y-axis) ข้อได้เปรียบของระบบติดตามดวงอาทิตย์ลักษณะนี้คือเมื่อความเข้มแสงจากเซ็นเซอร์แต่ละคู่มีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่เกินค่าอ้างอิงที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมระบบจะไม่ทำ

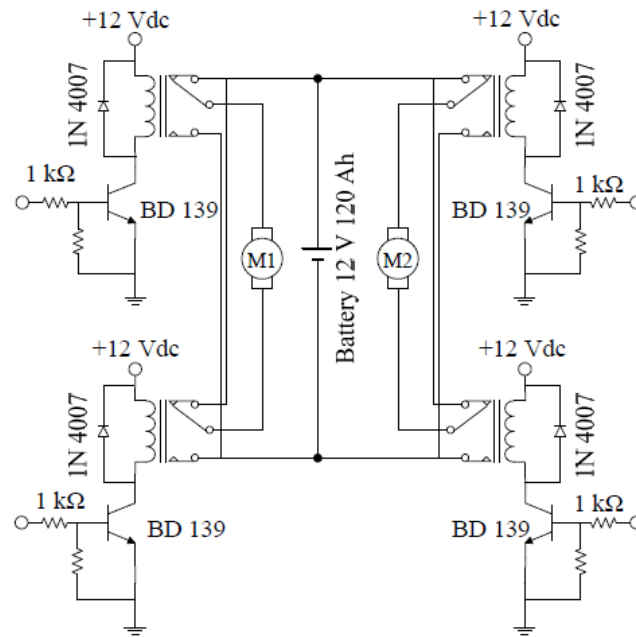
งานเพื่อป้องกันรีเลย์ทำ งานตลอดเวลา ป้องกันการอาร์คของหน้าสัมผัสและเป็นการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมขนาดเล็ก ไปใช้งานจริงสำหรับการควบคุมภาคสนาม



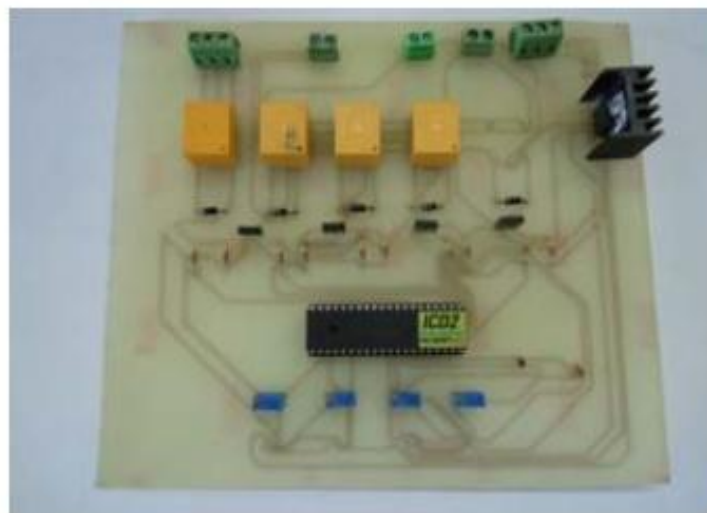
รูปที่ 3.2 การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์ในแนวแกน y



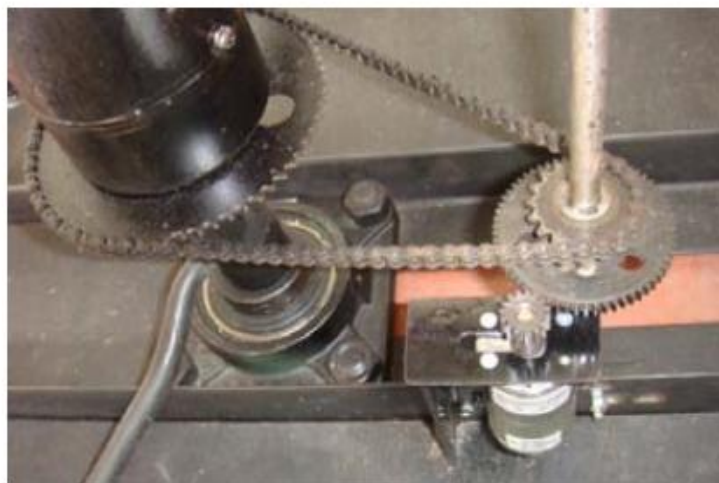
รูปที่ 3.3 วงจรตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์ของระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.5 ชุดควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.6 ระบบติดตามดวงอาทิตย์

3.3 การเก็บค่าพารามิเตอร์ในการวิจัย

การเก็บค่าความเข้มแสงจะใช้อุปกรณ์ Pyranometer วัดค่าความเข้มแสง และเก็บค่าพารามิเตอร์ความเข้มแสง, อุณหภูมิที่จุดรวมแสง และเวลา ผ่านหน่วยประมวลผลกลาง AVR7 ซึ่งค่าที่ได้จะเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง

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	อุณหภูมิบริเวณที่ทำการเก็บผลการทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อตารางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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

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	อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ทำการเก็บผล การทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อดาวรางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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
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

ตารางที่ 4.3 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551

เวลา	ค่าความเข้มแสง	อุณหภูมิที่จุดโฟกัส	อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ทำการเก็บผลทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อตารางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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
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 บริเวณที่ทำการเก็บผลทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อตารางเมตร	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
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

			อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ ทำการ เก็บผล การ ทดลอง
เวลา	ค่าความ เข้มแสง	อุณหภูมิที่ จุดโฟกัส	
นาฬิกา	วัดต่อ ตาราง	องศา เซลเซียส	องศา เซลเซียส

	เมตร		
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
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

ตารางที่ 4.6 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551

เวลา	ค่าความเข้มแสง	อุณหภูมิที่จุดโฟกัส	อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ทำการเก็บผลทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อตารางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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
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 บริเวณที่ทำการเก็บผลทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อดาวรางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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
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		

ตารางที่ 4.8 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551

เวลา	ค่าความ เข้มแสง	อุณหภูมิที่ จุดโฟกัส	อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ ทำการ เก็บผล การ ทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อ	องศา	องศา

	ตาราง เมตร	เซตเชียรต	เซตเชียรต
10:00	375.5	25.6	24.2
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
-------	-------	------	------

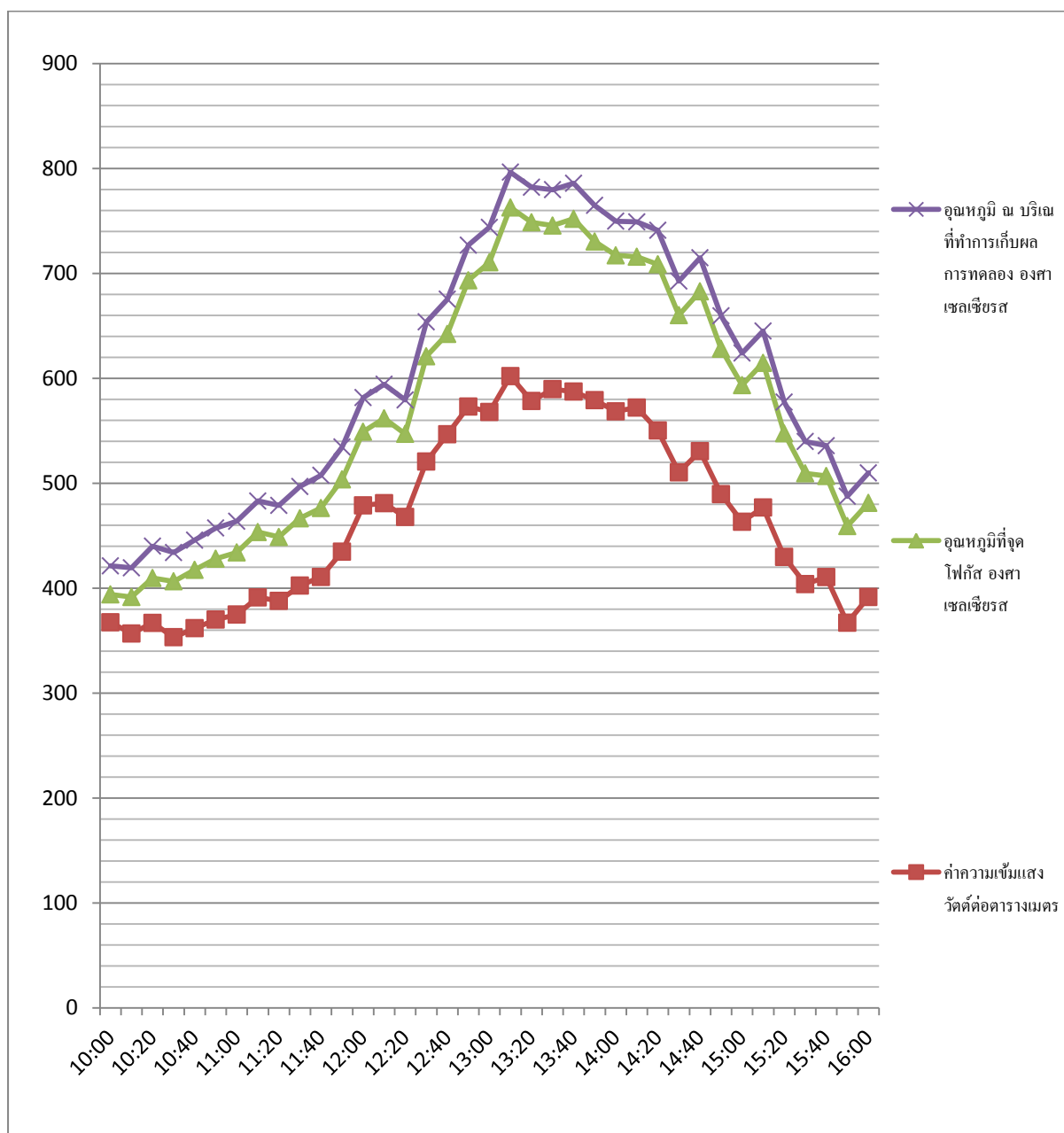
ตารางที่ 4.9 ผลการเก็บค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551

เวลา	ค่าความเข้มแสง	อุณหภูมิที่จุดโฟกัส	อุณหภูมิ ณ บริเวณที่ทำการเก็บผลทดลอง
นาฬิกา	วัดต่อดาวรางเมตร	องศาเซลเซียส	องศาเซลเซียส
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
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

