

## บทที่ 4

### ผลดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

จากเนื้อหาขั้นตอนการสร้าง และวิธีการดำเนินงานเพื่อทดสอบระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ตกับเครื่องอัดอากาศ หลังการดำเนินงานได้ผลและการวิเคราะห์ แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผลการสร้างระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต ผลการจำลองสภาพอุดตันของตัวกรองอากาศที่ส่งผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้า และผลการติดตั้งพร้อมทั้งทดสอบระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากับเครื่องอัดอากาศ

ในส่วนผลของการสร้างระบบ จะกล่าวถึง ลักษณะโดยรวมของระบบตรวจวัดพลังงานที่สร้างขึ้น ลำดับการทำงานของหน้าต่างแสดงผลและขั้นตอนการใช้งานระบบ

จากนั้นจะกล่าวถึงผลการจำลองสภาพอุดตันของตัวกรองอากาศที่ส่งผลต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า ส่วนนี้จะแสดงผลเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังไฟฟ้า เมื่อเลื่อนแผ่นโลหะปิดทางเข้าช่องลมของตัวกรองอากาศตามสัดส่วน และวิเคราะห์ผลการทดลอง

และในส่วนของการติดตั้งและทดสอบระบบ จะกล่าวถึง ผลการทดสอบระบบตรวจวัดพลังงานที่สร้างขึ้นกับเครื่องอัดอากาศเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ และผลการทดสอบระบบกับเครื่องอัดอากาศเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพอุดตัน รวมถึงการวิเคราะห์ผล

#### 4.1 ผลการสร้างระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับเครื่องอัดอากาศแบบ 3 เฟส

จากเนื้อหาเรื่องการสร้างระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าในบทที่ 3 เมื่อดำเนินการสำเร็จ ลักษณะของระบบจะบรรจุอยู่ในกล่องมีความกว้าง 0.3 เมตร ยาว 0.4 เมตร และสูง 0.15 เมตร มีส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนวัดค่ากระแส ส่วนวัดค่าแรงดัน ช่องต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับระบบ และช่องต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต ดังรูปที่ 4.1 (รายละเอียดผลการสร้างระบบตรวจวัดพลังงาน เช่น การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัว จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง.)



รูปที่ 4.1 กล่องระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เนตและจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก

เมื่อนำระบบติดตั้งกับเครื่องอัดอากาศ และต่อสัญญาณอินเทอร์เนตให้กับระบบ จากนั้นทดสอบการทำงานระบบเบื้องต้นโดยพิจารณาค่าในฐานข้อมูล พบว่ามีค่าทางไฟฟ้าปรากฏในฐานข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าทางไฟฟ้าจากฐานข้อมูลของวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2556 เวลา 13.11 น.

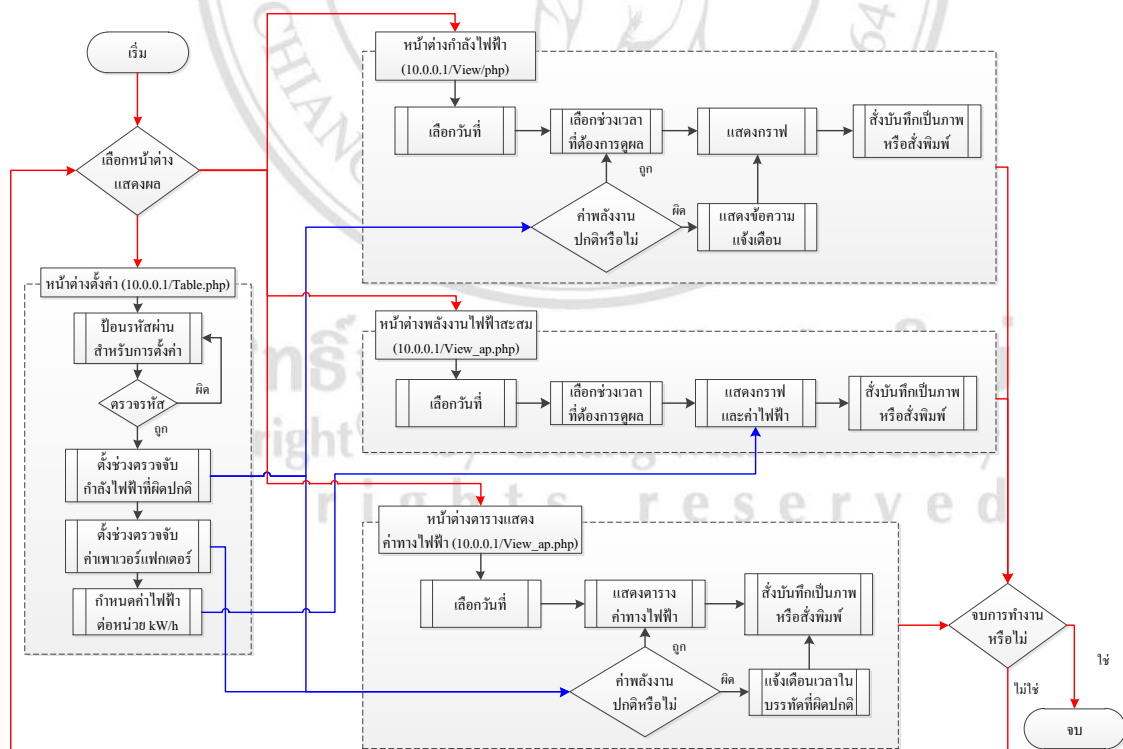
| วัน-เวลา            | กระแส<br>เฟสที่ 1 | กระแส<br>เฟสที่ 2 | กระแส<br>เฟสที่ 3 | แรงดัน<br>เฟสที่ 1 | แรงดัน<br>เฟสที่ 2 | แรงดัน<br>เฟสที่ 3 | เพาเวอร์<br>แฟกเตอร์ | กระแส<br>เฉลี่ย | แรงดัน<br>เฉลี่ย |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| 07-02-2014_13:11:04 | 0                 | 0                 | 0                 | 230.36             | 232                | 232                | 0                    | 0               | 231.453          |
| 07-02-2014_13:11:11 | 0                 | 0                 | 0                 | 231.61             | 232.67             | 231.59             | 0                    | 0               | 231.957          |
| 07-02-2014_13:11:18 | 0                 | 0                 | 0                 | 232                | 232.3              | 234.45             | 0                    | 0               | 232.917          |
| 07-02-2014_13:11:25 | 0                 | 0                 | 0                 | 232                | 231.45             | 232.06             | 0                    | 0               | 231.837          |
| 07-02-2014_13:11:32 | 14.03             | 14.95             | 16.93             | 232                | 231.65             | 232                | 0.6437               | 15.303          | 231.833          |
| 07-02-2014_13:11:39 | 15.81             | 15.59             | 15.6              | 233.58             | 233.68             | 232.5              | 0.6456               | 15.667          | 233.253          |
| 07-02-2014_13:11:47 | 16.5              | 17.92             | 18.79             | 233.2              | 232                | 232                | 0.6462               | 17.737          | 233.4            |
| 07-02-2014_13:11:54 | 17.23             | 18.01             | 17.38             | 231.88             | 231.88             | 233.42             | 0.6467               | 17.54           | 232.393          |

