

## บทที่ 6

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 6.1 การทดสอบวิธีการเชิงเลข และอัลกอริทึมที่ใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์

โครงการวิจัยนี้จะได้นำเสนอรูปแบบวิธีการวิเคราะห์และการพิจารณาด้านพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทางไฟฟ้า และอาศัยเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เข้าช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาผลเฉลยแทนการวิเคราะห์ออกแบบระบบในลักษณะเดิมที่มีการใช้งานกันอยู่ เมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างของระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่ได้ทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความผิดพลาดต่ำ ( $r^2 = 0.9989$ ) นอกจากนี้เส้นกราฟที่เหมาะสมที่ใช้ในการประมาณค่าของข้อมูลจากอัลกอริทึมที่ได้นำเสนอยังสามารถใช้แทนกลุ่มข้อมูลได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ผลเฉลยที่ออกมานั้นมีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงมากที่สุด และยังสามารถนำวิธีการที่ได้นำเสนอไปประยุกต์ใช้งานและพัฒนาในการออกแบบระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ในสถานการณ์การใช้งานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ นอกจากนี้ยังเป็นการจำลองการทำงานเพื่อเป็นการศึกษาพฤติกรรมของระบบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบโดยรวม เพื่อให้การใช้งานของระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

ตัวอย่างการประมาณค่าด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับต่างๆ และทำการคำนวณหาผลลัพธ์จากการประมาณค่าของฟังก์ชัน  $f(x) = x \cdot \sin(x)$  จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง ( $r^2 = 0.9974$ ) ใกล้เคียงกับผลเฉลยจริงของฟังก์ชันดังกล่าวมากกว่าการประมาณค่า และคิดคำนวณด้วยฟังก์ชันอื่น สำหรับการทดสอบวิธีการเชิงเลขกับฟังก์ชันตัวอย่างทั้งที่เป็นแบบโพลีโนเมียล(Polynomial) และโมโนเมียล(Monomial)อื่นๆ ผลการวิเคราะห์ทดสอบให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำเช่นเดียวกัน

### 6.2 การทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงาน และวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์

สำหรับการทดสอบหาฟังก์ชันที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ จากผลการทดสอบและการเปรียบเทียบการใช้ฟังก์ชันพหุนาม(polynomial function) กับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล(exponential function) ดังรูปที่ 4.16, รูปที่ 4.17 และตารางที่ 4.2 ข้างต้น (หัวข้อที่ 4.3.3.4) พบว่าฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์การจ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ คือฟังก์ชันพหุนามเนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าข้อมูลที่ทำให้การทดสอบต่ำกว่าการประมาณด้วยฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างของ

อันดับ(order)ฟังก์ชันพหุนาม ที่ค่าอันดับต่ำ และค่าอันดับสูง ดังรูปที่ 4.18 พบว่าจำนวนอันดับสูงที่เหมาะสมจะถูกกำหนดโดยค่า Correlation coefficient( $r$ ) และ Coefficient of determination( $r^2$ ) โดยมีเงื่อนไขในการพิจารณาตัดสินใจเลือกค่าสำหรับอันดับที่เหมาะสมที่สุดเป็น  $r = 1$  และ  $r^2 = 1$  หรือให้ค่าดังกล่าวมีค่าใกล้เคียง 1 ที่สุด เพราะเป็นการแสดงว่า อันดับของฟังก์ชันพหุนามดังกล่าว เมื่อนำมาพล็อตกราฟเส้นที่มีค่าต่อเนื่องจะสามารถแทนข้อมูลได้ใกล้เคียงกับทุกจุดของข้อมูลมากที่สุด

### 6.3 การนำโปรแกรมจำลองการทำงาน และวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ไปใช้

#### วิเคราะห์กับระบบทดสอบตัวอย่าง

- เป้าหมาย และเงื่อนไขการทดสอบ
  - เพื่อตอบสนองความต้องการของโหลดที่มีการทำงานต่อเนื่อง
  - ขนาดของระบบสะสมพลังงาน(แบตเตอรี่) มีความใกล้เคียงกับความต้องการใช้งานจริง จำเป็นต้องทำการออกแบบให้มีการเผื่อมากจนเกินความจำเป็น เพราะจะทำให้ต้นทุนในการออกแบบระบบสูงตามไปด้วย
  - พิจารณารูปแบบการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำให้มีปริมาณการจ่ายกระแส และพลังงานสูงสุด
  - การต่อรวมเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีผลต่อสมรรถนะการทำงานและการดึงกำลังสูงสุดของระบบฯ
  - การทดลองประยุกต์ใช้งานในการช่วยออกแบบและวิเคราะห์ระบบสำหรับโหลดที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน โดยพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้งาน
- การวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานเบื้องต้นก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน
 

ประเด็นในการพิจารณา :-

  - ความถูกต้อง/เหมาะสม ของวิธีการและอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบฯ ดังกล่าว
  - ช่วยในการตรวจสอบการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เพื่อลดปัญหาและปรับปรุงแก้ไขระบบฯ ก่อนการติดตั้งใช้งานจริง
- การวิเคราะห์ข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
  - ข้อมูลความยาวนานของแสงแดดประจำวันในรอบปีเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการใช้งานและออกแบบระบบฯ รวมถึงใช้ประกอบในการพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การเผื่อของระบบสะสมพลังงานที่ใช้(แบตเตอรี่)
  - ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ ใช้ประกอบการพิจารณาและดูความเหมาะสมในการติดตั้งและใช้งานระบบฯ

สำหรับการทดสอบเพื่อหารูปแบบในการปรับมุมเอียง และติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมแสดงให้เห็นว่าบางช่วงฤดูในรอบปีรูปแบบที่ 1 (การติดตั้งแบบตายตัว ในแนวระนาบ) จะสามารถผลิตพลังงานได้สูงกว่า รูปแบบที่ 2 (การติดตั้งแบบตายตัว ตามมุมของตำแหน่งละติจูด) ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (ตามที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 2) โดยมีลักษณะการเอียงของตำแหน่งดวงอาทิตย์ไปทางทิศเหนือค่อนข้างมาก ในขณะที่รูปแบบที่ 2 แผงเซลล์จะหันไปทางทิศใต้ ทำให้ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์ของรูปแบบที่ 1 มากกว่ารูปแบบที่ 2 นั่นเอง

จากผลการทดสอบระบบป้องกันการสุกร่อนของท่อโลหะแบบ Impress Current ตามตารางที่ 5.14 นั้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ NACE Standard (RP-0169-1992) เป็นไปตามมาตรฐานที่อ้างอิงไว้ และสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

- 1) คุณสมบัติของวัสดุที่ควรจะนำมาใช้เป็นแอโนดต้องเป็นวัสดุที่ทำมาจากโลหะผสม เนื่องจากอัตราการกัดกร่อนของโลหะผสมมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับโลหะทั่ว ๆ ไป
- 2) ระบบที่ใช้แอโนดแบบแมกนีเซียม เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้เหล็ก เป็นแอโนดนั้น ระบบที่ใช้แมกนีเซียมจะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบน้อยกว่าที่ใช้เหล็กเป็นแอโนด ดังนั้นการกัดกร่อนของแอโนดแบบแมกนีเซียม จึงมีอัตราการกัดกร่อนน้อยกว่าแบบที่ใช้เหล็กเป็นแอโนด
- 3) เมื่อเปรียบเทียบท่อโลหะที่ได้รับการป้องกันการสุกร่อน กับท่อโลหะที่ไม่ได้รับการป้องกัน (รูปที่ 5.25) พบว่าท่อเหล็กที่ได้รับการป้องกันจะไม่เกิดการกัดกร่อน แต่ท่อเหล็กที่ไม่ได้รับการป้องกันจะเป็นสนิม และเกิดการกัดกร่อนเป็นรอยลึก
- 4) เมื่อทำการปลดชุดแหล่งจ่ายของระบบเป็นเวลา 5 วัน เพื่อทดสอบระบบในสภาวะการขาดพลังงานไฟฟ้าหลัก แล้วทำการวัดผลการป้องกันการสุกร่อนตามมาตรฐาน NACE Standard (RP-0169-1992) ดังตารางที่ ผ5.1.3 ปรากฏว่าระบบยังสามารถมีการป้องกันได้อยู่ นั่นแสดงว่าระบบที่มีเฉพาะแบตเตอรี่สำหรับการสำรองไฟตามที่ใช้เลือกใช้งาน ยังสามารถจ่ายพลังงานให้แก่ชุดป้องกันการสุกร่อนได้