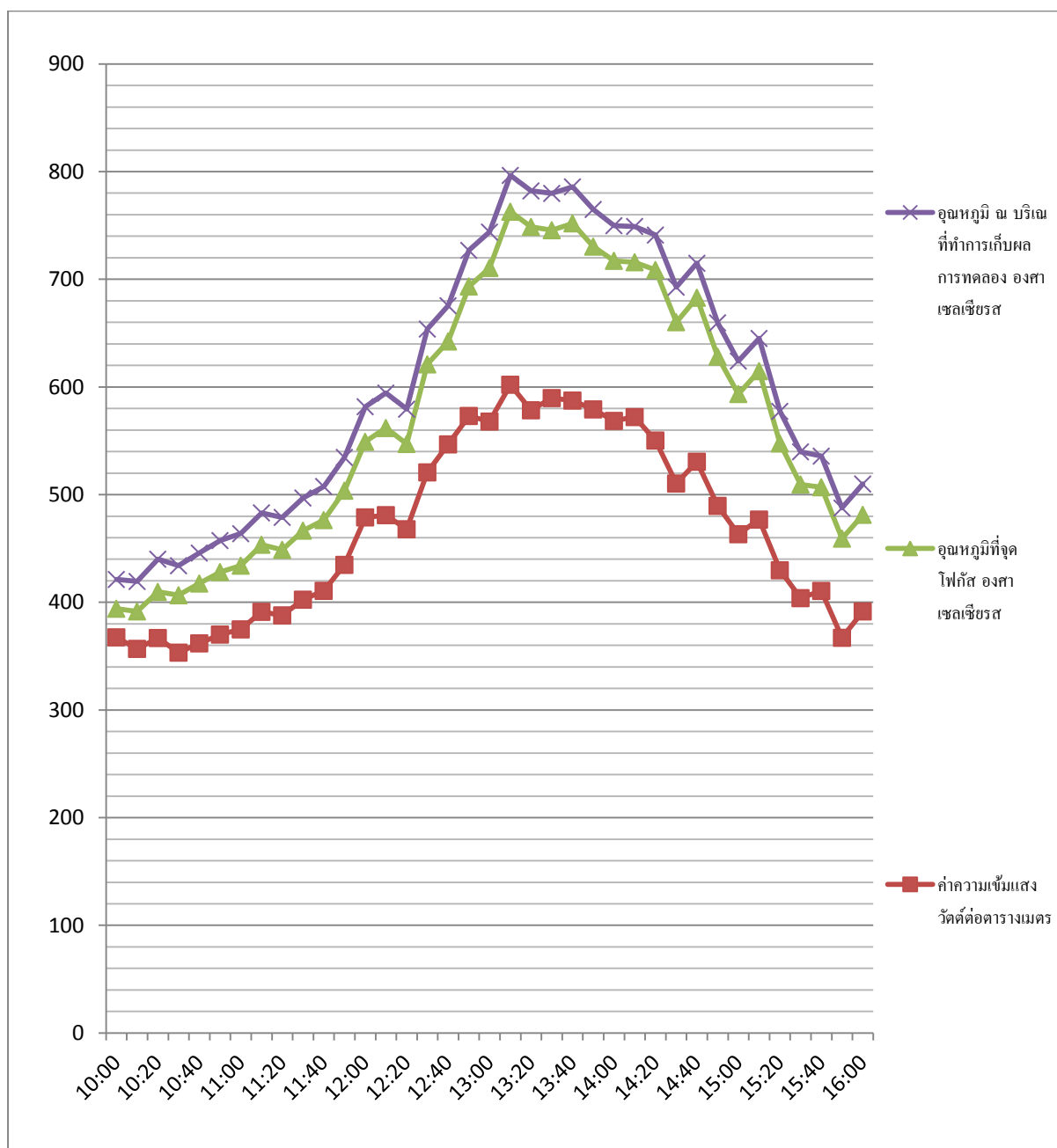
4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในการศึกษา

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551



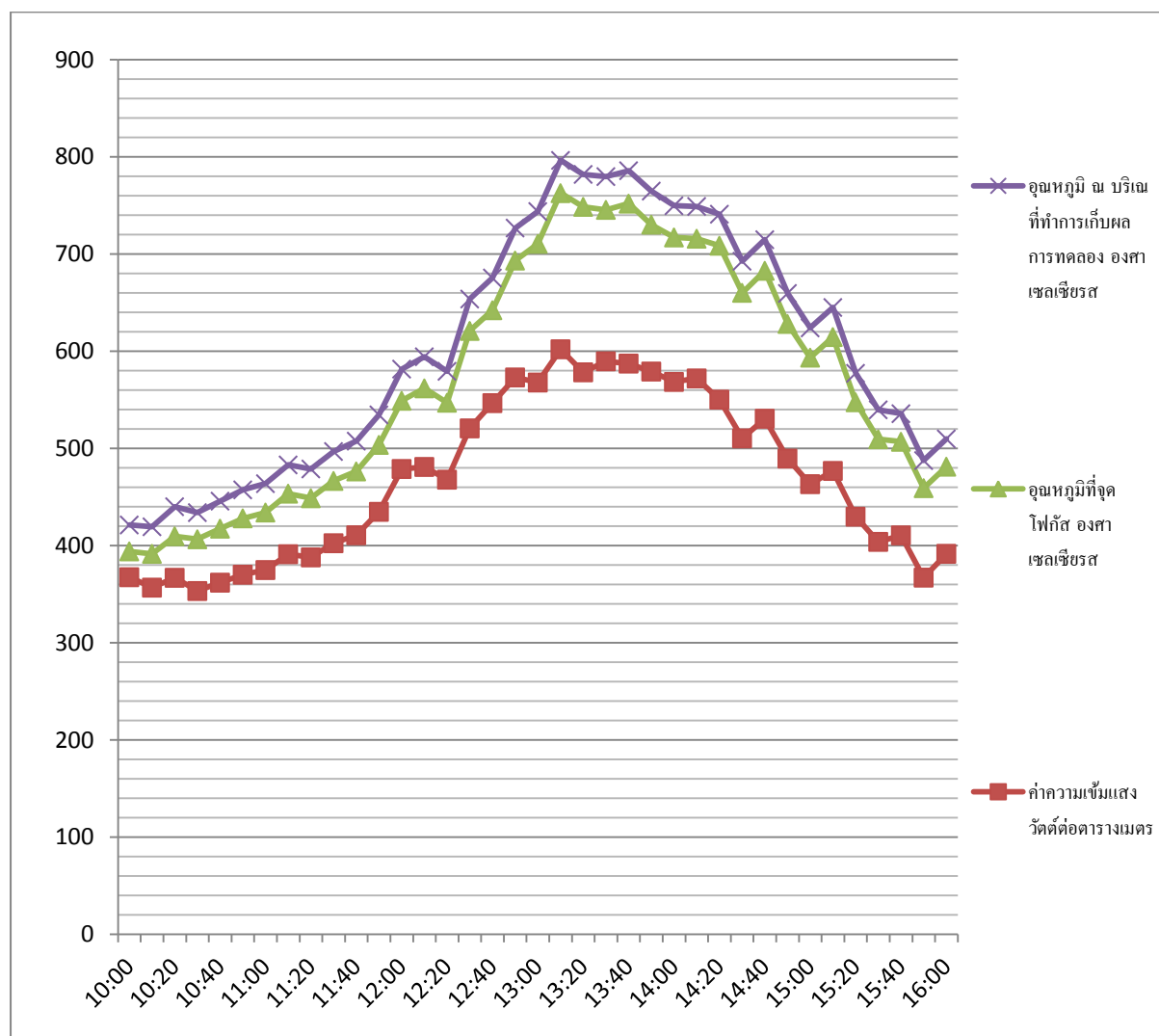
รูปที่ 4.1 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 14 พฤศจิกายน 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551



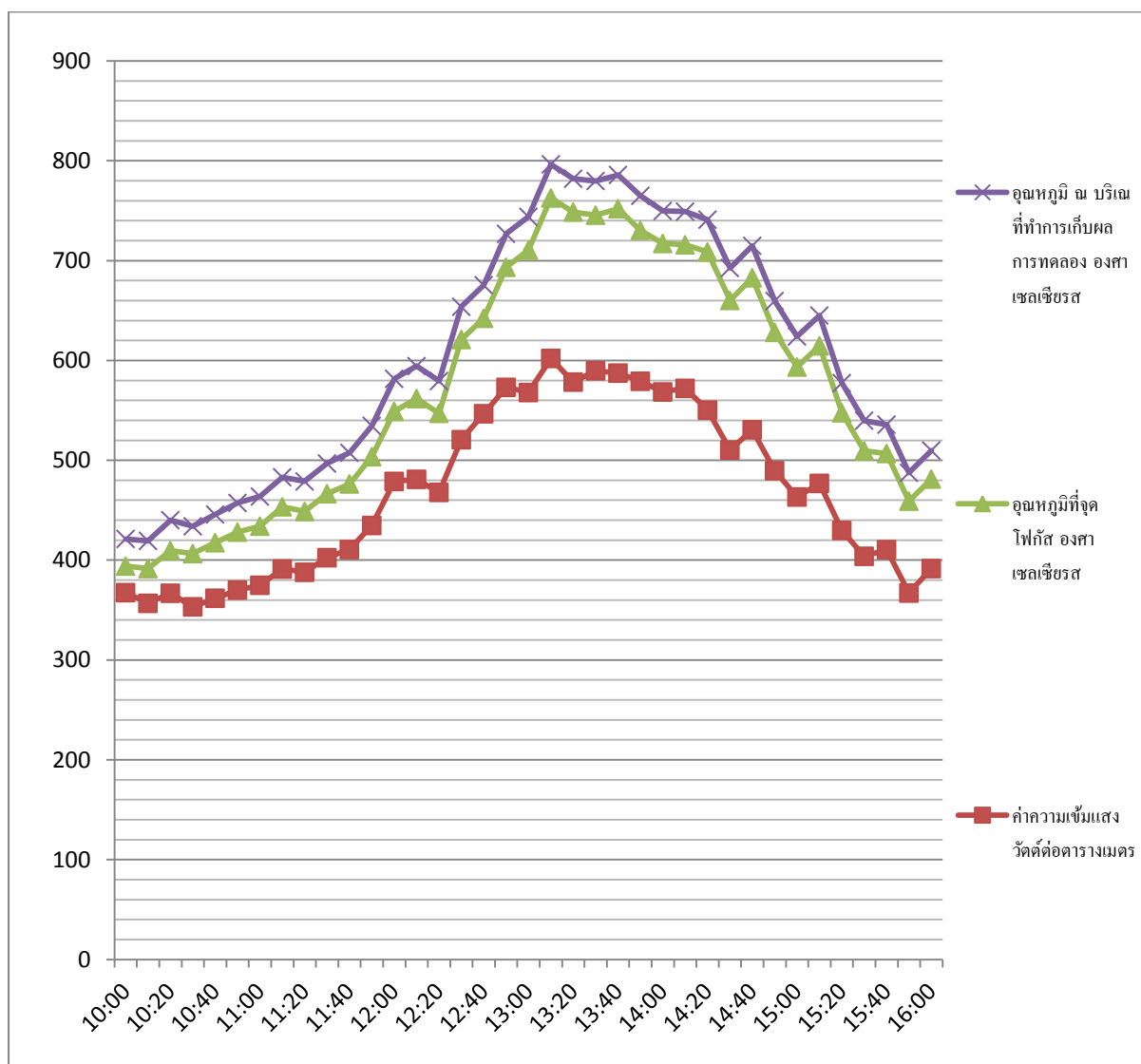
รูปที่ 4.2 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 21 พฤศจิกายน 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551