จากตารางที่ 4.1 ค่าทางไฟฟ้าที่ระบบวัดได้ในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2557 เวลา 13.11 น. เมื่อสังเกตตำแหน่งวินาทีที่กรอบสีแดง พบว่า ตัวเลขวินาทีของแต่ละบรรทัดจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 7 วินาที ซึ่งตรงกับรอบการส่งข้อมูลของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแรงดันและกระแส พบว่า ผลการคำนวณถูกต้องและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามลักษณะการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ผลการทำงานของโปรแกรมในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งการทำงานของโปรแกรมในบอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์อีก 4 ตัว ได้แก่ โปรแกรมรับและรวบรวมข้อมูล (minicom) โปรแกรมโอนถ่ายข้อมูล (import.php) โปรแกรมฐานข้อมูล (MySQL) และโปรแกรมควบคุมชิ้นตอน (croptap) สามารถทำงานประสานกันได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอน

เนื่องจากบอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลโปรแกรมและเก็บค่าในฐานข้อมูลจำนวน 6 กิกะไบต์ หลักการทดลองใช้โปรแกรมฐานข้อมูลพบว่า ใน 1 วัน จะมีข้อมูลที่ทึกอยู่ 11,520 บรรทัด ใช้พื้นที่ในหน่วยความจำประมาณ 60 เมกะไบต์ ดังนั้นฐานข้อมูลของระบบจึงสามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังได้อย่างน้อย 100 วัน

ลำดับการทำงานของหน้าต่างแสดงผลมีลักษณะดังแผนภาพรูปที่ 4.2 หน้าต่างแต่ละตัวจะแสดงผลผ่านโปรแกรมค้นคว้าเว็บ ผู้ใช้ควรตั้งช่วงตรวจจับกำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติในหน้าต่างตั้งค่าเป็นลำดับแรก ซึ่งจะส่งผลให้มีเส้นประสีแดงปรากฏขึ้นบนกราฟของหน้าต่างกำลังไฟฟ้า โดยมีลักษณะดังรูปที่ 4.3 หากโปรแกรมตรวจพบค่ากำลังไฟฟ้าที่ระบบวัดได้อยู่ในช่วงผิดปกติมากกว่า 3 นาที จะมีข้อความแจ้งเตือนแสดงขึ้น (รายละเอียดในการใช้งานหน้าต่างแสดงผลแต่ละตัวแสดงเพิ่มเติมอยู่ในภาคผนวก ง.)



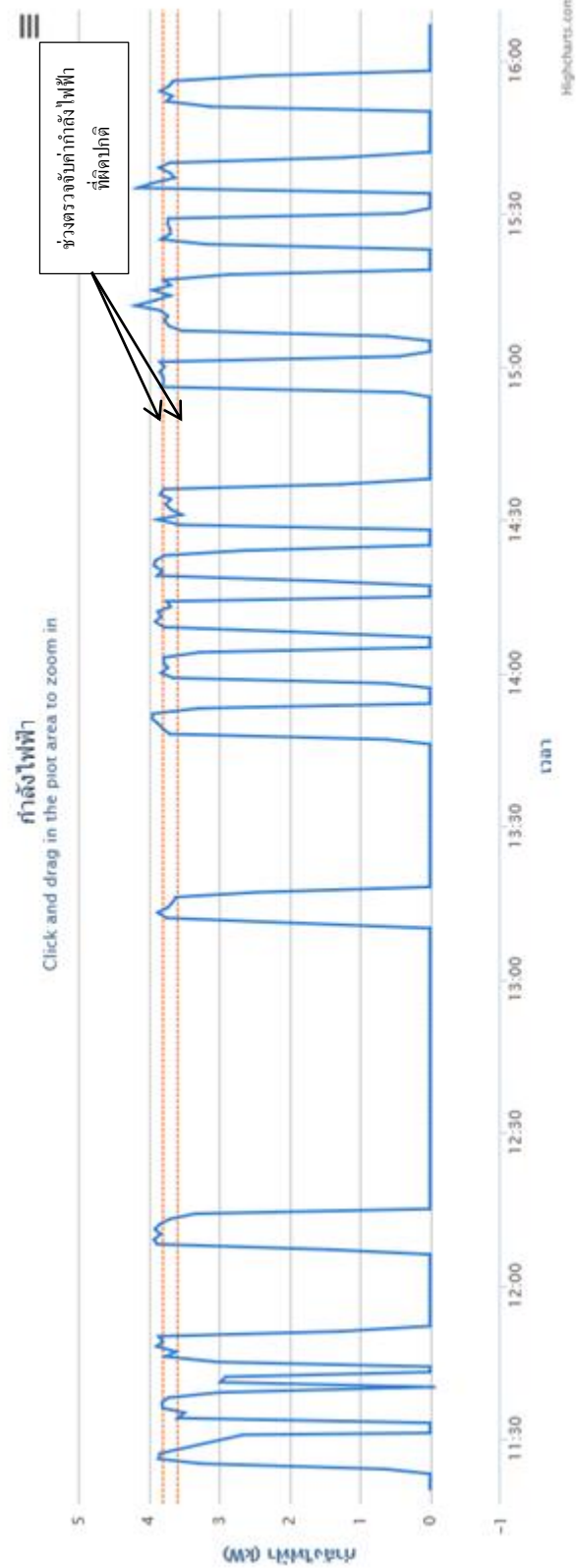
รูปที่ 4.2 แผนภาพลำดับการทำงานของหน้าต่างแสดงผล

กรมการตรวจสอบเครื่องอัดอากาศ

ข้อความแจ้งเตือนหากกำลังไฟฟ้าที่วัด  
อยู่ในช่วงตรวจจับเกิน 3 นาที

### เลือกวันที่

ผู้รายงาน

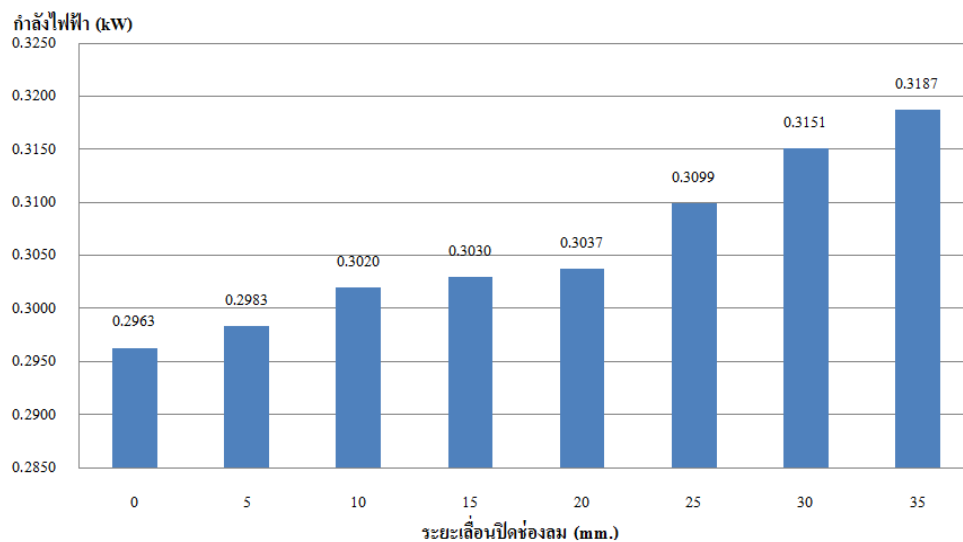


จากรูปที่ 4.3 โปรแกรมจะคำนวณค่ากำลังโดยนำค่าทางไฟฟ้าของแต่ละนาที่เฉลี่ยและแทนค่าตามสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.9 โดยจะแสดงผลบนกราฟทุก 1 นาที่ จากผลสรุปว่า ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถนำไปติดตั้งกับเครื่องอัดอากาศเพื่อวัดค่าการใช้ไฟฟ้าและรายงานผลผ่านตัวบริการเว็บได้ โปรแกรมแต่ละตัวสามารถทำงานประสานกันได้ถูกต้องตามการออกแบบ