## 6.4 ข้อเสนอแนะ

- ข้อจำกัดบางประการของการต่อร่วมเซลล์ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์
  - เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าสูงๆ ตามที่ต้องการ จะต้องนำเซลล์จำนวนหนึ่งมาต่ออนุกรม และขนานกันตามจำนวน ขนาด และลักษณะการต่อที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 (หัวข้อที่ 2.5)
  - การเลือกเซลล์ให้คู่ควรกัน โดยทั่วๆ ไป เซลล์ที่นำมาต่อขนานกันควรมีแรงดันวงจรเปิดเท่ากันทุกตัว และที่สำคัญที่สุดคือเซลล์ทุกตัวจะต้องมีแรงดันที่จุดกำลังไฟสูงสุดเหมือนกัน

หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนเซลล์ที่จะนำมาต่ออนุกรมควรมีกระแสลัดวงจรเหมือนกัน และมีกระแสที่จุดกำลังไฟสูงสุดเท่ากัน ถ้าหากใช้เซลล์ที่ไม่คู่ควรกัน ผลก็คือจะได้แผงเซลล์ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะเซลล์ที่มีแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่สูงกว่าจะถ่ายทอดกำลังเกินพอของมันเข้าไปทำให้สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าในเซลล์ที่มีลักษณะด้อยกว่า ผลลัพธ์ก็คือการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชุดดังกล่าวจะด้อยลง หรือโน้มเอียงไปทางเซลล์ที่ด้อยที่สุด เมื่อเกิดกำลังสิ้นเปลืองในเซลล์ก็ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแผงลดลงตามไปด้วย

- การป้องกันการเกิดปัญหาจุกจิกบนแผงเซลล์ ให้ใช้เซลล์ต่อขนานจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แล้วจึงนำมาต่ออนุกรมเป็นสตริง กรณีนี้ถ้ามีเซลล์ซารูด 1 ตัว กำลังไฟฟ้าจะไม่ตกมาก ถ้าการต่อเซลล์ขนานจำนวนมากๆ เป็นไปได้ยาก อาจแก้ปัญหาโดยการต่อบายพาสไดโอดคล่อมเซลล์ขนานในสตริง

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ได้กล่าวถึงวิธีการของ curve fitting และ interpolation ไว้เพียงบางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตามสำหรับผู้่านที่จะนำหัวข้อเหล่านี้ไปใช้งานขอให้พิจารณาสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ในกรณีที่ค่าชุดข้อมูลที่ได้มานั้นได้มาเป็นค่าที่ถูกต้องไม่มีการผิดพลาดของข้อมูล เช่นได้จากสมการคณิตศาสตร์แต่เราไม่ทราบสมการที่แน่ชัด วิธีการที่เหมาะสมในการหาค่าที่อยู่ระหว่างจุดข้อมูลควรจะใช้ การหาค่าแทรก เพราะค่าที่ได้จะผ่านจุดข้อมูลทุกจุดซึ่งเป็นสิ่งที่ถูกต้อง แต่วิธีการนี้จะเป็วิธีการที่ใช้เวลาในการคำนวณมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าข้อมูลมีมาก
- ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้ อาจมีความผิดพลาดบ้าง เช่นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิธีที่เหมาะสมที่น่าจะเป็น วิธีการใช้การปรับโค้ง และการประมาณค่าด้วยโพลิโนเมียล เพราะข้อมูลที่ได้จากการทดลองก็เชื่อว่าจะไม่มียผิดพลาดจากการวัดเลย ดังนั้นกราฟที่ได้ก็ไม่จำเป็นต้องผ่านจุดข้อมูลทุกจุดแต่ควรจะเป็นเส้นที่ทำให้เกิดความผิดพลาดจากข้อมูลโดยรวมทั้งหมดน้อยที่สุดมากกว่า

#### ■ สิ่งที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม

- ขนาดพิกัดของโหลดภาระที่นำมาทำการทดสอบยังมีขนาดพิกัดที่ยังต่ำอยู่ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดของชุดแหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์จำลองที่มีค่าความเข้มแสงที่ต่ำ จึงควรได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลกับการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ชุดจำลองแสงอาทิตย์มาตรฐาน ที่สามารถจ่ายพลังงาน และมีความเข้มแสงที่สูงกว่าปัจจุบัน
- ข้อมูลที่ทำการทดสอบเก็บผลจากการวัดค่าในสภาพการใช้งานจริง จะไม่มีความต่อเนื่องในบางช่วงเวลา จึงควรทำการหาค่าแทรก และประมาณค่าด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุดก่อน ที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการคำนวณค่าต่อไป

- เมื่อมีความผิดปกติจากการแสดงผลของข้อมูลที่ทำให้การทดสอบในรูปของภาพโครงร่าง 3 มิติ เช่น มีค่าบางตำแหน่งพุ่งสูงขึ้นอย่างผิดปกติ แก้ไขได้โดยการตรวจสอบจากระบบฐานข้อมูลอ้างอิงที่ได้ทำการเก็บบันทึกไว้
- ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเป็นเวลานาน ๆ และละเอียดขึ้น (เพื่อเพิ่มจำนวน และความหลากหลายของข้อมูลในการวิเคราะห์ให้สูงขึ้น)
- เพิ่มจำนวนความแตกต่างของข้อมูล และรูปแบบการทดสอบให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

## 6.5 งานวิจัยที่พัฒนาต่อไป

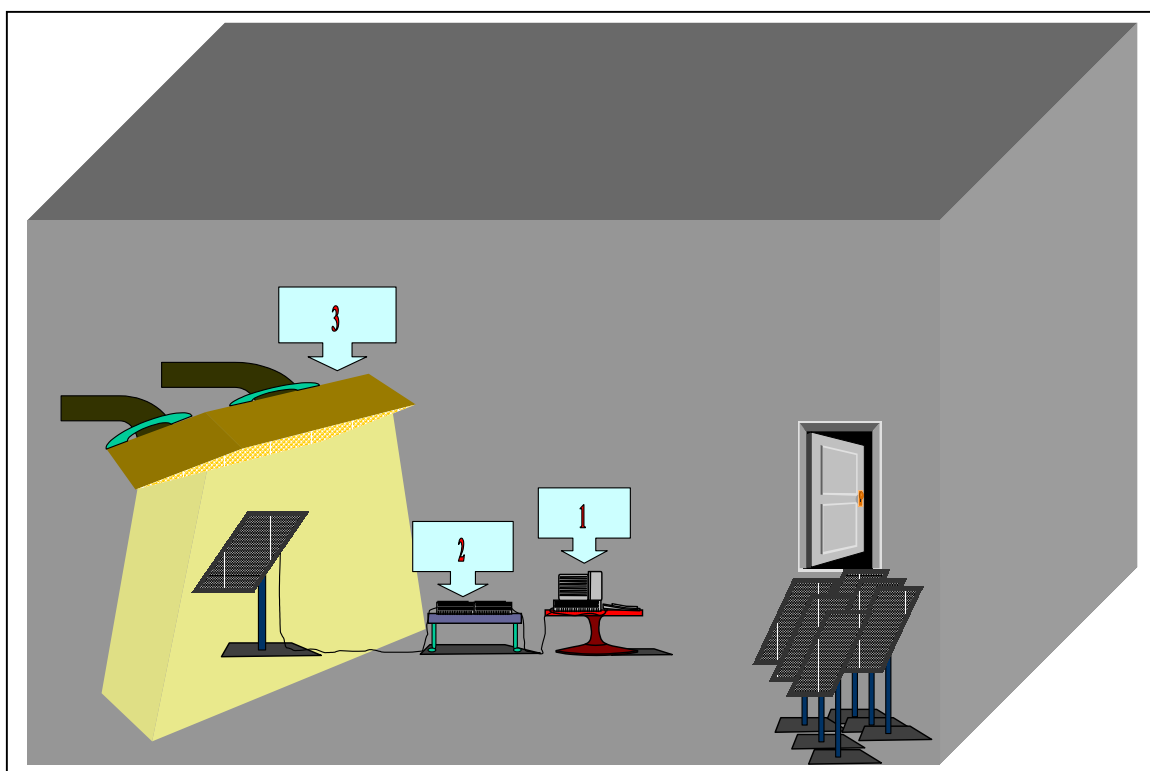
- การพัฒนางานต่อเนื่องในเบื้องต้น
  - นำไปใช้ในการวิเคราะห์ด้านการจ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เมื่อมีรูปแบบการติดตั้งและการต่อร่วมเซลล์ ที่แตกต่างกัน และมีความหลากหลายรูปแบบมากกว่าปัจจุบัน
  - วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนจุดกำลังสูงสุด และการดึงพลังงานสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เมื่อมีการต่อร่วมเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่างกัน รวมทั้งการพิจารณาผลของค่าความสูญเสียจากส่วนต่างๆ ในระบบฯ ประกอบการพิจารณาด้วย
  - ช่วยในการออกแบบหาปริมาณการจ่ายกระแสของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ สำหรับโหลดที่มีการใช้งานไม่ต่อเนื่อง หรือทำงานเป็นคาบเวลา
  - การพิจารณาผลของปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกับการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น อุณหภูมิ และ ผลของรังสีประกอบจากส่วนอื่น เป็นต้น

### ■ การพัฒนางานในอนาคต

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6.1 ซึ่งเป็นการแสดงภาพโดยรวมของระบบทั้งหมดที่ควรจะเป็นซึ่งเป็นห้องทดสอบมาตรฐาน และวัดผลลัพธ์ข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการควบคุมพารามิเตอร์และปัจจัยต่างๆ ได้ อันประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- ส่วนที่ 1 : ชุดเก็บบันทึกฐานข้อมูล ที่สามารถจำลองการทำงาน และออกแบบระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์กับโหลดภาระแบบต่างได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- ส่วนที่ 2 : อุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
- ส่วนที่ 3 : ชุดจำลองแสงอาทิตย์เทียม (SUNSIMULATOR)

เนื่องจากโครงงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นเฉพาะการวิจัยในรายละเอียดของส่วนที่ 1 เท่านั้น ผลลัพธ์ และรูปแบบของข้อมูลการใช้งานจึงยังคงมีข้อจำกัดอยู่บ้างในบางส่วน ดังนั้นจึงควรมีการวิจัย และพัฒนางานในส่วนอื่น ๆ ประกอบด้วยเพื่อให้การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป



รูปที่ 6.1 ภาพโดยรวมของห้องทดสอบมาตรฐาน และวัดผลลัพธ์ข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการควบคุมพารามิเตอร์ และปัจจัยต่างๆ ได้