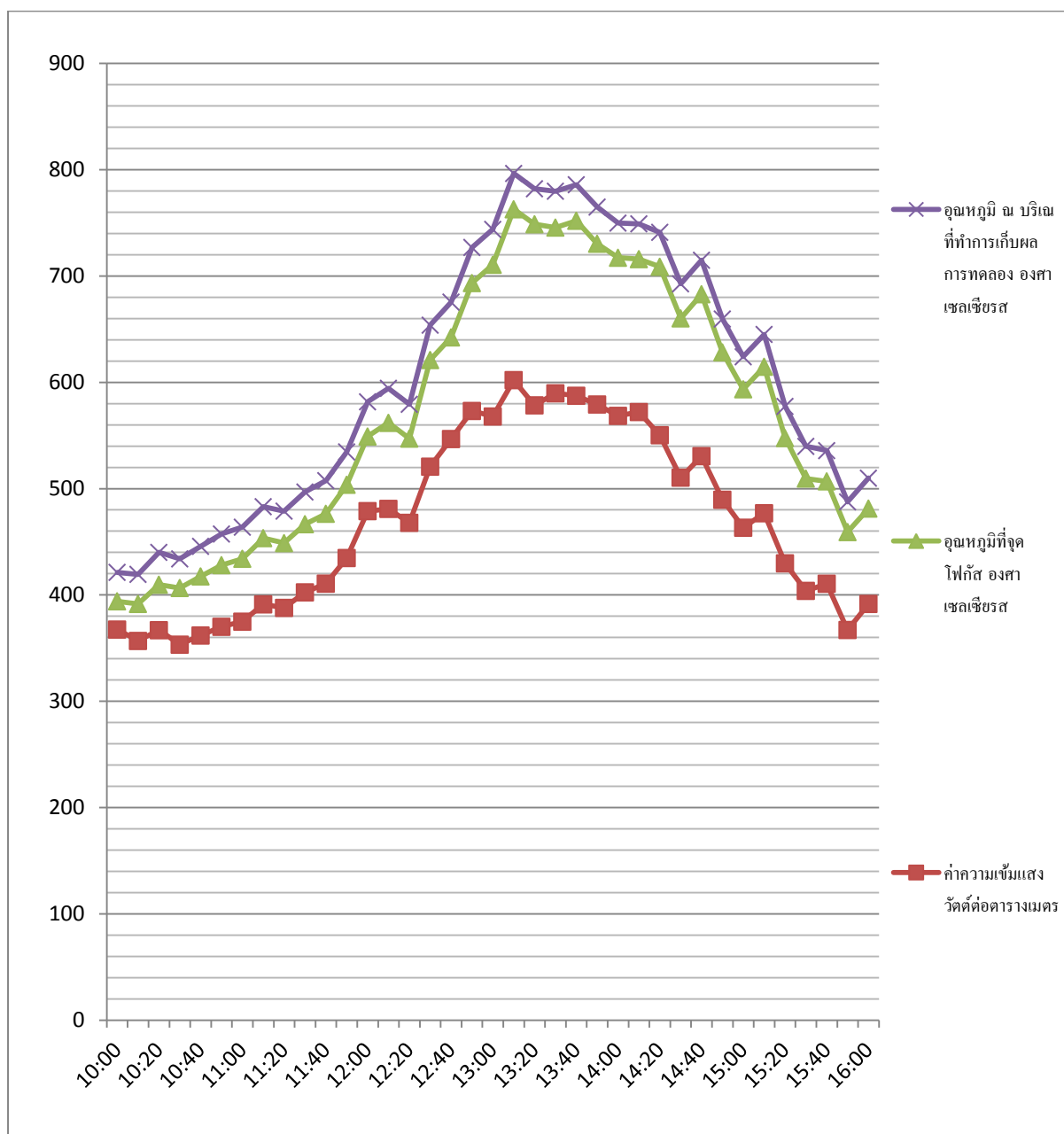
รูปที่ 4.3 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 28 พฤศจิกายน 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551