#### 4.2 ผลการจำลองสภาพจุดตันของตัวกรองอากาศที่ส่งผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้า

เป็นผลการทดลองจากบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3 เรื่อง การจำลองสภาพจุดตันของตัวกรองอากาศที่ส่งผลต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า มีผลการทดลองตามภาคผนวก จ. ลักษณะภาพรวมของผลการทดลองเป็นดังกราฟรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.2. ในส่วนการคำนวณพื้นที่ปิดช่องลม จะนำเสนอในภาคผนวก ฉ.

ค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อปิดช่องลมของตัวกรองอากาศ



รูปที่ 4.4 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าขณะเปิดมอเตอร์ต่อระยะในการเลื่อนแผ่น โลหะปิดช่องลม

ตารางที่ 4.2 ระยะเลื่อนแผ่นวัสดุปิดช่องลมที่ส่งผลต่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

| ระยะเลื่อนแผ่นโลหะ (มิลลิเมตร) | ร้อยละของการปิดแผ่นโลหะ<br>ต่อขนาดพื้นที่ของช่องลมทั้งหมด | มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น<br>(กิโลวัตต์) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 5                              | 12.5                                                      | 0.0020                                       |
| 10                             | 25                                                        | 0.0057                                       |
| 15                             | 37.5                                                      | 0.0067                                       |
| 20                             | 50                                                        | 0.0074                                       |
| 25                             | 62.5                                                      | 0.0136                                       |
| 30                             | 75                                                        | 0.0188                                       |
| 35                             | 87.5                                                      | 0.0224                                       |

จากรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.2 พบว่า อัตราความต้องการกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามระยะการเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลม โดยตั้งแต่เริ่มปิด จนแผ่นโลหะปิดช่องลมร้อยละ 50 ของขนาดพื้นที่มีค่าใช้พลังงานเพิ่มขึ้นไม่มาก แต่เมื่อปิดช่องลมมากกว่าร้อยละ 50 ของขนาดพื้นที่ขึ้นไป มอเตอร์จะใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน จึงสรุปว่าการปิดช่องลมเพื่อลดความดันลมขาเข้าของกลไกอัดอากาศ ส่งผลให้มอเตอร์ขับเคลื่อนกลไกอัดอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจริง

#### 4.3 ผลการติดตั้งและทดสอบระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ทกับเครื่องอัดอากาศ

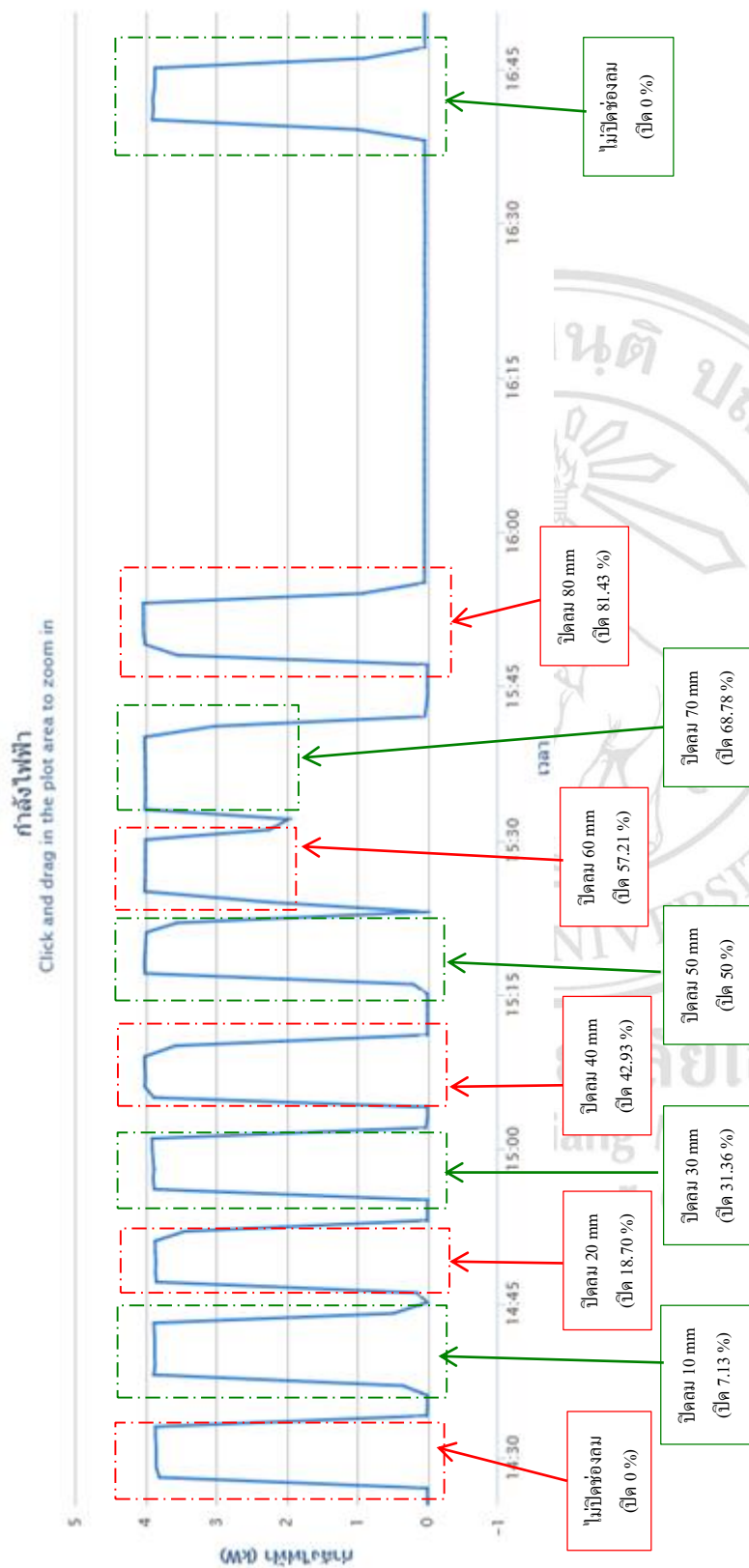
เมื่อสร้างระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าและปรับเทียบให้ระบบสามารถตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง จึงนำระบบที่สร้างขึ้นติดตั้งและทดสอบกับเครื่องอัดอากาศตามสภาพใช้งานจริง มี 3 ขั้นตอนได้แก่ การทดสอบเพื่อหาค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อปิดช่องลมบนกล่องครอบตัวกรองตามสัดส่วนต่างๆ, การทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ และการทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพอุดตัน

จากลักษณะกล่องครอบตัวกรองของเครื่องอัดอากาศ พบว่า จะมีรูลมเข้าเป็นช่องวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรจำนวน 2 ช่อง ในการทดสอบเพื่อหาค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อปิดช่องลมบนกล่องครอบตัวกรอง เพื่อความสะดวกในการทดลอง ผู้วิจัยจะวัดค่าทางไฟฟ้าขณะที่ใช้แผ่นโลหะเลื่อนปิดรูของช่องลมครึ่งละ 10 มิลลิเมตร เพื่อให้มอเตอร์ของกลไกอัดอากาศใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ตามลักษณะในรูปที่ 4.5 พร้อมกับเดินเครื่องอัดอากาศในโหมดไม่มีโหลดเพื่อสังเกตค่ากำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4.5 ลักษณะการนำแผ่นโลหะเลื่อนปิดช่องลมเข้าที่กล่องครอบตัวกรองอากาศ

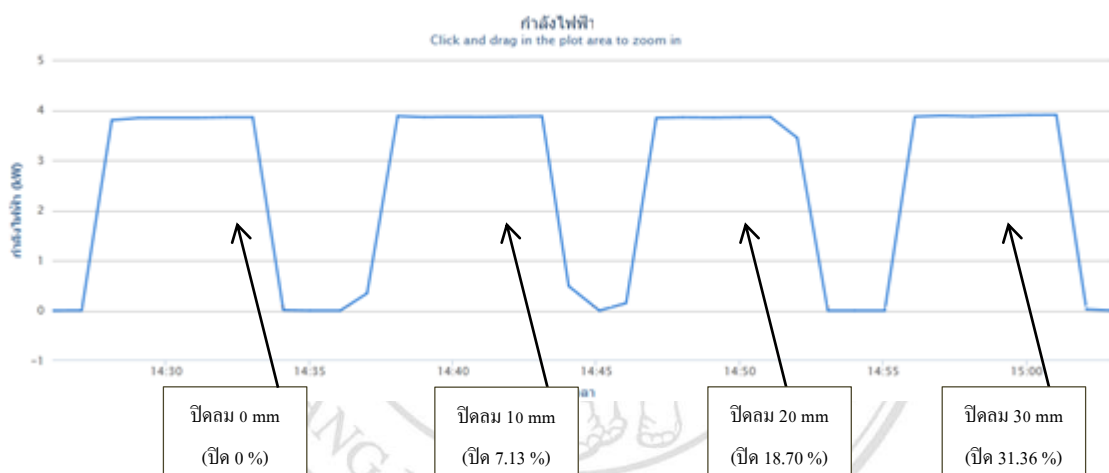
หลังการทดสอบได้ผลการใช้กำลังไฟฟ้างดกราฟรูปที่ 4.6 จะใช้ผลนี้วิเคราะห์หาช่วงตรวจจับค่ากำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติ เพื่อตั้งค่าโปรแกรมให้พร้อมสำหรับทดสอบระบบกับเครื่องอัดอากาศในกรณีที่ตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ และในกรณีที่ตัวกรองอยู่ในสภาพอุดตัน



รูปที่ 4.6 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อเลื่อนแผ่น โถหะปิดช่องลมครั้งละ 10 มิลลิเมตร  
ซึ่งเป็นารปิดช่องลมร้อยละ 0, 7.13, 18.70, 31.36, 42.93, 50.00, 57.21, 68.78 และร้อยละ 81.43 ของขนาดพื้นที่ช่องลมทั้งหมด

จากรูปที่ 4.6 พบว่า การทดสอบเริ่มเก็บค่าตั้งแต่เวลา 14.20 น. ถึง 16.45 น. มีการเปิดเครื่องอัดอากาศ 10 ชั่วโมง แต่ละช่วงผู้วิจัยเลื่อนแผ่นโลหะเป็นระยะ 0 ถึง 80 มิลลิเมตร เป็นการปิดพื้นที่ช่องลมร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 81.43 ของขนาดช่องลมปกติตามลำดับ มีจุดสังเกต 2 ส่วนคือ ที่ระยะเลื่อนแผ่นโลหะตั้งแต่ 0 ถึง 30 มิลลิเมตร และระยะเลื่อนแผ่นโลหะตั้งแต่ 40 ถึง 80 มิลลิเมตร

การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลมเป็นระยะ 0 ถึง 30 มิลลิเมตร หรือการปิดช่องลมร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 31.36 ของพื้นที่ช่องลมปกติ เป็นระยะที่การปิดช่องลมไม่ส่งผลกระทบต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ มีการนำการใช้กำลังไฟฟ้าดังรูปที่ 4.7 และมีผลการใช้กำลังไฟฟ้าแต่ละนาที่ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.7 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลม 0 ถึง 30 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.3 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อปิดช่องลม 0 ถึง 30 มิลลิเมตร

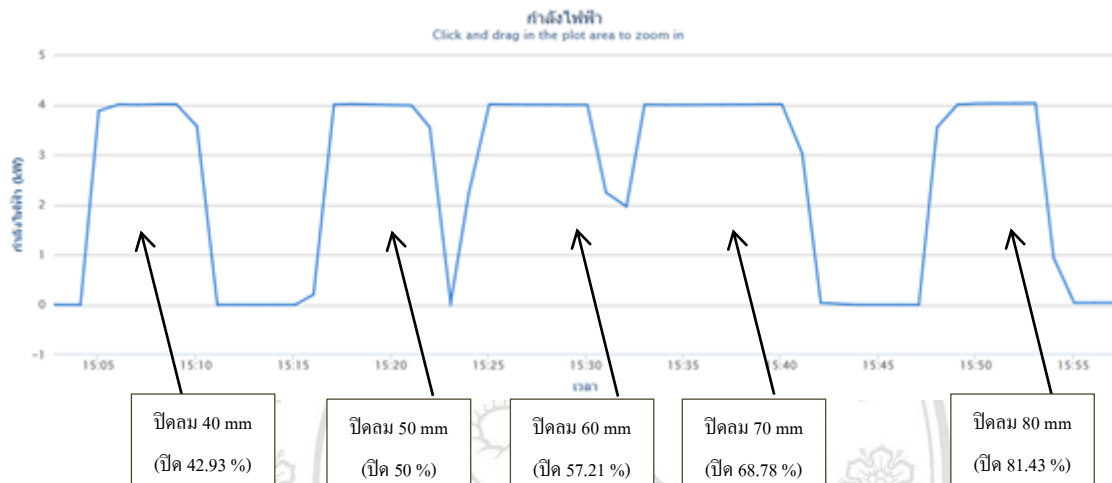
| ระยะเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลม | สัดส่วนการปิดช่องลม | เวลา     | ค่าทางไฟฟ้าจากตารางแสดงผล table.php |                  |                 |
|-----------------------------|---------------------|----------|-------------------------------------|------------------|-----------------|
|                             |                     |          | กระแสเฉลี่ย (A)                     | แรงดันเฉลี่ย (V) | กำลังไฟฟ้า (kW) |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.27 น. | 0.06                                | 75.17            | 0.0042          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.28 น. | 16.46                               | 230.79           | 3.7997          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.29 น. | 16.66                               | 230.79           | 3.8442          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.30 น. | 16.67                               | 230.8            | 3.8478          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.31 น. | 16.67                               | 230.63           | 3.8455          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.32 น. | 16.71                               | 230.78           | 3.8557          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.33 น. | 16.69                               | 230.95           | 3.8554          |
| 0 มิลลิเมตร                 | ปิด 0 %             | 14.34 น. | 0.08                                | 115.83           | 0.0093          |

ตารางที่ 4.3 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อปิดช่องลม 0 ถึง 30 มิลลิเมตร (ต่อ)

| ระยะเลื่อนแผ่น<br>โลหะปิดช่องลม | สัดส่วนการปิด<br>ช่องลม | เวลา     | ค่าทางไฟฟ้าจากตารางแสดงผล table.php |                  |                 |
|---------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------------------|------------------|-----------------|
|                                 |                         |          | กระแสเฉลี่ย (A)                     | แรงดันเฉลี่ย (V) | กำลังไฟฟ้า (kW) |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.37 น. | 3.76                                | 91.4             | 0.3433          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.38 น. | 16.81                               | 230.84           | 3.8803          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.39 น. | 16.68                               | 231.39           | 3.8604          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.40 น. | 16.71                               | 231.47           | 3.8673          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.41 น. | 15.72                               | 231.16           | 3.8648          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.42 น. | 16.75                               | 231.19           | 3.872           |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.43 น. | 16.76                               | 231.39           | 3.8784          |
| 10 มิลลิเมตร                    | ปิด 7.13 %              | 14.44 น. | 3.78                                | 128.74           | 0.4861          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.46 น. | 1.44                                | 103.09           | 0.1483          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.47 น. | 16.60                               | 231.53           | 3.8438          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.48 น. | 16.64                               | 231.66           | 3.8555          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.49 น. | 16.61                               | 231.69           | 3.8495          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.50 น. | 16.65                               | 231.64           | 3.8572          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.51 น. | 16.67                               | 231.59           | 3.8611          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.52 น. | 14.88                               | 231.71           | 3.4474          |
| 20 มิลลิเมตร                    | ปิด 18.70 %             | 14.53 น. | 0.04                                | 58.1             | 0.0024          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 14.55 น. | 0.04                                | 51.68            | 0.0019          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 14.56 น. | 16.72                               | 231.54           | 3.8718          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 14.57 น. | 16.74                               | 232.36           | 3.8889          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 14.58 น. | 16.69                               | 232.23           | 3.8756          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 14.59 น. | 16.74                               | 232.45           | 3.8905          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 15.00 น. | 16.77                               | 232.73           | 3.9021          |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 15.01 น. | 16.76                               | 233.03           | 3.906           |
| 30 มิลลิเมตร                    | ปิด 31.36 %             | 15.02 น. | 0.17                                | 146.17           | 0.0252          |

จากรูปที่ 4.7 พร้อมกับตารางที่ 4.3 ขณะไม่ปิดช่องลมเครื่องอัดอากาศมีการใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.7997 ถึง 3.8557 กิโลวัตต์ เมื่อนำค่าเทียบกับข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่วัดขณะปิดช่องลม 10, 20 และ 30 มิลลิเมตร พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะเครื่องทำงานเท่ากับ 3.8803, 3.8611 และ 3.9021 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ากำลังที่วัดได้สูงสุดขณะไม่ปิดช่องลมเพียง 0.0464 กิโลวัตต์ จึงสรุปว่าการเลื่อนแผ่นวัสดุเพื่อปิดช่องลมที่ระยะ 10, 20 และ 30 มิลลิเมตร หรือสัดส่วนการปิดช่องลมที่ร้อยละ 7.13, 18.70 และร้อยละ 31.36 ไม่ส่งผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ

สำหรับผลการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลมเป็นระยะ 40 ถึง 80 มิลลิเมตร หรือการปิดช่องลมร้อยละ 42.93 ถึงร้อยละ 81.43 ของพื้นที่ช่องลมปกติ จะเป็นระยะปิดช่องลมที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ มีกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าดังรูปที่ 4.8 และมีผลการใช้กำลังไฟฟ้าแต่ละนาที่ดังตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.8 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศเมื่อเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลม 40 ถึง 80 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.4 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อปิดช่องลม 40 ถึง 80 มิลลิเมตร

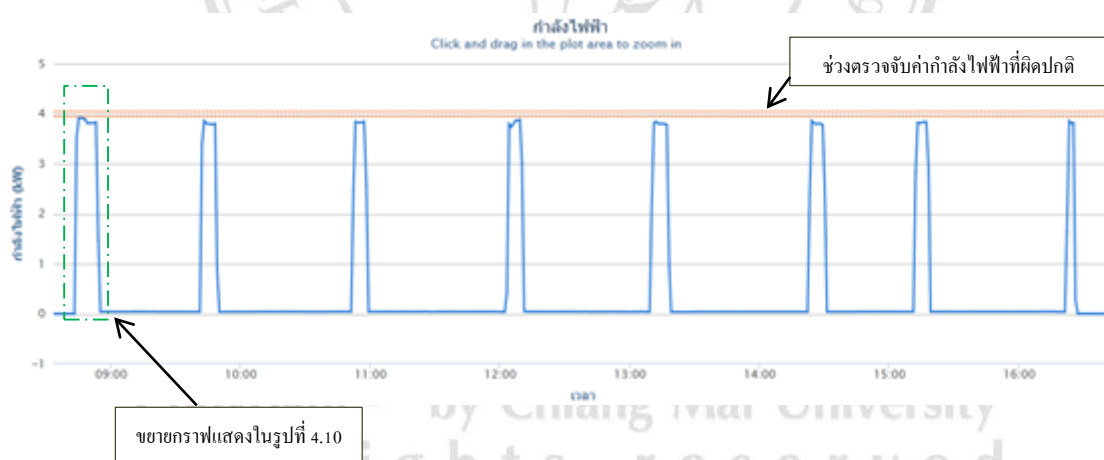
| ระยะเลื่อนแผ่นโลหะปิดช่องลม | สัดส่วนการปิดช่องลม | เวลา     | ค่าทางไฟฟ้าจากตารางแสดงผล view_table.php |                  |                 |
|-----------------------------|---------------------|----------|------------------------------------------|------------------|-----------------|
|                             |                     |          | กระแสเฉลี่ย (A)                          | แรงดันเฉลี่ย (V) | กำลังไฟฟ้า (kW) |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.05 น. | 16.58                                    | 233.94           | 3.8787          |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.06 น. | 17.14                                    | 233.87           | 4.0081          |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.07 น. | 17.12                                    | 233.67           | 3.9995          |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.08 น. | 17.15                                    | 233.72           | 4.0094          |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.09 น. | 17.17                                    | 233.63           | 4.011           |
| 40 มิลลิเมตร                | ปิด 42.93 %         | 15.10 น. | 15.29                                    | 233.62           | 3.5717          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.16 น. | 1.94                                     | 103.93           | 0.2014          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.17 น. | 17.13                                    | 233.67           | 4.0033          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.18 น. | 17.18                                    | 233.64           | 4.0141          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.19 น. | 17.15                                    | 233.55           | 4.0044          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.20 น. | 17.1                                     | 233.64           | 3.9958          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.21 น. | 17.06                                    | 233.68           | 3.9862          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.22 น. | 15.18                                    | 233.72           | 3.5475          |
| 50 มิลลิเมตร                | ปิด 50.00 %         | 15.23 น. | 0.17                                     | 234.15           | 0.039           |