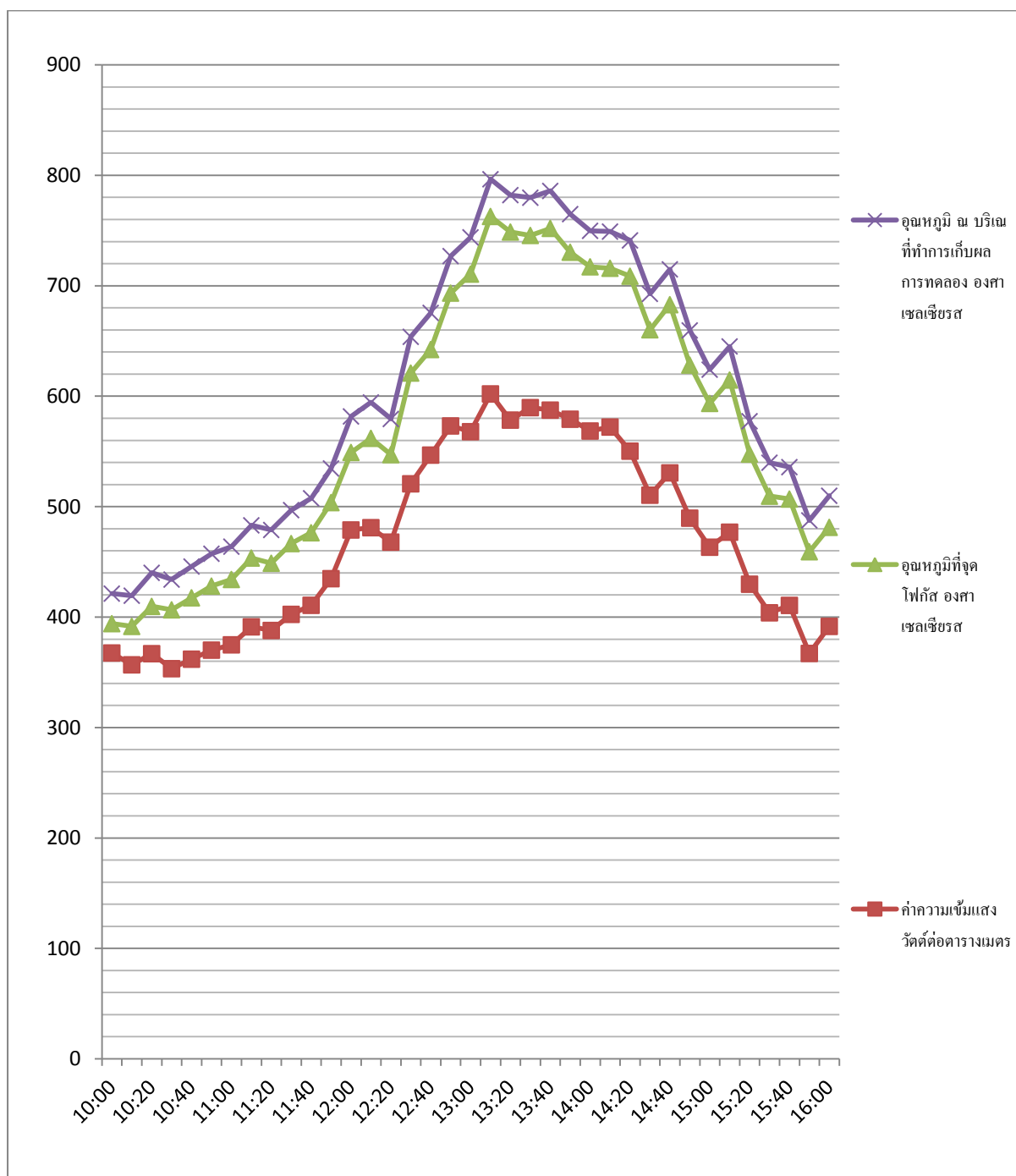
รูปที่ 4.4 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 4 ธันวาคม 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551



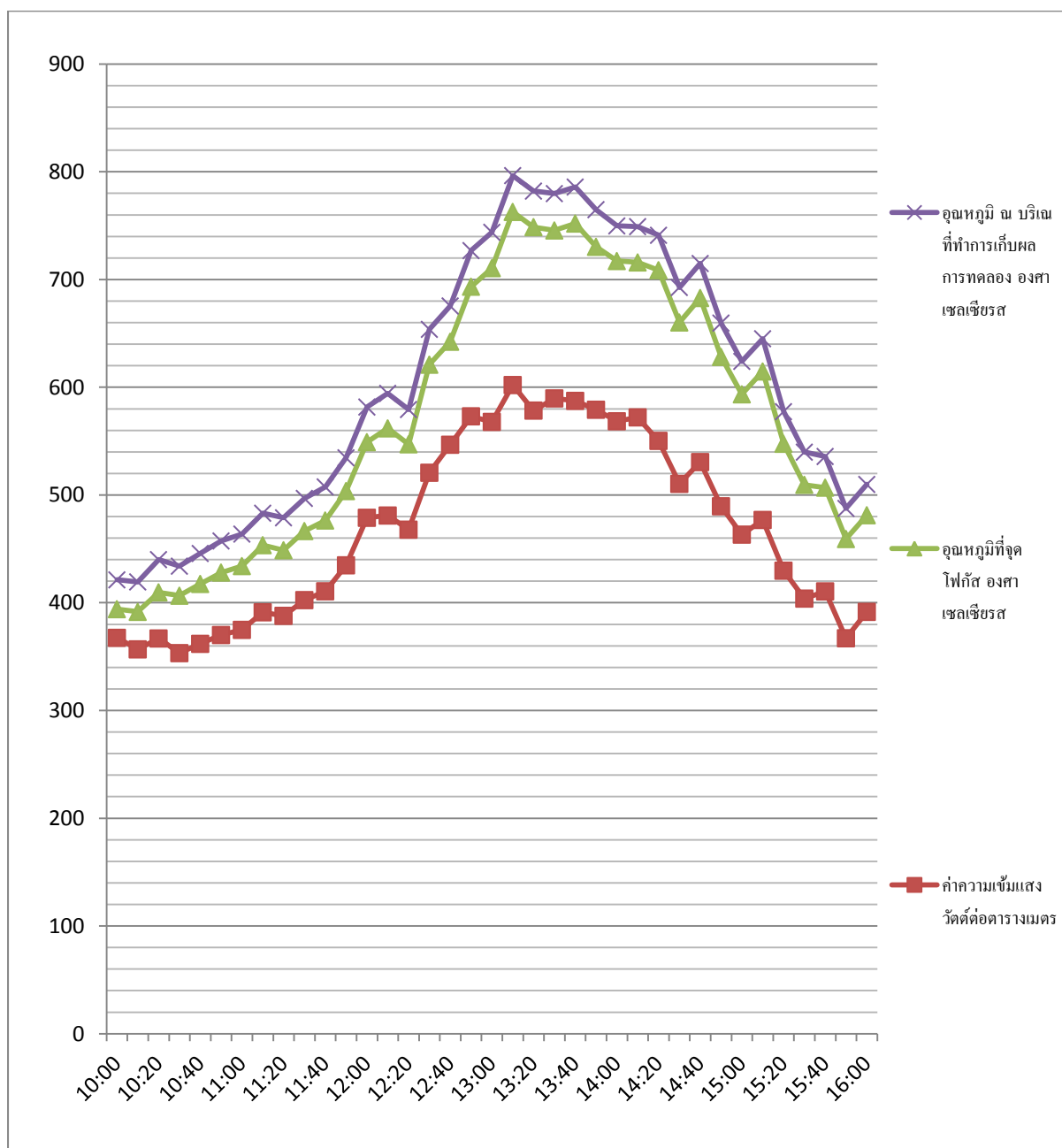
รูปที่ 4.5 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 11 ธันวาคม 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551