ตารางที่ 4.4 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อปิดช่องลม 40 ถึง 80 มิลลิเมตร (ต่อ)

| ระยะเลื่อนแผ่น<br>โลหะปิดช่องลม | สัดส่วนการปิด<br>ช่องลม | เวลา     | ค่าทางไฟฟ้าจากตารางแสดงผล view_table.php |                  |                 |
|---------------------------------|-------------------------|----------|------------------------------------------|------------------|-----------------|
|                                 |                         |          | กระแสเฉลี่ย (A)                          | แรงดันเฉลี่ย (V) | กำลังไฟฟ้า (kW) |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.23 น. | 0.17                                     | 234.15           | 0.039           |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.24 น. | 9.58                                     | 232.95           | 2.2307          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.25 น. | 17.19                                    | 233.25           | 4.0093          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.26 น. | 17.14                                    | 233.67           | 4.0048          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.27 น. | 17.1                                     | 233.9            | 3.999           |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.28 น. | 17.11                                    | 233.84           | 4.0012          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.29 น. | 17.12                                    | 233.58           | 3.9981          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.30 น. | 17.12                                    | 233.56           | 3.9974          |
| 60 มิลลิเมตร                    | ปิด 57.21 %             | 15.31 น. | 9.6                                      | 234              | 2.246           |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.32 น. | 8.41                                     | 233.39           | 1.963           |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.33 น. | 17.17                                    | 233.32           | 4.005           |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.34 น. | 17.14                                    | 233.24           | 3.9972          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.35 น. | 17.14                                    | 233.26           | 3.9975          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.36 น. | 17.11                                    | 233.78           | 4.0001          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.37 น. | 17.11                                    | 233.87           | 4.002           |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.38 น. | 17.11                                    | 233.89           | 4.003           |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.39 น. | 17.13                                    | 233.88           | 4.0075          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.40 น. | 17.15                                    | 233.98           | 4.0116          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.41 น. | 12.92                                    | 233.99           | 3.0225          |
| 70 มิลลิเมตร                    | ปิด 68.78 %             | 15.42 น. | 0.17                                     | 234.66           | 0.0402          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.47 น. | 0                                        | 0                | 0               |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.48 น. | 15.17                                    | 233.85           | 3.5481          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.49 น. | 17.08                                    | 234.37           | 4.0039          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.50 น. | 17.14                                    | 234.65           | 4.0217          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.51 น. | 17.15                                    | 234.76           | 4.027           |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.52 น. | 17.12                                    | 235.04           | 4.0251          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.53 น. | 17.12                                    | 235.48           | 4.0312          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.54 น. | 3.96                                     | 236.09           | 0.9348          |
| 80 มิลลิเมตร                    | ปิด 81.43 %             | 15.55 น. | 0.18                                     | 236.68           | 0.0422          |

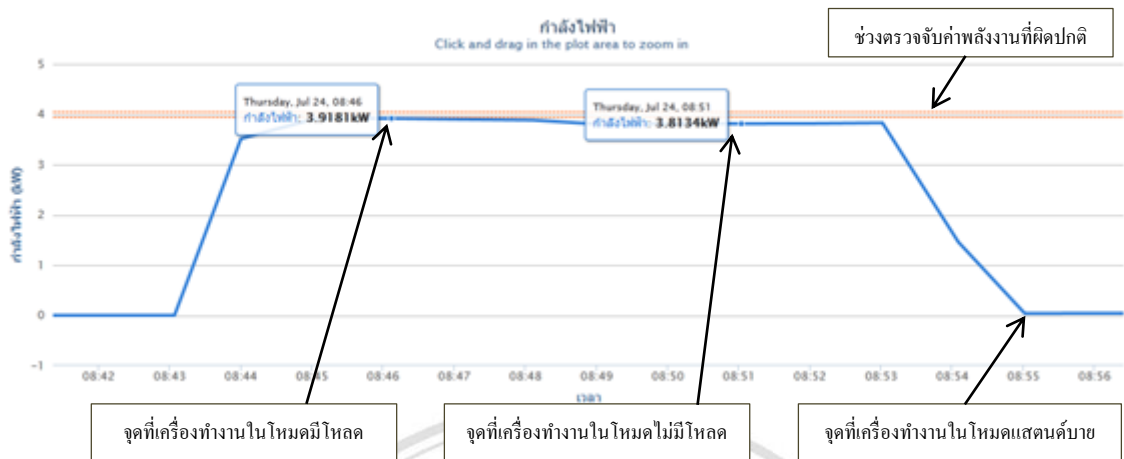
จากรูปที่ 4.8 พร้อมกับตารางที่ 4.4 พบว่า ในการปิดช่องลมที่ระยะ 40, 50, 60, 70 และ 80 มิลลิเมตร เครื่องอัดอากาศใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 3.5717 ถึง 4.0094 , 0.0214 ถึง 4.0141 , 2.2307 ถึง 4.0093 , 1.9363 ถึง 4.1116 และ 0.9348 ถึง 4.0312 กิโลวัตต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าขณะไม่ปิดช่องลมที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.7997 ถึง 3.8557 กิโลวัตต์ พบว่า การปิดช่องลมที่ 40 มิลลิเมตร หรือสัดส่วนการปิดช่องลมที่ร้อยละ 42.93 ของพื้นที่ช่องลมทั้งหมด จะทำให้เครื่องอัดอากาศใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1537 กิโลวัตต์ ซึ่งมากพอที่จะเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดช่วงตรวจจับค่ากำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติของเครื่องอัดอากาศ จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดช่วงตรวจจับค่ากำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติเท่ากับ 3.9534 ถึง 4.1534 กิโลวัตต์ เมื่อสังเกตกราฟในหน้าต่างแสดงผลค่ากำลังไฟฟ้า จะมีเส้นประสีแดงที่แสดงช่วงตรวจจับปรากฏขึ้น

จากนั้นจึงทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ เป็นการทดสอบเก็บค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศตามสภาพการใช้งานจริง โดยไม่ปิดช่องลมเข้าของกล่องตัวกรองอากาศเพื่อจำลองสถานการณ์ที่เครื่องอัดอากาศทำงานขณะที่ตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ ขั้นตอนนี้ทดสอบเก็บค่าเป็นเวลา 15 วัน ได้ผลคือ เครื่องอัดอากาศจะมีลักษณะการทำงาน 3 โหมด คือ แบบมีโหลด (Load) แบบไม่มีโหลด (No Load) และแบบสแตนด์บาย (Standby) ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างกราฟการใช้กำลังไฟฟ้ากรณีที่ตัวกรองอยู่ในสภาพปกติ