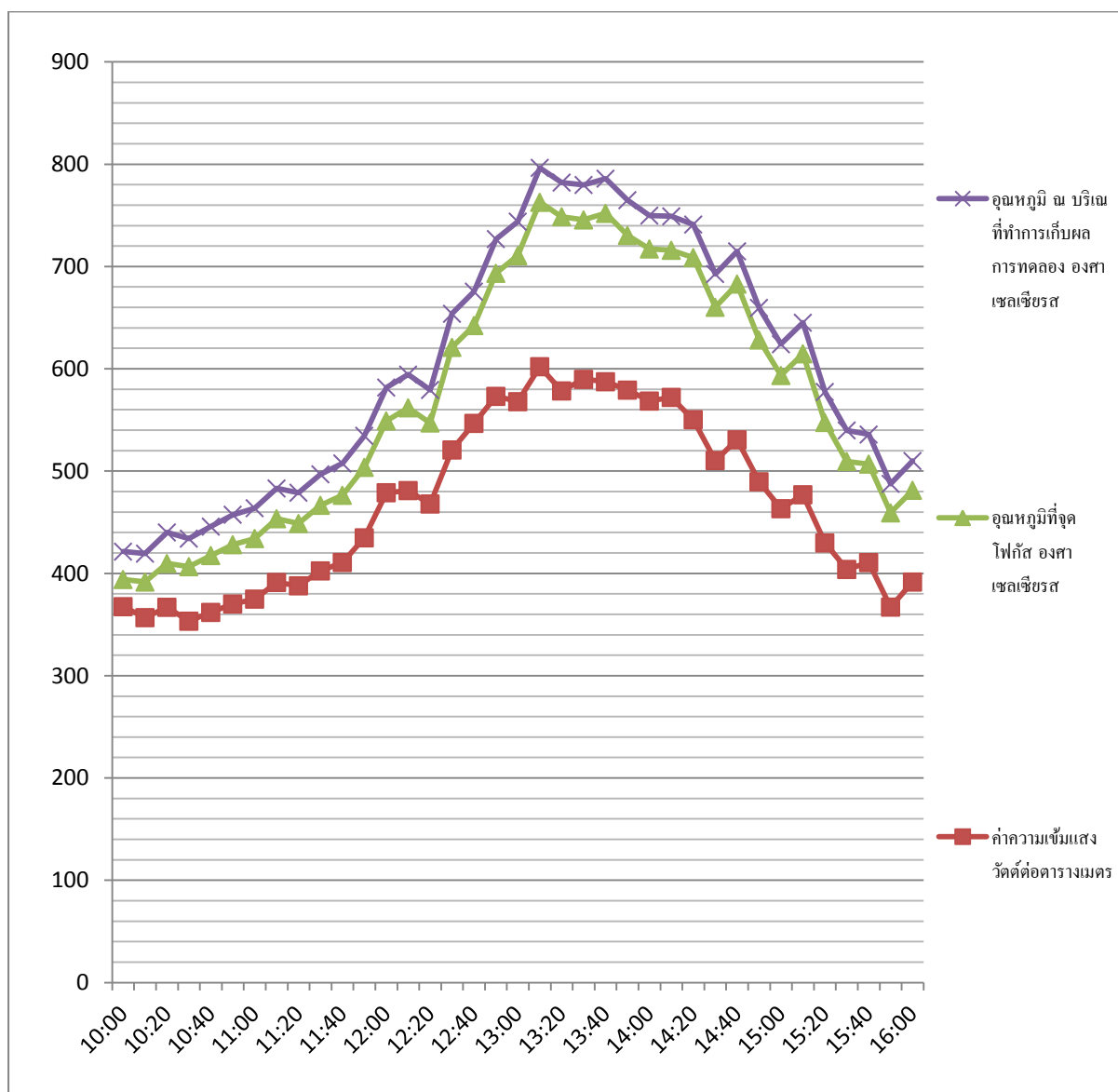
รูปที่ 4.6 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 17 ธันวาคม 2551

กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551



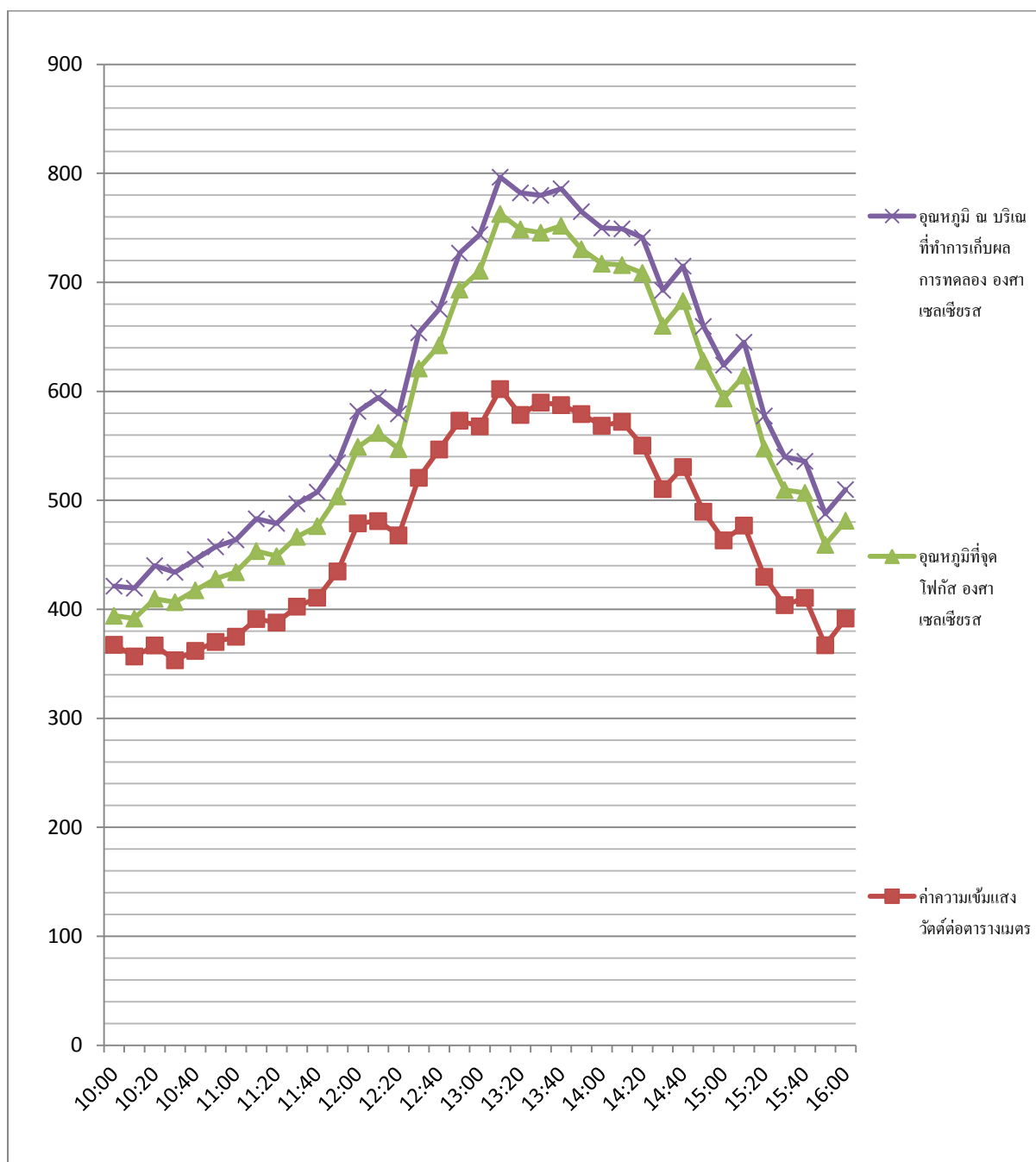
รูปที่ 4.7 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 24 ธันวาคม 2551

ค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551



รูปที่ 4.8 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 13 มกราคม 2551

ค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551



รูปที่ 4.9 กราฟค่าพารามิเตอร์ในวันที่ 25 มกราคม 2551

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์ จะพบอุณหภูมิที่จุดไฟก๊สมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับความเข้มแสงอาทิตย์ โดยค่าความเข้มแสงจะมีค่าเริ่มเพิ่มขึ้นประมาณ 11 นาฬิกา จนถึงค่าสูงสุดประมาณ 12 นาฬิกา 45 นาที และจะเริ่มมีค่าลดลงที่เวลาประมาณ 14 นาฬิกา ในส่วนของอุณหภูมิที่จุดไฟก๊สจะมีปัจจัยของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิลมมาเกี่ยวข้อง กล่าวคือถ้าหากวันที่ทำการทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์มีอุณหภูมิต่ำ หรือมีลมแรงจะทำให้จุดไฟก๊สสูญเสียความร้อนไป ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะต่ำกว่าค่าอุณหภูมิปกติ

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.