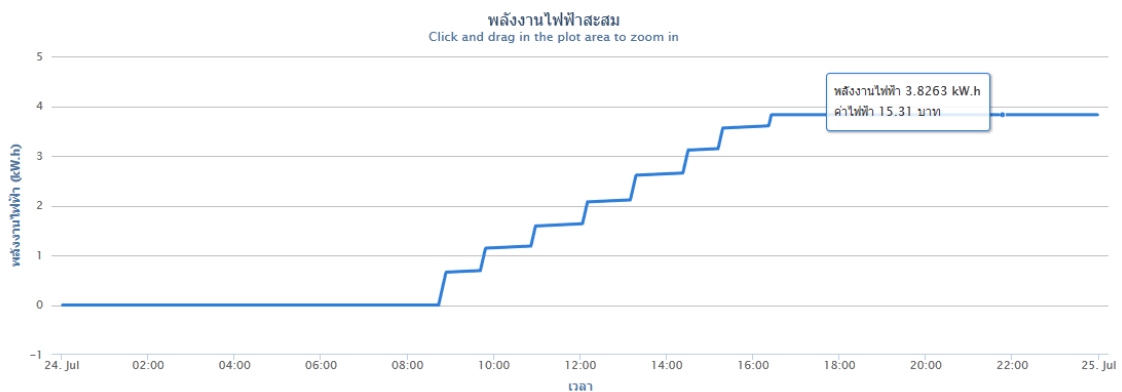
จากรูปที่ 4.9 เป็นกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าในวันที่ 24 มิถุนายน 2557 เครื่องอัดอากาศทำงานในสภาพกรองปกติตั้งแต่เวลา 08.30 น. ถึง 16.30 น. เมื่อพิจารณาที่เส้นกราฟ ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ต่ำกว่าช่วงตรวจจับ เมื่อขยายกราฟพิจารณาการใช้กำลังไฟฟ้าในช่วง 08.42 น ถึง 08.56 น. ในโหมดมีโหลด เครื่องอัดอากาศจะใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าโหมดไม่มีโหลดประมาณ 0.1047 กิโลวัตต์ และในโหมดสแตนด์บาย จะใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 0.0406 กิโลวัตต์ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ขยายกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อตัวกรองปกติ ในช่วงเวลา 08.42 น ถึง 08.56 น.

จุดที่เครื่องอัดอากาศทำงานใน โหมดมีโหลดและไม่มีโหลดจะใช้กำลังไฟฟ้าแตกต่างกันไม่มาก เนื่องจากลักษณะของกราฟที่จะแสดงค่าทุก 1 นาที โดยค่าดังกล่าวเป็นผลเฉลี่ยจากค่าทางไฟฟ้าที่บันทึกอยู่ในฐานข้อมูลทุก 7 วินาที จากการทดสอบพบว่า เครื่องอัดอากาศจะทำงานในโหมดมีโหลดครั้งละไม่เกิน 10 วินาที ดังนั้นหากใน 1 นาที เครื่องทำงานในโหมดมีโหลดเพียง 1 รอบ จะทำให้ค่าทางไฟฟ้าที่วัดในโหมดมีโหลดส่งผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังในนาทินั้นเพียงร้อยละ 15

เมื่อเปิดหน้าต่างแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าสะสมในวันที่ 24 มิถุนายน 2557 ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในวันเดียวกับตัวอย่างกราฟรูปที่ 4.9 พบว่ามีค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม หรือพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศใช้ในวันที่ 24 มิถุนายน 2557 จำนวน 3.8263 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หากกำหนดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท ในหน้าต่างตั้งค่า โปรแกรมจะแสดงค่าใช้จ่ายเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในวันที่ 24 มิถุนายน 2557 เป็นจำนวนเงิน 15.31 บาท



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าสะสมและค่าใช้จ่ายของวันที่ 24 มิถุนายน 2557

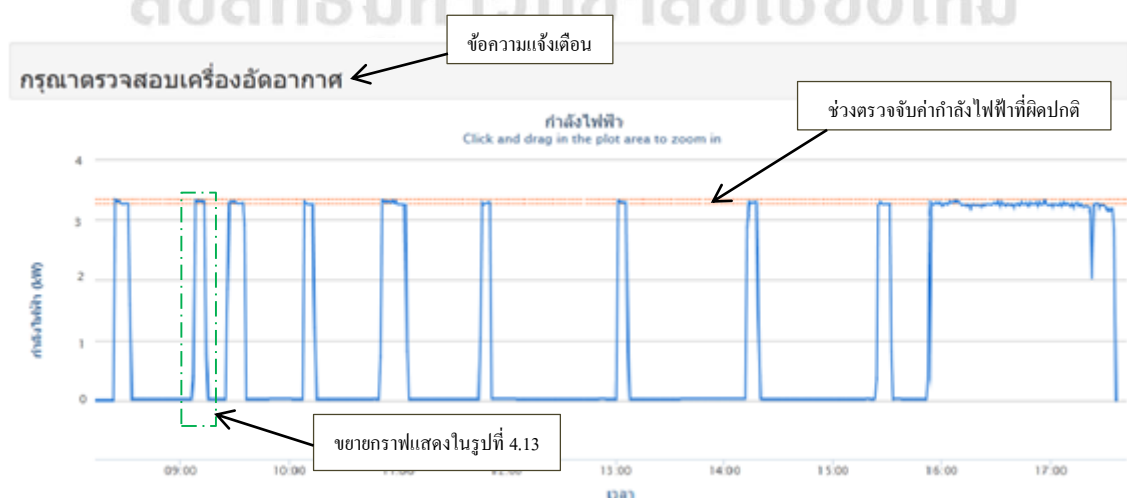
เนื่องจากมีข้อมูลปริมาณมาก ผู้วิจัยจึงสรุปโดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า และการกระจายของข้อมูล แยกประเภทตามโหมดการทำงาน ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อเครื่องอากาศยานปกติ

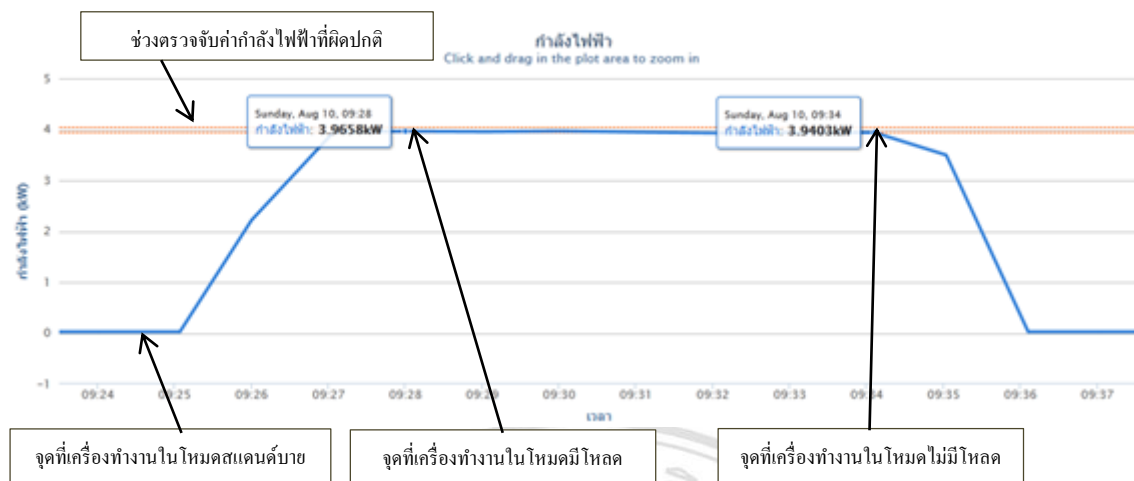
|                         | โหมดการทำงานของเครื่องอากาศยาน |            |             |
|-------------------------|--------------------------------|------------|-------------|
|                         | มีโหลด                         | ไม่มีโหลด  | สแตนด์บาย   |
| ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้า     | 3.95574 kW                     | 3.85362 kW | 0.04026 kW  |
| ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.03462 kW                     | 0.06114 kW | 0.000786 kW |

จากตารางที่ 4.5 จากข้อมูลค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าของเครื่องอากาศยานขณะทำงานแต่ละโหมด ตรวจสอบว่า ในขณะที่ตัวกรองปกติเป็นเวลา 15 วัน พบว่า ในโหมดสแตนด์บายมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่า 0.001 กิโลวัตต์ เนื่องจากเป็นโหมดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนอากาศยานไม่ทำงาน เครื่องต้องการเพียงกำลังไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จึงค่อนข้างคงที่ เมื่อพิจารณาในโหมดไม่มีโหลด จะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง เนื่องจากผู้วิจัยทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้ากับเครื่องอากาศยานที่มีภาระงานไม่มาก บางครั้งเครื่องเปลี่ยนไปทำงานในโหมดมีโหลด 5 ถึง 10 วินาที จากนั้นจึงกลับมาทำงานในโหมดไม่มีโหลดอีกครั้ง ทำให้การวัดค่าทุก 7 วินาที ตรวจสอบไม่พบแต่ค่าทางไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าในโหมดไม่มีโหลดบางจุดมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย

ในขั้นตอนทดสอบวัดค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อตัวกรองอยู่ในสภาพอุดตัน เป็นการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอากาศยานตามสภาพใช้งานจริงขณะปิดช่องลม 40 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นสัดส่วนการปิดช่องลมที่ร้อยละ 42.93 ของพื้นที่ช่องลมทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ในช่วงตรวจวัด ทำให้ระบบแสดงข้อความแจ้งเตือนขึ้น ในขั้นตอนนี้ทำการทดสอบเก็บค่าเป็นเวลา 10 วัน มีการใช้กำลังไฟฟ้าตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างกราฟการใช้กำลังไฟฟ้ากรณีตัวกรองอยู่ในสภาพอุดตัน



รูปที่ 4.13 ขยายกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าเมื่อตัวกรองอุดตัน ในช่วงเวลา 09.25 น ถึง 09.36 น.

จากรูปที่ 4.12 เป็นกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าในวันที่ 10 กรกฎาคม 2557 เครื่องอัดอากาศทำงานในสภาพกรองอุดตันตั้งแต่เวลา 08.30 น. ถึง 17.30 น. เมื่อขยายกราฟเพื่อพิจารณาการใช้กำลังไฟฟ้าในช่วง 09.25 น ถึง 09.36 น. ดังรูปที่ 4.13 จากเส้นกราฟ ค่ากำลังไฟฟ้าขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงานในโหมดไม่มีโหลดจะอยู่ในช่วงการตรวจจับค่ากำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติซึ่งกำหนดไว้ตั้งแต่ 3.9534 ถึง 4.1534 กิโลวัตต์ และมีข้อความ “กรุณาตรวจสอบเครื่องอัดอากาศ” แสดงขึ้นเนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ในช่วงตรวจจับความผิดปกติติดต่อกัน 3 นาที

เมื่อเปิดหน้าต่างตารางค่าทางไฟฟ้า และเลื่อนดูข้อมูลทีเวลา 09.29 น. โปรแกรมจะแจ้งเตือนโดยค่าทางไฟฟ้าของเวลาที่มีการใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าปกติ ซึ่งอยู่ระหว่างตั้งแต่ 3.9534 ถึง 4.1534 กิโลวัตต์ โดยข้อความในบรรทัดดังกล่าวจะแสดงเป็นสีแดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การแจ้งเตือนค่าทางไฟฟ้าที่ผิดปกติของหน้าต่างตารางแสดงผล

| วัน-เดือน-ปี    | เวลา     | การใช้กำลังไฟฟ้า | เพาเวอร์แฟกเตอร์ |
|-----------------|----------|------------------|------------------|
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.27 น. | 3.9503 kW        | 0.000            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.28 น. | 3.9658 kW        | 0.645            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.29 น. | 3.9549 kW        | 0.645            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.30 น. | 3.9689 kW        | 0.643            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.31 น. | 3.9455 kW        | 0.645            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.32 น. | 3.9272 kW        | 0.645            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.33 น. | 3.9336 kW        | 0.646            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.34 น. | 3.9403 kW        | 0.646            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.35 น. | 3.4969 kW        | 0.643            |
| 10 กรกฎาคม 2557 | 09.36 น. | 0.0254 kW        | 0.00             |

เพื่อพิจารณาค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ ขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงานในโหมดมีโหลด และโหมดไม่มีโหลด จะมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ประมาณ 0.64 เมื่อผู้วิจัยทดลองกำหนดให้โปรแกรม แรงดันโดยการป้อนค่าตรวจจับที่ 0.66 เป็นค่าเกณฑ์ โปรแกรมจะมีการแรงดันเกิดขึ้นเนื่องจากค่า เพาเวอร์แฟกเตอร์ที่วัดได้ต่ำกว่าค่าเกณฑ์ แต่หากป้อนค่าตรวจจับที่ 0.63 เป็นค่าเกณฑ์ การแรงดัน จะหายไป จึงสรุปว่าส่วนแรงดันความผิดปกติในกรณีที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ลดลงทำงานได้ปกติ

จากเนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอผลของการดำเนินงานตั้งแต่ ผลการสร้างระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า ทั้งด้านอุปกรณ์และด้านโปรแกรมของระบบ สรุปว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถติดตั้งกับเครื่องอัด อากาศและแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าผ่านตัวบริการเว็บได้ตรงตามการออกแบบ ในส่วนผลการจำลอง สภาพกรองอากาศอุดตันที่มีผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้า สรุปว่าหากกรองอากาศอุดตันจะส่งผลให้เครื่อง อัดอากาศมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และในส่วนผลการทดสอบระบบกับเครื่องอัดอากาศใน สถานการณ์จริง สรุปว่าระบบสามารถตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงานแต่ละโหมด และตรวจจับความผิดปกติในกรณีที่เครื่องอัดอากาศใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าปกติ จากเนื้อหาทั้งหมดจึง สรุปว่า ระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านอินเทอร์เน็ต สามารถตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าได้ทุกเวลาที่ เครื่องอัดอากาศทำงาน มีส่วนแสดงผลและตรวจจับค่ากำลังไฟฟ้าที่ผิดปกติ สามารถส่งข้อมูลผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ตแจ้งให้ผู้ควบคุมทราบ ซึ่งเป็นไปตามจุดประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์นี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved