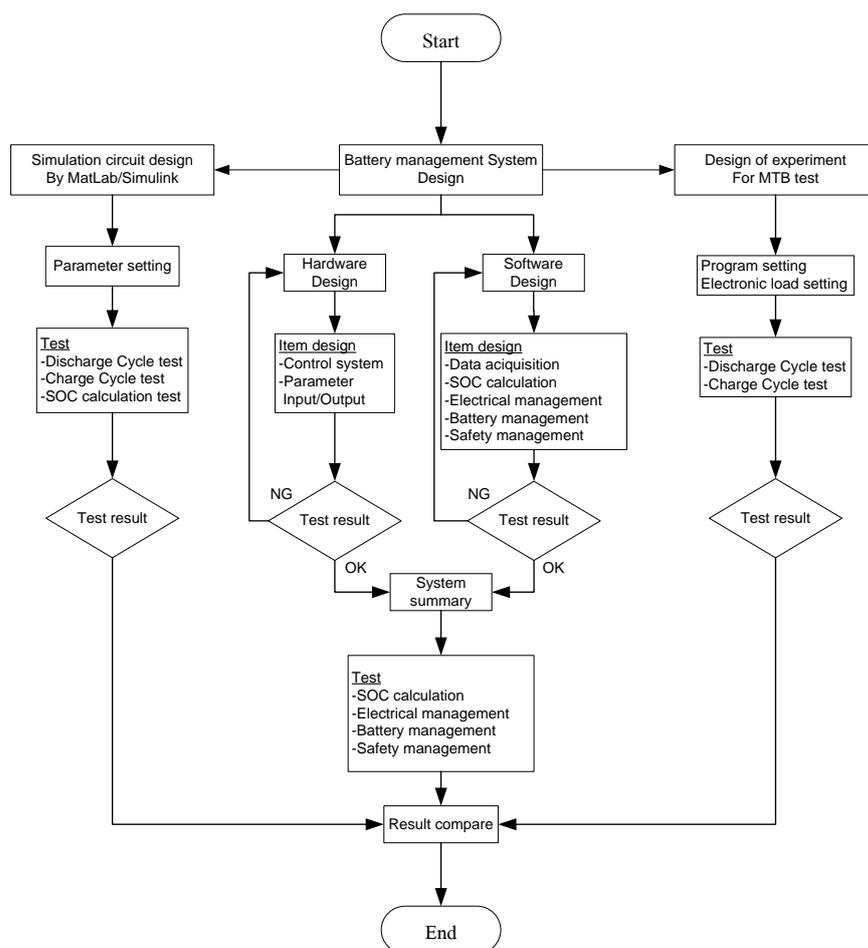


บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

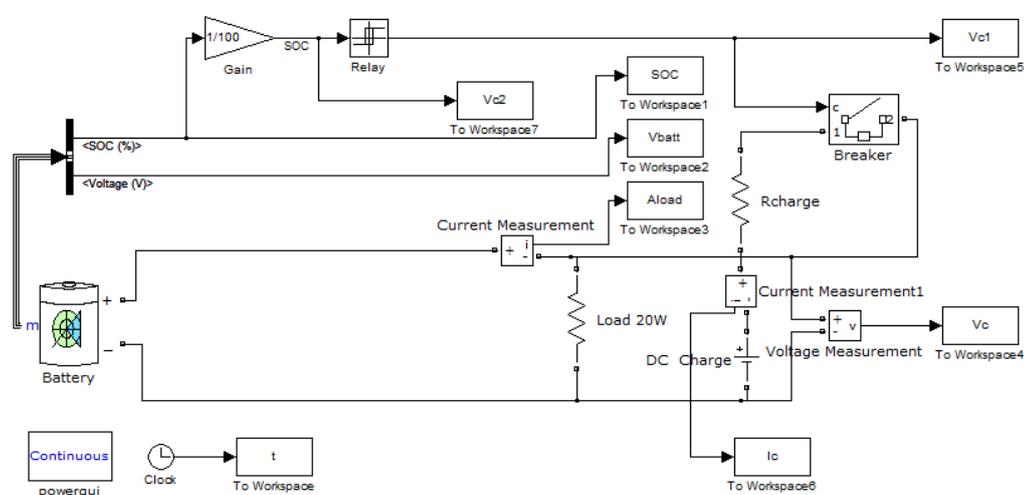
บทนี้เป็นกรนำเสนอขั้นตอนและวิธีการดำเนินการในส่วนต่างๆ ภายในงานวิจัย ซึ่งจะประกอบด้วยวิธีการและขั้นตอนการจำลองสภาวะประจุของแบตเตอรี่ผ่านทางโปรแกรม MatLab/Simulink และเครื่องควบคุมการอัดและคายประจุแบตเตอรี่ (Microprocessor Test for Battery :MTB-series) เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบการจัดการสภาวะการประจุและคายประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในระบบพลังงานทดแทนที่ใช้โปรแกรม LabVIEW และการออกแบบระบบการควบคุมเตือนภัย แสดงผล และเก็บข้อมูลสถานะของแบตเตอรี่ เพื่อนำไปใช้ใช้ในระบบพลังงานทดแทน ดังแสดงในโฟลว์ชาร์ตในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การจำลองสถานะการประจุของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดด้วย MatLab/Simulink

ในการจำลองนี้จะใช้แบตเตอรี่โมเดลที่อยู่ในโปรแกรม MatLab/Simulink ซึ่งเป็นโปรแกรมที่น่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เพื่อนำมาพิสูจน์ผลการทดสอบในทางทฤษฎีว่า ระบบจริงที่ออกแบบสามารถแสดงสถานะประจุของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดได้หรือไม่ โดยจะทำการจำลองการจ่ายประจุและอัดประจุของแบตเตอรี่โมเดล เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับระบบจริงที่ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมและคำนวณ โดยจะใช้ไดอะแกรมระบบแบตเตอรี่ ในโปรแกรม MatLab/Simulink เพื่อทำการจำลองทดสอบดังรูปที่ 3.2



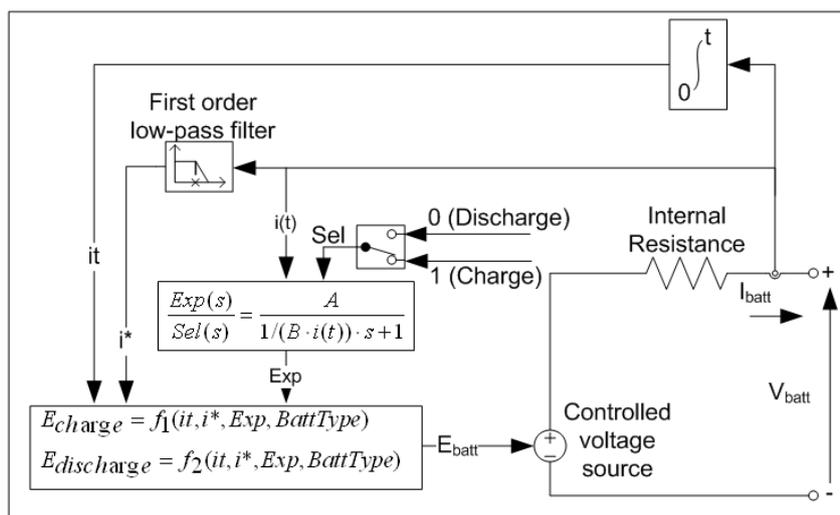
รูปที่ 3.2 แบบจำลองสถานะการคายประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

ในรูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ เพื่อใช้ทดสอบช่วงการคายประจุและอัดประจุ ในโปรแกรม MatLab/Simulink โดยจะทำการจำลองการทำงานและคำนวณค่า SOC แรงดันของแบตเตอรี่และกระแสที่โหลด โดยจะทำการตั้งค่าพารามิเตอร์แบตเตอรี่โมเดล อ้างอิงจากข้อมูลของผู้ผลิตแบตเตอรี่ และทำการทดลองที่สถานะการประจุแบตเตอรี่เริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรอกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่จากโปรแกรม LabVIEW

3.2 สมการที่ใช้ในการจำลองแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ใน MatLab /Simulink

จากหัวข้อที่ 2.10.2 นำเสนอสมการจำลองการทำงานในสถานะคายประจุและประจุแบบพลวัตแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการประยุกต์สมการที่ 2.13 และ 2.17 มาจำลองการทำงานในโปรแกรม Matlab/Simulink การจำลองการทำงานของแบตเตอรี่โมเดลในโปรแกรม MatLab /Simulink ผลลัพธ์

ของการคำนวณค่า แรงดันและกระแส ของแบตเตอรี่ขณะทำการจำลองจะเป็นไปตามไดอะแกรมในรูปที่ 3.3 โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 หัวข้อคือ ช่วงการทำงานในสภาวะการคายประจุและการทำงานในช่วงการอัดประจุ ในสมการที่ 3.1 แสดงสมการการทำงานในช่วงการคายประจุ และสมการที่ 3.2 แสดงสมการการทำงานในช่วงการคายประจุ



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมการทำงานของแบตเตอรี่โมเดลใน MatLab /Simulink

สมการการช่วงการคายประจุ ($I^* > 0$)

$$f_1(i^*, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - i^*} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - i^*} \cdot i + Laplace^{-1} \left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot 0 \right) \quad (3.1)$$

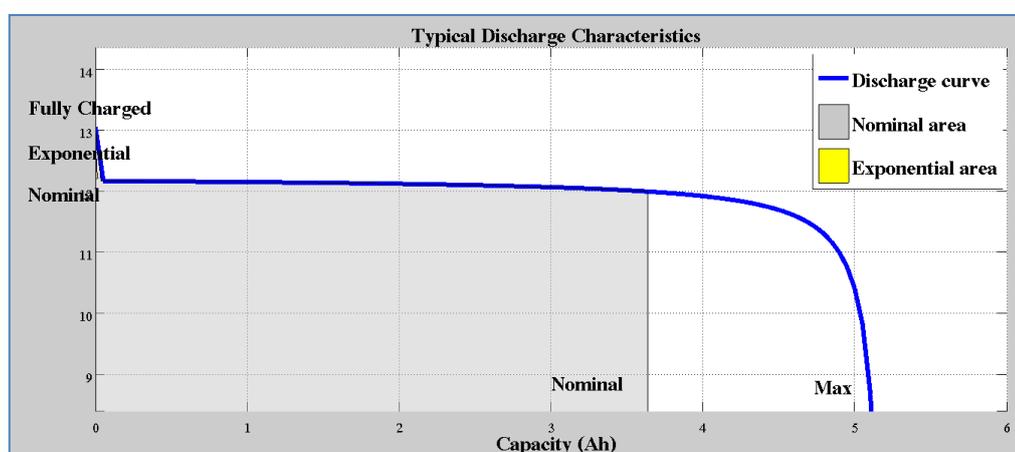
สมการการช่วงการคายประจุ ($I^* < 0$)

$$f_2(i^*, i^*, i, Exp) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{i^* + 0.1 \cdot Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - i^*} \cdot i + Laplace^{-1} \left(\frac{Exp(s)}{Sel(s)} \cdot \frac{1}{s} \right) \quad (3.2)$$

- เมื่อ
- E_{batt} คือ แรงดันภายในของแบตเตอรี่ (Nonlinear voltage: V)
 - E_0 คือ แรงดันคงที่ของแบตเตอรี่ (Constant voltage: V)
 - $Exp(s)$ คือ ช่วงการทำงาน Exponential zone (Exponential zone dynamics: V)
 - $Sel(s)$ คือ ช่วงการทำงานของแบตเตอรี่, $Sel(s) = 0$ อยู่ในระหว่างคายประจุแบตเตอรี่ $Sel(s) = 1$ อยู่ในระหว่างอัดประจุแบตเตอรี่
 - K คือ ความต้านทาน polarization (Polarization resistance: Ohm)

- i^* คือ ช่วงกระแสความถี่ต่ำ (Low frequency current dynamics: A)
 i คือ กระแสแบตเตอรี่ (Battery current: A)
 it คือ ความจุของแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งาน (Extracted capacity: Ah)
 Q คือ ความจุสูงสุดของแบตเตอรี่ (Maximum battery capacity: Ah)

จากสมการที่ได้จะทำให้ได้ผลการจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ดังแสดงให้เห็นในกราฟคุณลักษณะการทำงานในช่วงของการคายประจุดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟคุณลักษณะของแบตเตอรี่ โมเดลขณะคายประจุ

3.3 สมการการหาค่า SOC ที่ใช้ในแบตเตอรี่โมเดล

จากหัวข้อที่ 2.12.3 นำเสนอสมการประมาณค่า SOC ด้วยวิธีการนับประจุแล้วในหัวข้อนี้ จะเป็นการประยุกต์สมการที่ 2.20 มาจำลองการทำงานในโปรแกรม Matlab/Simulink เพื่อเป็นการจำลองการประมาณค่า SOC ในระบบแบตเตอรี่ดังแสดงในสมการที่ 3.3

$$SOC = 100 \left(1 - \frac{1}{C_R} \int_0^t i_{batt}(t) dt \right) \quad (3.3)$$

3.4 การตั้งค่าการจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ใน MatLab /Simulink

ในรูปที่ 3.5 แสดงการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการจำลองเพื่อหาคุณลักษณะการคายประจุและการประจุของแบตเตอรี่ เพื่อนำผลการจำลองที่ได้ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการ

ทดสอบจากระบบการจัดการแบตเตอรี่โดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยจะอธิบายความหมายของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดได้ดังนี้

- Battery type : เป็นการเลือกชนิดของแบตเตอรี่ ที่ใช้ทำการจำลองตามความต้องการ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่ 4 ชนิด

- Nominal Voltage (V) : เป็นการเลือกกระดပ်แรงดันปรกติของแบตเตอรี่

- Rate Capacity (Ah) : เป็นการเลือกค่าความจุของแบตเตอรี่

- Initial State Of Charge (%) : เป็นการเลือกค่า SOC เริ่มต้นของแบตเตอรี่

- Use parameters based on Battery type and nominal values : ใช้เลือกเมื่อต้องการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบตเตอรี่เบื้องต้นแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม MatLab/Simulink และเมื่อนำเครื่องหมายถูกออกจะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบตเตอรี่ด้วยตัวเอง

- Maximum Capacity (Ah) : ค่าความจุสูงสุดของตามทฤษฎีของแบตเตอรี่ (Q_{max}) เมื่อเกิดแรงดันไม่ต่อเนื่องในแบตเตอรี่ ค่านี้จะเท่ากับ 105 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความจุที่กำหนดของแบตเตอรี่

- Fully charged Voltage (V) : เป็นค่าที่ใช้สำหรับการกำหนดค่ากระแสคายประจุ ซึ่งไม่ใช่ค่าแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

- Nominal Discharge Current (A) : เป็นค่าการคายประจุแบบปรกติตัวอย่างเช่นเมื่อต้องการหาค่าการคายประจุแบบปรกติของแบตเตอรี่ 5.5 แอมแปร์-ชั่วโมง ของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดโดยให้แบตเตอรี่ เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความจุที่กำหนดค่าที่ได้จะเท่ากับ 1.1 แอมแปร์ ตามตัวอย่างการหาค่าการคายประจุแบบปรกติด้านล่าง

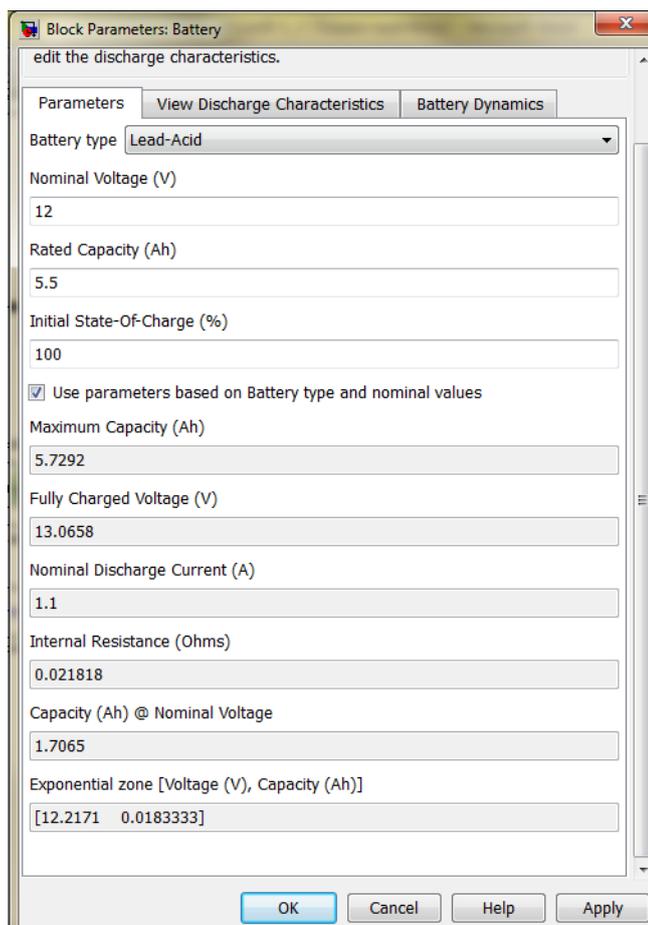
$$(0.2 \times 5.5 Ah) / 1h = 1.1 A$$

- Internal Resistance (Ohm) : เป็นค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ โดยค่าที่ได้จะมาจาก 1 เปอร์เซ็นต์ ของค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่หาได้จากสมการที่ 3.4

$$(\text{Nominal voltage} \times \text{rated capacity of the battery}) \times 0.1 \quad (3.4)$$

- Capacity (Ah) @ Nominal Voltage (Q_{nom}): ได้จากสภาวะของแบตเตอรี่ก่อนถึงช่วงแรงดันตกที่แรงดันปรกติ ค่าที่ได้ต้องอยู่ในช่วงของค่า Q_{exp} กับค่า Q_{max}

- Exponential zone [Voltage (V), Capacity (Ah)] : ค่าแรงดัน V_{exp} และค่าความจุ Q_{exp} เป็นค่าอยู่ในช่วงสุดท้ายของ exponential zone ค่าแรงดันอยู่ในช่วง V_{nom} และ V_{full} และค่าความจุอยู่ในช่วงระหว่าง 0 และ Q_{nom}



รูปที่ 3.5 การตั้งค่าการจำลองการทำงานของแบตเตอรี่

3.5 การทดสอบสถานะประจุด้วยเครื่องควบคุมการอัดและคายประจุแบตเตอรี่

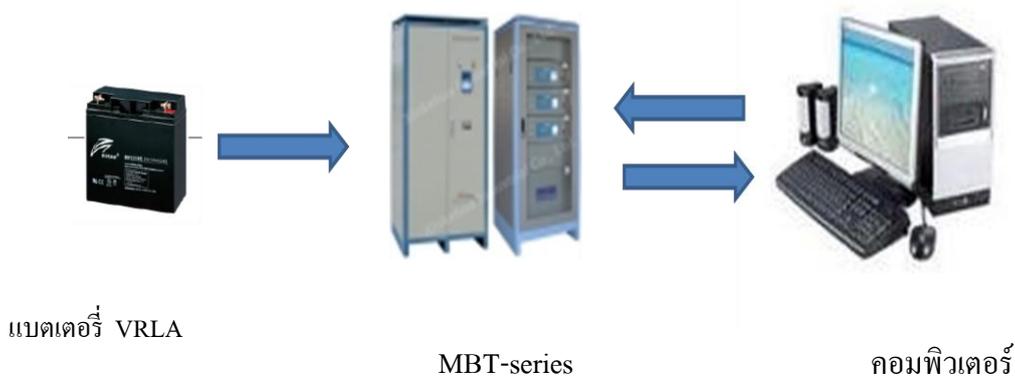
(Microprocessor Test for Battery : MTB-series)

ในการทดสอบสถานะประจุด้วยเครื่องควบคุมการอัดและคายประจุแบตเตอรี่ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบแบตเตอรี่ที่มีความหนาเชื่อถือด้วยการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แบบทันทีเวลานำมาเปรียบเทียบกับค่าสถานะประจุของแบตเตอรี่ในระบบจริงที่ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมเพื่อเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของระบบได้ โดยจะมีขั้นตอนการทดสอบตามเนื้อหาด้านล่าง

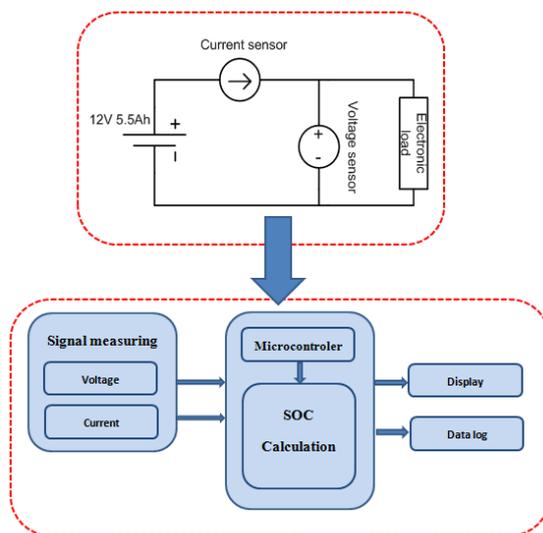
3.5.1 อุปกรณ์และการกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบ

เครื่องควบคุมการอัดและคายประจุแบตเตอรี่จะทำการทดสอบและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการคายประจุของแบตเตอรี่ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระบบที่ออกแบบด้วย LabVIEW โดย MTB จะมีการควบคุมและเก็บข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Battery charge/discharge data

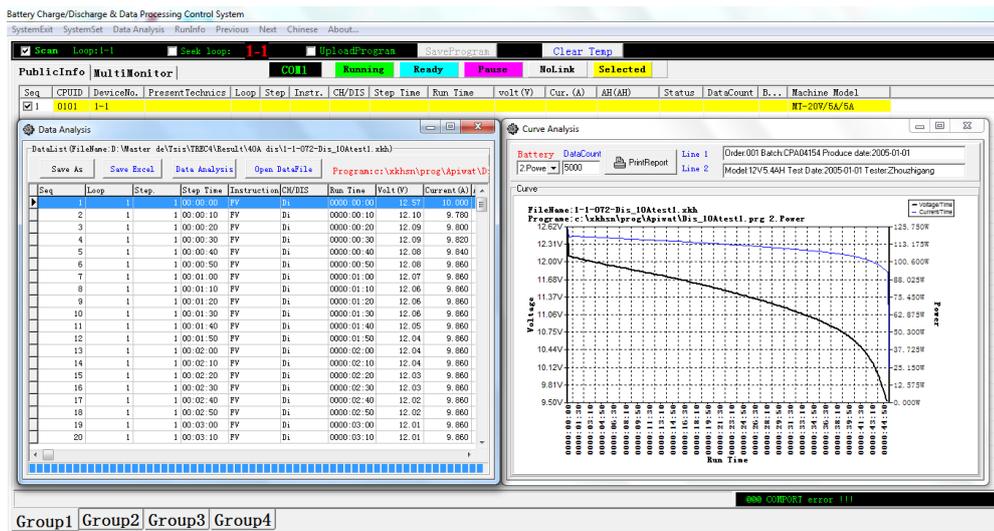
processing control system version : 2009-07-16/V1.3.2 ของบริษัท XINKEHUA โดยใช้แบตเตอรี่ขนาดความจุที่ 12 โวลต์ 5.5 แอมแปร์-ชั่วโมง ในการทดสอบ ดังรูปที่ 3.9 แสดงห้องปฏิบัติการและระบบการ ทดสอบการคายประจุโดยให้โหลดคงที่ 20 วัตต์ กระแสตรง กำหนดให้แบตเตอรี่ที่กระแสอัดประจุจนค่า SOC ลดลงมาเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และทำการอัดประจุกลับคืนให้แบตเตอรี่ที่กระแสอัดประจุคงที่ 2 แอมแปร์จนถึงค่า SOC เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 วินาที โดยเก็บข้อมูลกระแสของแบตเตอรี่และค่าประจุที่ถูกรูใช้งานเพื่อนำมาคำนวณหาค่า SOC



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสถานะความจุด้วย MTB



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ MTB



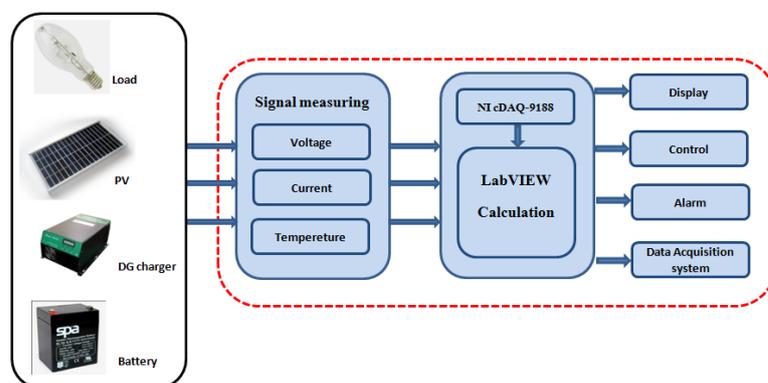
รูปที่ 3.8 รูปแสดงโปรแกรมที่ใช้ควบคุมและเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.9 การทดสอบค่าสถานะประจุเปรียบเทียบ MTB กับ LabVIEW ในห้องปฏิบัติการ มทร รัตนบุรี

3.6 การออกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่ด้วย LabVIEW

ในการออกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่จะสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก ๆ ได้ 6 หัวข้อตามที่กล่าวมาข้างต้น ในบทที่ 2 ซึ่งการออกแบบระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรู้ถึงสถานะประจุของแบตเตอรี่แบบทันเวลาได้ และมีระบบแสดงผลการทำงานของแบตเตอรี่ประกอบกับระบบการจัดการด้านความปลอดภัยต่างๆ เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่ทำงานในสถานะที่อันตราย โดยควบคุมการจ่ายประจุ การอัดประจุและอุณหภูมิใช้งาน และบันทึกผลการทำงานของระบบเพื่อนำข้อมูลที่ได้อมาวิเคราะห์การทำงานของแบตเตอรี่ได้ โดยการออกแบบระบบนี้จะใช้โปรแกรม LabVIEW 8.5 ในการเขียนโปรแกรมผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยทำงานร่วมกับชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของระบบการจัดการแบตเตอรี่

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการจัดการแบตเตอรี่

1) NI Compact DAQ 8-Slot Ethernet Chassis (NI cDAQ) : NI cDAQ-9188 มีหน้าที่สื่อสารและรับส่งข้อมูลจากโมดูลต่าง ๆ ที่ใช้ตรวจวัดและควบคุม มายังคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อผ่านทาง Local Aerial Network : LAN ซึ่งมีช่องสำหรับใส่โมดูลในรุ่นนี้อยู่ทั้งหมด 8 ช่อง



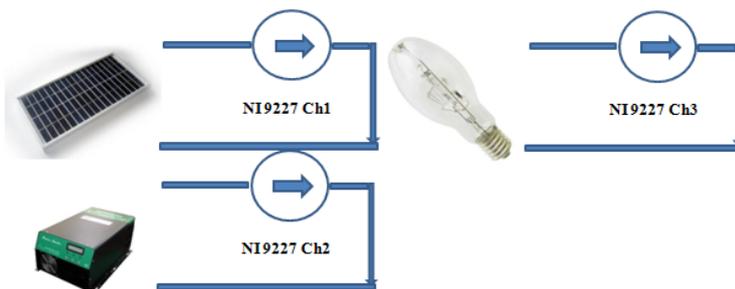
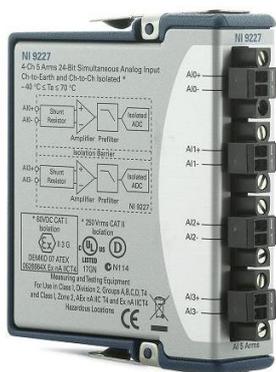
รูปที่ 3.11 NI cDAQ-9188 ใช้รับสัญญาณและส่งสัญญาณ

2) 3-Channel, 300 Vrms Analog Input Module (NI 9225) : NI 9225 เป็นโมดูลสำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งในรุ่นนี้มีอินพุตทั้งหมดอยู่ 3 ช่อง ความละเอียดในการรับสัญญาณ 24บิต ความเร็วในการสุ่มข้อมูลสูงสุดที่ 50 kS/s ในการวิจัยนี้จะใช้โมดูลนี้สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่และแรงดันตกคร่อมที่โหลด



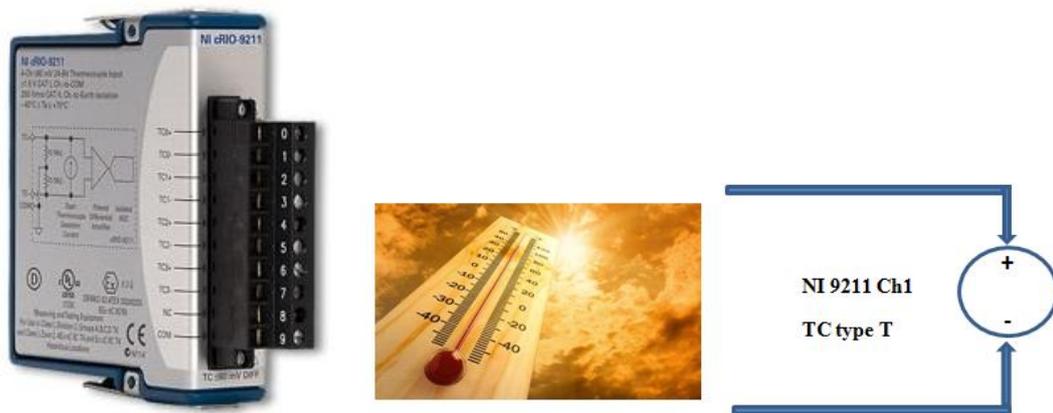
รูปที่ 3.12 NI 9225 ใช้วัดระดับแรงดันไฟฟ้า

3) 4-Channel Current Input C Series Module (NI 9227) : NI 9227 เป็นโมดูลสำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งในรุ่นนี้มีอินพุตทั้งหมดอยู่ 4 ช่อง ความละเอียดในการรับสัญญาณ 24 บิตความเร็วในการสุ่มข้อมูลสูงสุดที่ 50 kS/s ในการวิจัยนี้จะใช้โมดูลนี้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์กระแสไฟฟ้าที่โหลดและกระแสไฟฟ้าจากเครื่องอัดประจุ



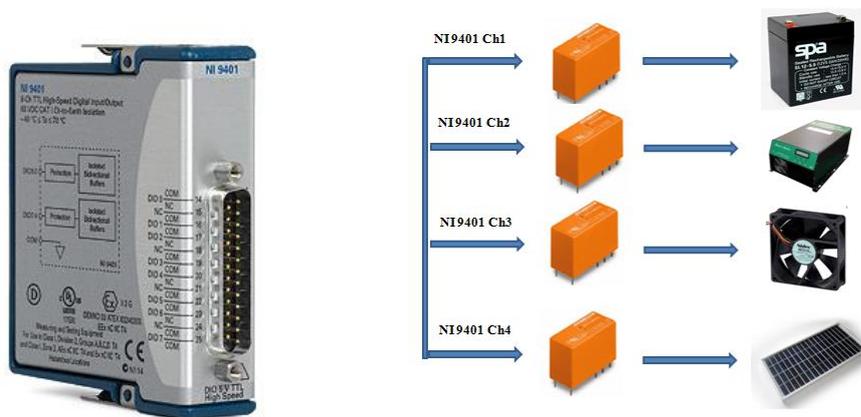
รูปที่ 3.13 NI 9227 ใช้วัดระดับกระแสไฟฟ้า

4) 4-Channel, 14 S/s, 24-Bit, ± 80 mV Thermocouple Input Module (NI 9211) : NI 9211 เป็นโมดูลสำหรับวัดค่าอุณหภูมิ ซึ่งในรุ่นนี้มีอินพุตทั้งหมดอยู่ 4 ช่อง ความละเอียดในการรับสัญญาณ 24 บิตความเร็วในการสุ่มข้อมูลสูงสุดที่ 50 kS/s ย่านแรงดันในการวัด ± 80 มิลลิโวลต์ในการวิจัยนี้จะใช้โมดูลนี้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิโดยรอบของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.14 NI 9211 ใช้วัดอุณหภูมิโดยรอบของแบตเตอรี่

5) 8 Ch, 5 V/TTL High-Speed Bidirectional Digital I/O Module (NI 9401) : NI 9401 เป็นโมดูล TTL Digital Input/output ซึ่งในรุ่นนี้มีอินพุตทั้งหมดอยู่ 8 ช่อง แรงดันขาออกในด้านสูงเท่ากับ 5.25 โวลต์ ทางด้านต่ำเท่ากับ 0.1 โวลต์ การวิจัยนี้จะใช้โมดูลนี้สำหรับควบคุมการระบายอากาศของแบตเตอรี่และควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่และเครื่องอัดประจุ



รูปที่ 3.15 NI 9401 TTL Digital Input/output

6) เทอร์โมคัปเปิล (Thermo couple) เทอร์โมคัปเปิล มีประวัติค่อนข้างเก่าแก่ทีเดียวคือ ถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2364 โดยนักฟิสิกส์ ชาวเยอรมันชื่อ โทมัส โจฮานน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) ได้ค้นพบว่า เมื่อต่อโลหะสองชนิดเข้าด้วยกัน ให้มีรอยต่อสองแห่งแล้วทำให้รอยต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าขนาดอ่อนๆ ไหลภายในวงจรทำให้มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากมีความแตกต่างศักย์เกิดขึ้นที่รอยต่อแต่ละแห่งและมีขั้วตรงข้ามกัน โดยที่แรงดันขั้วรอยต่อร้อนจะสูงกว่าแรงดันที่รอยต่อเย็น ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T มีย่านการวัดระหว่าง -200 ถึง 350 องศาเซลเซียส ในการควบคุมอุณหภูมิของระบบแบตเตอรี่



รูปที่ 3.16 เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T มีย่านการวัดระหว่าง -200 ถึง 250 องศาเซลเซียส

7) รีเลย์ (Relay) ในงานวิจัยนี้จะใช้รีเลย์ชนิดอาร์เมเจอร์ หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์จะทำงานเมื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด (Coil) โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมาที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส (Contacts) การเคลื่อนที่ของอาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส เพื่อให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่ง ซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อปิดสวิตช์ อาร์เมเจอร์ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม โดยสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด การทำงานต่างๆ ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยจะใช้รีเลย์รุ่น RTH34012 ของบริษัท Tyco electronics ขดลวดทำงาน 12 โวลต์กระแสตรง หน้าสัมผัสที่ 16 แอมป์ 250 โวลต์กระแสสลับ



รูปที่ 3.17 RTH34012 ของบริษัท Tyco electronics

3.6.2 การออกแบบส่วนควบคุมและแสดงผลของระบบการจัดการเบตเตอร์

การพัฒนาโครงการหรือโครงการงานทางด้านการวัดและงานควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์นอกจากปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์ที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำและเที่ยงตรงในการทำงานแล้ว การพัฒนาโปรแกรมการใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ (Application Program) ที่ใช้งานได้ง่าย สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพที่สวยงามน่าใช้ ในหลายๆโปรแกรมที่นิยมใช้งานอาจมีรูปแบบการใช้งานที่ไม่ค่อยจะดึงดูดใจผู้ใช้งานเท่าไรนัก เช่น โปรแกรมใช้งานที่มีการสั่งงานและการแสดงข้อมูลด้วยตัวอักษร (Text-Base Program) เป็นต้น จึงมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์โปรแกรมการใช้งาน ที่มีการแสดงผลเป็นรูปภาพที่สวยงามน่าใช้และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของรูปภาพ (Graphical Programming) ซึ่งเป็นจุดเด่นของซอฟต์แวร์ตัวนี้ พร้อมด้วยฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ที่มีไว้ให้เรียกใช้อย่างมากมาย รองรับการสร้างโปรแกรมเพื่อใช้งานกับเครื่องมือวัดและควบคุมที่หลากหลาย ซอฟต์แวร์ที่กล่าวนี้คือ LabVIEW

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะมีชื่อเรียกว่า Virtual Instrument หรือเรียกย่อ ๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัด LabVIEW จัดเป็นซอฟต์แวร์ประเภท Programming Language คล้ายกับ Visual Basic หรือ Visual C++ แต่แตกต่างกันตรงที่ LabVIEW เป็นการสร้างโปรแกรมโดยใช้ภาษารูปภาพ คือจะใช้บล็อกฟังก์ชันซึ่งแทนด้วยไอคอน (Icon) แทนการเขียนโปรแกรมย่อย (Subroutine) และใช้เส้นเชื่อมต่อระหว่างบล็อกฟังก์ชันแทนการไหลของข้อมูลระหว่างโปรแกรมย่อยนั้นๆ คล้ายกับการเขียนโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) หรือบล็อก ไดอะแกรม (Block Diagram) ของโปรแกรม ในขณะที่การเขียนโปรแกรมด้วยตัวอักษร (Text-Based Programming) จะต้องคำนึงถึง วายกสัมพันธ (Syntax) ของภาษา ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การพัฒนาโปรแกรมด้วย LabVIEW ช่วยลดเวลาลงได้อย่างมาก เมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาที่ต้องใช้ตัวอักษรแบบเดิมๆ ประมาณ 4 ถึง 10 เท่า การทำงานของโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ยังสามารถวัดผลแสดงผลและบันทึกผลการทดลองโดยคอมพิวเตอร์ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แสดงผลในรูปแบบของกราฟที่สัมพันธ์กับเวลา แสดงผลการตัดต่อสัญญาณในรูปแบบของหลอดไฟมีสวิทช์เปิดปิดการทำงานเหมือนจริง ทำให้การทดลองมีความเที่ยงตรงแม่นยำมาก โปรแกรม VI ที่สร้างโดย LabVIEW จะเรียกส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ว่า Front Panel ซึ่งประกอบด้วยส่วนรับคำสั่งควบคุม เช่น การป้อนข้อมูล ปุ่มหมุน สวิตช์ และส่วนแสดงผลข้อมูล เช่น การแสดงผลด้วยตัวเลข มิเตอร์ บาร์สเกล จอแสดงผลในรูปแบบกราฟ เป็นต้น ส่วนต่างๆเหล่านี้สามารถควบคุมการทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้นผ่าน Front Panel นี้ เช่น การกดปุ่ม เลื่อนแถบ สไลด์หรือป้อนข้อมูลทางคีย์บอร์ด พร้อมดูผลข้อมูลได้อีกด้วยโดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ สิ่งที่ทำให้ LabVIEW ต่างจากซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาโปรแกรมอื่นทั่วไปอีกอย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการพัฒนาโปรแกรม

ใช้งานทางด้านงานวัดและงานควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งถือเป็นเป้าหมายสำคัญของ LabVIEW โดยจะมีเครื่องมือและไลบรารี (Library) ที่สนับสนุนการใช้งานทางด้านนี้ไว้อย่างมากมาย ให้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของเครื่องมือเสมือนจริง พื้นที่ส่วนที่เขียนโปรแกรมจะเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนกับ Hardware ภายในเครื่องมือวัด

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามที่ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

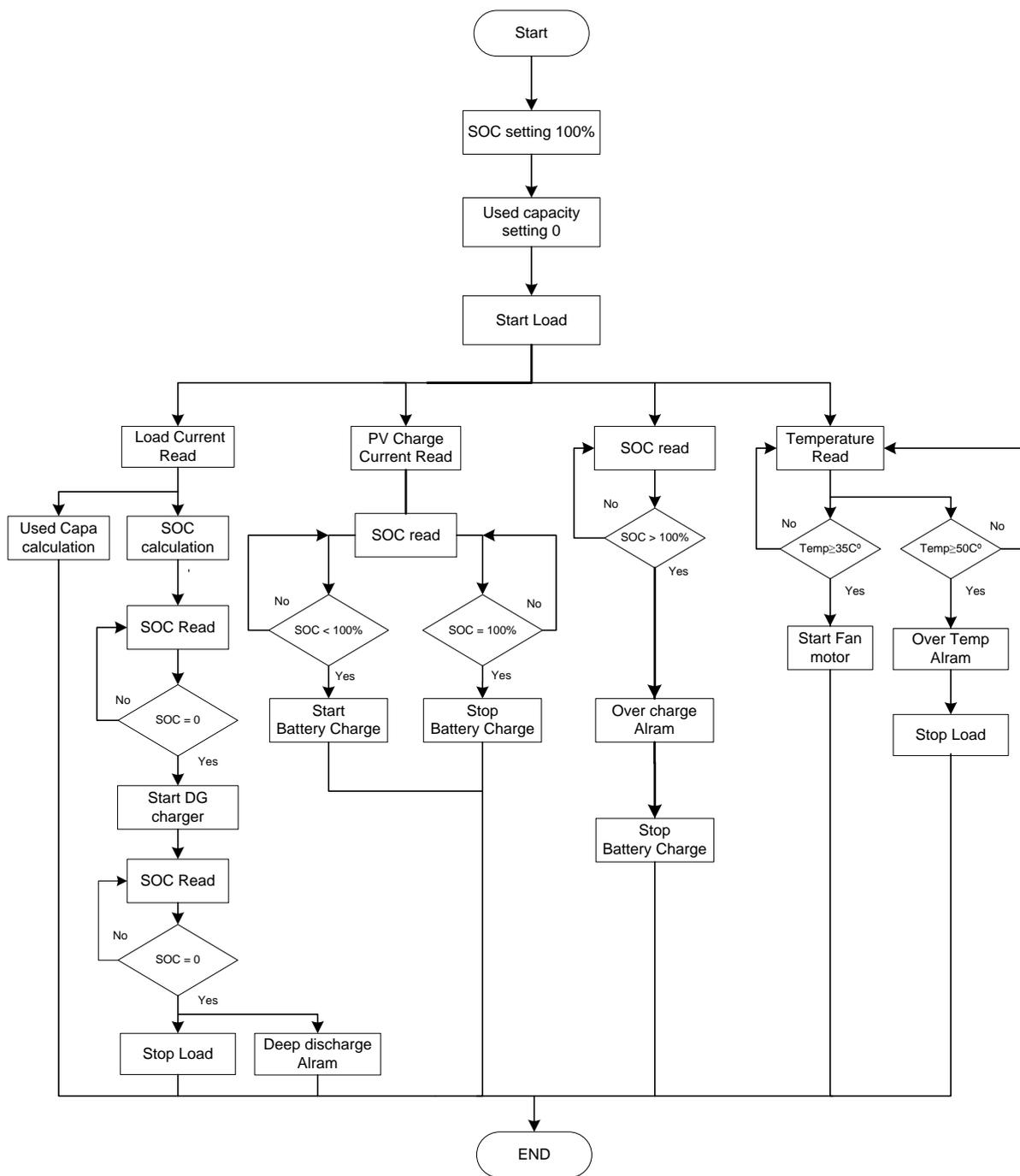
1. Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือคอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบการจัดการแบบเตอรีนี้จะมาจาก การ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)

2. Analysis หรือ วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้ การทดลองในครั้งนี้การวิเคราะห์และคำนวณคำนวณที่สำคัญคือการคำนวณหาค่าสถานะประจุของแบตเตอรี่

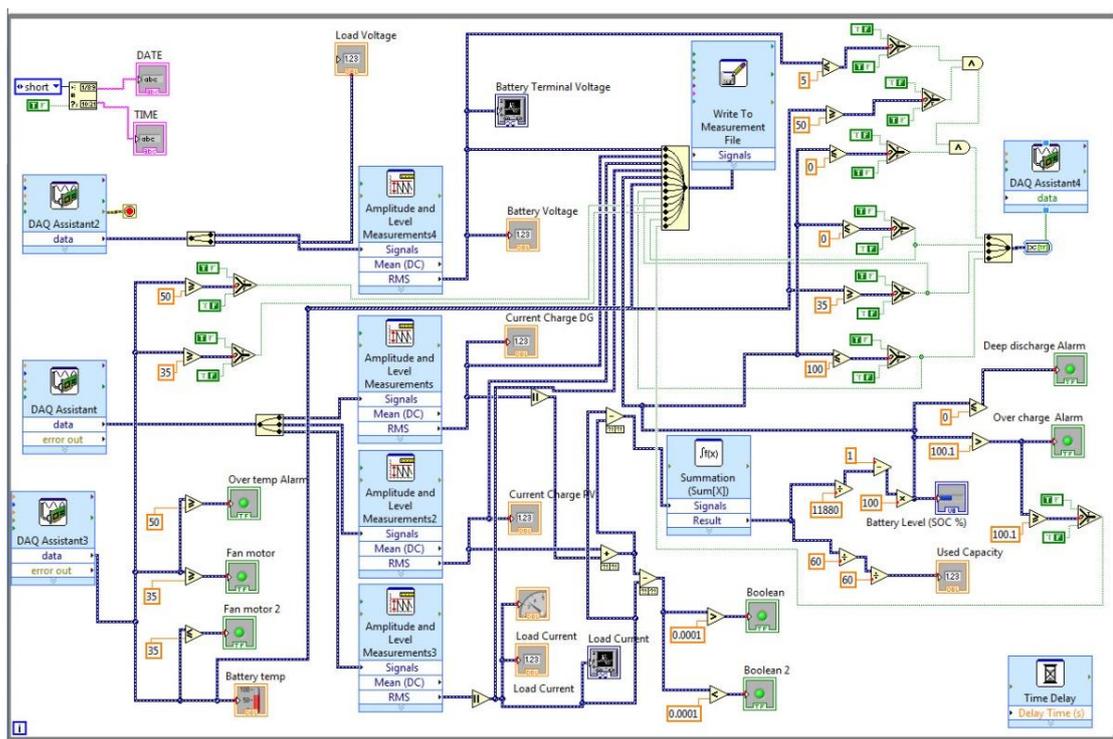
3. Display หรือการแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยจะแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

3.7 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมระบบการจัดการแบตเตอรี่

การเขียนโปรแกรมใน LabVIEW ดังที่กล่าวมาข้างต้นจะใช้การเขียนในรูปแบบ Graphic Block Diagram ซึ่งประกอบด้วยรูปไอคอนของบล็อกฟังก์ชันต่างๆ ที่ใช้แทนโปรแกรมย่อย โดยไม่ต้องกังวลเรื่องความสัมพันธ์ของภาษา เหมือนกับการเขียนโปรแกรมด้วยข้อความแบบเดิมๆ เพื่อระบุว่ามีการส่งข้อมูลจากบล็อกใดไปยังบล็อกใด ฟังก์ชันการทำงานของบล็อกต่างๆ ที่มีให้เลือกใช้มีตั้งแต่ฟังก์ชันการคำนวณธรรมดาไปจนถึงฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง รวมถึงฟังก์ชันการควบคุมอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต การปฏิบัติการที่เกี่ยวกับไฟล์ข้อมูลและอื่นๆ อีกมากมาย โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในระบบการจัดการแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้จะกำหนดเงื่อนไขการควบคุมตามโพลีชาร์ตด้านล่างดังรูปที่ 3.18 โดยจะอธิบายถึงหลักการกำหนดเงื่อนไขของระบบในส่วนต่าง ๆ ในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.18 โฟลว์ชาร์ตเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรม

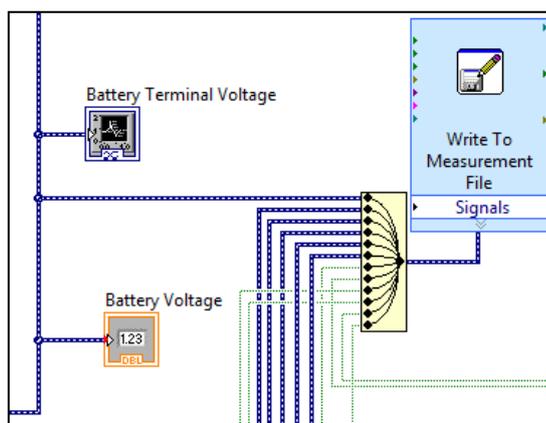


รูปที่ 3.19 Graphical Programming ของระบบการจัดการแบตเตอรี่

ในการออกแบบ โปรแกรมการเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขข้อกำหนดที่ต้องการและเพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย จึงแบ่งหลักการออกระบบในแต่ละส่วน ดังหัวข้อด้านล่างนี้ ซึ่งจะอธิบายการกำหนดค่าต่างๆในโปรแกรมการจัดการแบตเตอรี่อย่างละเอียดดังนี้

3.7.1 การกำหนดค่าการจัดการเก็บข้อมูลของระบบ (Data acquisition)

ในการจัดเก็บข้อมูลของระบบการจัดการแบตเตอรี่นี้จะใช้ ฟังก์ชัน Write to Measurement File ซึ่งจะเป็นฟังก์ชันการเก็บข้อมูลจากค่าที่ได้ในระบบการตรวจวัดแสดงผลในรูปแบบ Technical Data Management: TDM : ซึ่งจะแสดงคำอธิบายกำกับและสามารถแสดงผลในโปรแกรม Excel ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้เก็บข้อมูลของ แรงดันของแบตเตอรี่ กระแสที่ไหลตก กระแสประจุของเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องอัดประจุจากไฟฟ้ากระแสสลับ SOC และค่าของอุณหภูมิของแบตเตอรี่ โดยจะมีการเก็บค่าที่ได้ทุก ๆ 1 วินาที



รูปที่ 3.20 ฟังก์ชัน Write to Measurement File ของระบบการจัดการแบตเตอรี่

3.7.2) การกำหนดค่าการจัดการระบบไฟฟ้า (Electrical management)

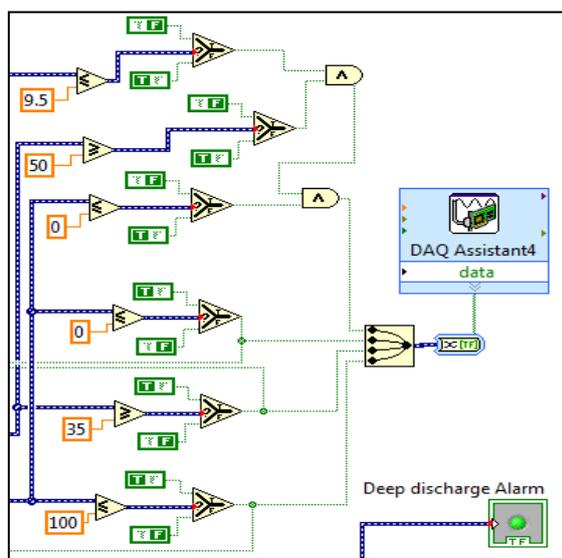
เป็นการกำหนดการจัดการค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าในระบบการจัดการแบตเตอรี่ คือ กระแสไฟฟ้าที่โหลด แรงดันไฟฟ้า สภาพความจุของแบตเตอรี่ เพื่อควบคุมการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่โดยจะออกแบบให้ได้ตามเงื่อนไขคือ ในช่วงของการประจุโดยปกติระบบจะมีการควบคุมการประจุให้มีการประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนเสมอโดยให้มีการตรวจสอบกระแสประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อกระแสประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายกระแสอัดประจุให้แบตเตอรี่ได้จึงจะให้มีการอัดประจุจากเครื่องอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับ แต่เครื่องอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อค่า SOC เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและใช้พลังงานทดแทนให้มากที่สุด และระบบจะมีการควบคุมไม่ให้ค่า SOC ของแบตเตอรี่ขณะประจุมากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าค่า SOC ถึงระดับนี้โปรแกรมจะสั่งให้ตัดวงจรของการประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ออก และในส่วนการคายประจุจะมีการควบคุมไม่ให้มีการคายประจุที่มีค่า SOC น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์จะต้องมีการอัดประจุใหม่ให้กับแบตเตอรี่แต่เมื่อไม่มีการอัดประจุใหม่ให้แบตเตอรี่ระบบจะมีการตัดการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ออกเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่จ่ายประจุมากเกินไปจนเกิดความเสียหายได้

โดยในการโปรแกรมจะใช้ฟังก์ชัน DAQ Assistance ซึ่งจะมีการกำหนดค่าต่าง ๆ ดังจะแสดงในหัวข้อด้านล่างให้สอดคล้องกับโมดูลที่ใช้ในการวัดคุม

โมดูลการควบคุมจะใช้โมดูล NI 9401 เป็นการส่งสัญญาณเพื่อนำไปควบคุมระบบโดยผ่านรีเลย์ต่าง ๆ โดยจะมีการกำหนดค่าเอาต์พุตในส่วนต่าง ๆ ในส่วนนี้จะมีค่าเอาต์พุตเป็นระดับแรงดันลอจิก 5 โวลต์จึงจำเป็นต้องใช้การขยายแรงดันก่อนเพื่อให้รีเลย์สามารถทำงานได้โดยจะเห็นการ

เขียนคำสั่งควบคุมดังรูปที่ 3.21 โดยกำหนดค่า DAQ Assistance ของ NI 9401 เป็น Line Output ซึ่งเป็นการควบคุมในแต่ละช่องว่าง เพื่อง่ายและอิสระต่อการเขียนคำสั่งควบคุม

ในการควบคุมนั้นจะนำค่าการตรวจวัดของพารามิเตอร์ของโมดูลต่าง ๆ เพื่อนำมากำหนดเงื่อนไขในการควบคุม โดยในงานวิจัยนี้ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ ค่าของระดับแรงดัน กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิโดยเขียน โปรแกรมกำหนดค่าผ่านทาง DAQ Assistance ร่วมกับโมดูล NI 9225 NI9227 และ NI 9211 โดยการกำหนดค่า DAQ Assistance ของ NI 9225 จะตั้งค่าการวัดค่าแรงดันของระบบที่ระดับ 0 ถึง 25 โวลต์ เพื่อทำการวัดค่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่และแรงดันตกคร่อมที่โหลด และ NI 9227 จะตั้งค่าการวัดค่ากระแสของระบบที่ระดับ 0 ถึง 5 แอมแปร์ เพื่อทำการวัดค่าระดับกระแสของโหลด กระแสอัดประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องอัดประจุไฟฟ้ากระแสสลับ และ NI 9211 จะตั้งค่าการวัดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ในระบบโดยเลือก เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T ย่านการวัดที่ 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส

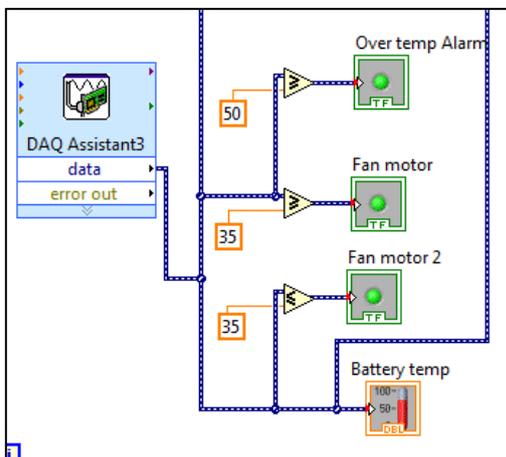


รูปที่ 3.21 ฟังก์ชัน DAQ Assistance เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าของการจัดการแบตเตอรี่

3.7.3) การกำหนดค่าการจัดการอุณหภูมิ (Thermal management)

เป็นการกำหนดค่าการจัดการระบบควบคุมอุณหภูมิของระบบแบตเตอรี่ ในการใช้งานแบตเตอรี่ในประเทศไทยคงหลีกเลี่ยงการใช้งานที่อุณหภูมิโดยรอบที่สูงไม่ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะออกแบบให้มีการระบายความร้อนให้แบตเตอรี่เมื่ออุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และตัดการทำงานของแบตเตอรี่เมื่ออุณหภูมิเกิน 50 องศาเซลเซียสเพื่อช่วยในการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

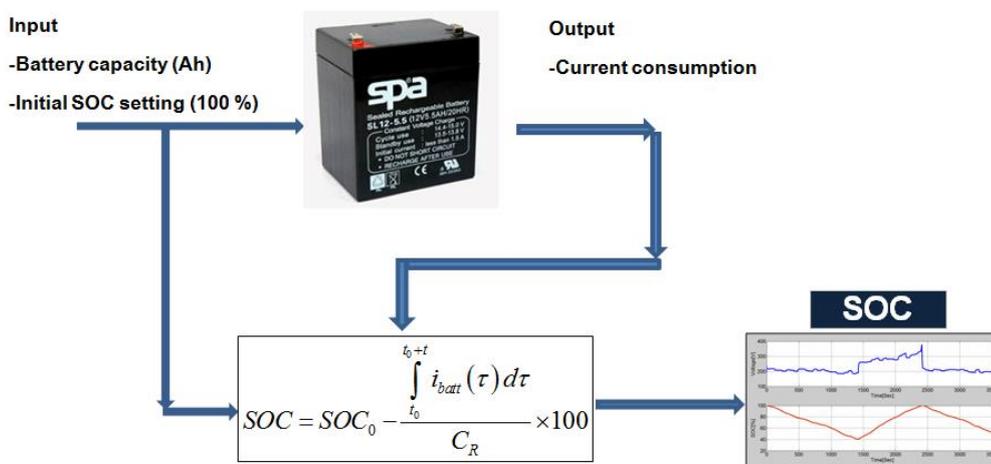
โดยในการโปรแกรมจะใช้ฟังก์ชัน DAQ Assistance ร่วมกับ โมดูล NI 9211 จะตั้งค่าการวัดอุณหภูมิของแบตเตอรี่ในระบบโดยเลือกเทอร์โมคัปเปิลชนิด T ย่านการวัดที่ 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส



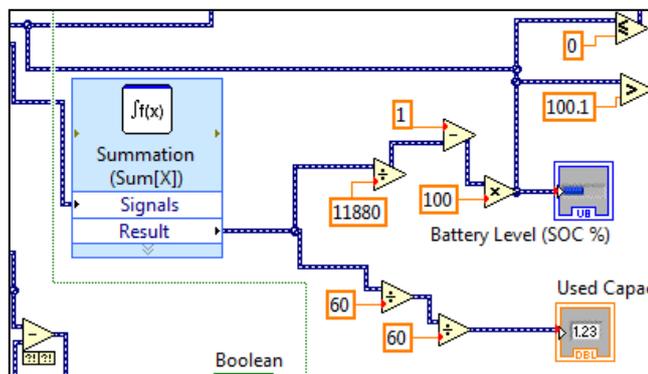
รูปที่ 3.22 ฟังก์ชัน DAQ Assistance เพื่อควบคุมระบบการจัดการอุณหภูมิ

3.7.4) การกำหนดค่าการคำนวณค่าสถานะแบตเตอรี่ (Battery state determination)

การหาค่าสถานะของแบตเตอรี่นั้นจะเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่วัดแบบทันเวลา นำมาคำนวณด้วยวิธี คูลอมป์เคาท์ตั้งโดยใช้สมการที่ 3.3 นำมาเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่า SOC เพื่อนำไปสู่การควบคุมและป้องกันระบบได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.23 ไดอะแกรมการคำนวณค่า SOC ของแบตเตอรี่ด้วยวิธีคูลอมป์เคาท์ตั้ง



รูปที่ 3.24 โปรแกรมการคำนวณหาค่าสถานะประจุของแบตเตอรี่ด้วยวิธีคูลอมป์เคาท์ติ้ง

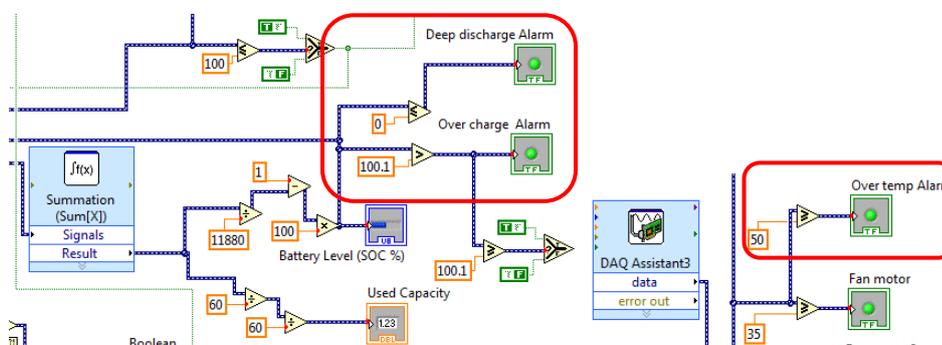
3.7.5) การกำหนดค่าโปรแกรมการจัดการระบบความปลอดภัย (Safety management)

เป็นการเขียนโปรแกรมจัดการระบบเพื่อป้องกันแบตเตอรี่ไม่ใหทำงานในสภาวะที่อันตราย โดยทำงานร่วมกับระบบควบคุมของระบบและมีการแจ้งเตือนซึ่งจะเป็นการป้องกันในสภาวะดังนี้คือ

-Deep of Discharge: เงื่อนไขจะกำหนดให้แบตเตอรี่ตัดการจ่ายโหลดเมื่ค่า SOC เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อไม่มีการอัดประจุจากระบบต่าง และมีระบบการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการสังเกต

-Over Charging: เงื่อนไขจะกำหนดให้ควบคุมแรงดันขณะอัดประจุแบตเตอรี่มีการตัดวงจรการอัดประจุออกเมื่อค่า SOC เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ และมีระบบการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการสังเกต

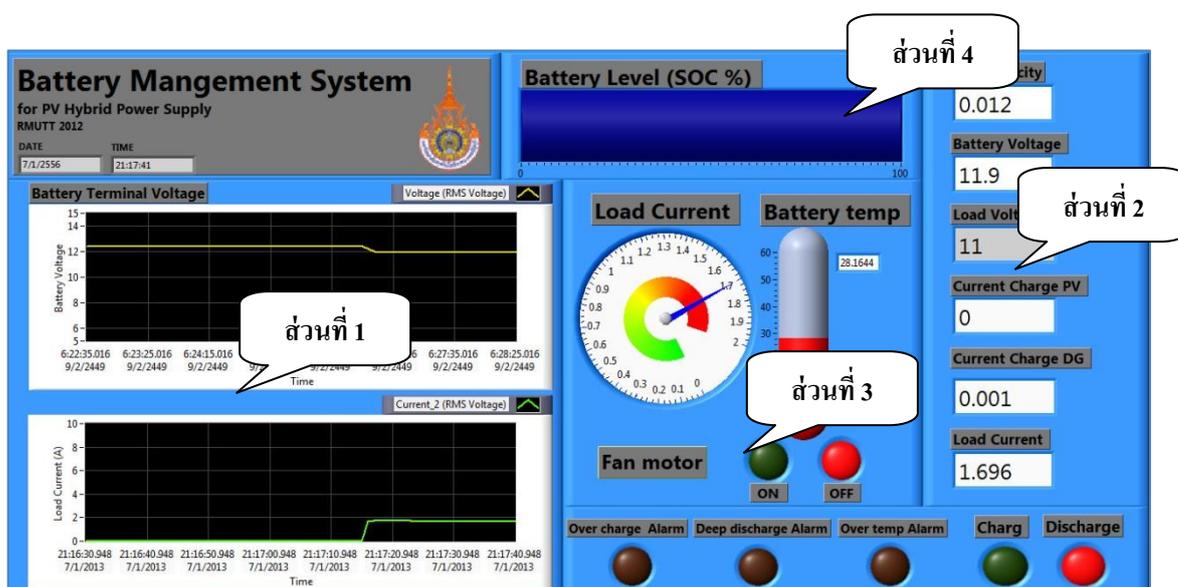
-Over Temperature: เงื่อนไขจะกำหนดให้ควบคุมอุณหภูมิของระบบโดยจะสั่งให้แบตเตอรี่หยุดการจ่ายโหลดเพื่อระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิโดยรอบเท่ากับหรือมากกว่า 50 องศาเซลเซียส และมีระบบการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการสังเกต



รูปที่ 3.25 โปรแกรมการจัดการระบบความปลอดภัย

3.8 ส่วนแสดงผลของระบบการจัดการแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

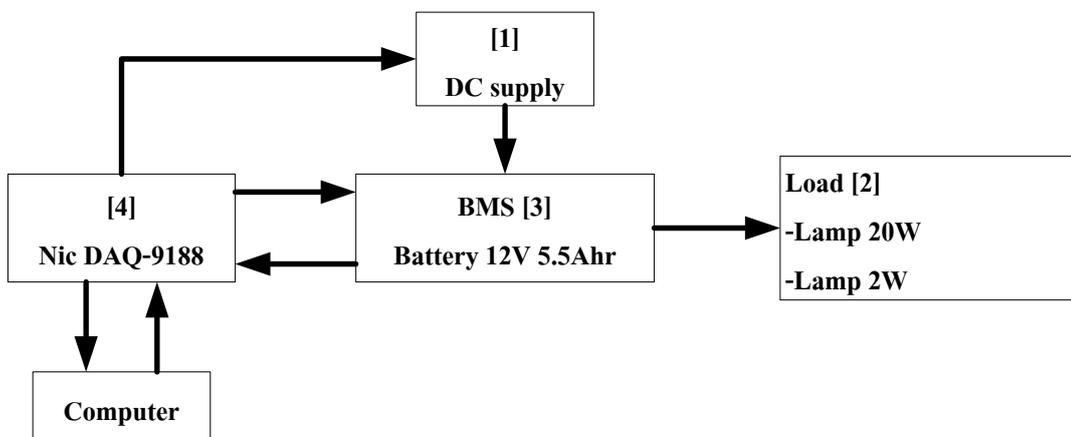
ในรูปที่ 3.26 จะแสดงส่วนแสดงผลของระบบการจัดการทั้งหมดซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่ 1 แสดงกราฟระดับแรงดันของแบตเตอรี่และกระแสที่ไหลคเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตว่าระบบอยู่ในสถานะที่ปกติหรือไม่ ในส่วนที่ 2 เป็นการแสดงผลที่เป็นตัวเลขจะแสดงค่าแรงดันของแบตเตอรี่ แรงดันตกคร่อมที่โหลด กระแสประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ในส่วนที่ 3 เป็นส่วนแสดงผลกราฟิกจะแสดงสถานะประจุของแบตเตอรี่และอุณหภูมิของระบบ และในส่วนที่ 4 แสดงระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการมองเห็น



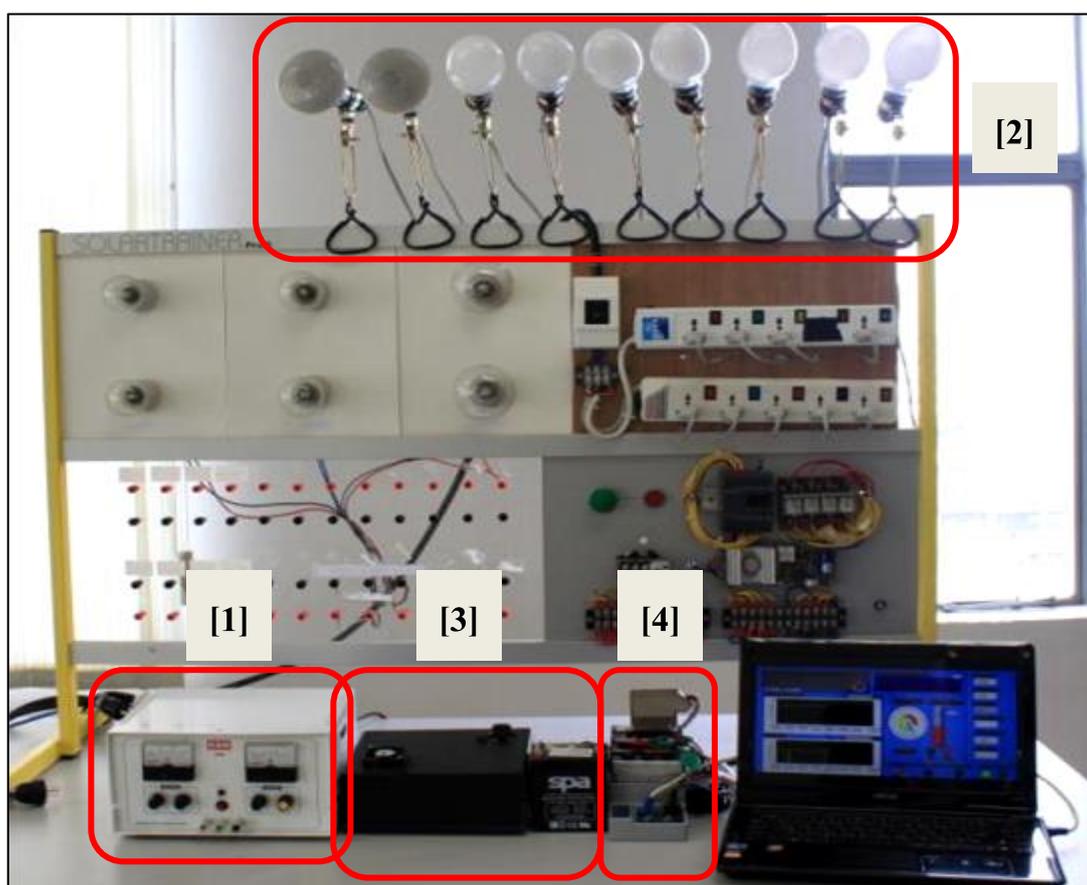
รูปที่ 3.26 ส่วนแสดงผลของระบบการจัดการแบตเตอรี่ที่นำเสนอ

3.9 ระบบฮาร์ดแวร์ของระบบการจัดการแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

ในรูปที่ 3.27 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบฮาร์ดแวร์และรูปที่ 3.28 แสดงระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบการจัดการสถานะการอัดประจุและคายประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานที่ใช้โปรแกรม LabVIEW ทดสอบ ประกอบไปด้วยส่วนที่ 1 คือแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เพื่อทดสอบสถานะการอัดประจุของแบตเตอรี่ ส่วนที่ 2 เป็นโหลดที่ใช้ในการทดสอบการคายประจุให้แบตเตอรี่ ส่วนที่ 3 เป็นระบบจัดการแบตเตอรี่ซึ่งจะประกอบไปด้วยแบตเตอรี่และระบบควบคุมและในส่วนที่ 4 เป็นส่วนสื่อสารควบคุมและตรวจวัดต่าง ๆ โดยใช้ระบบ Local Area Network : LAN ผ่านทาง Nic DAQ-9188 ทำงานร่วมกับโมดูล NI9335 NI9227 NI 9211 และ NI9401



รูปที่ 3.27 ไคอะแกรมระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบการจัดการ



รูปที่ 3.28 ระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบการจัดการสถานะการอัดประจุและคายประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในระบบพลังงานทดแทนโดยใช้โปรแกรม LabVIEW

3.10 สรุปผลขั้นตอนและวิธีการทดลอง

จากขั้นตอนการออกแบบระบบและวิธีการทดลองของเนื้อหาที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น สามารถสรุปเนื้อหาทั้งหมดได้ดังนี้ คือ ในส่วนที่ 1 จะเป็นการออกแบบการจำลองการทำงานของแบตเตอรี่ ด้วยโปรแกรม MatLab/Simulink จากแบตเตอรี่โมเดลที่มีอยู่ในโปรแกรม โดยจะทำการจำลองค่าคุณสมบัติในช่วงการคายประจุและอัดประจุของแบตเตอรี่ เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า SOC กับระบบจริงที่ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการออกแบบเพื่อนำมาพิสูจน์ผลการทดสอบในทางทฤษฎีว่า ระบบจริงที่ออกแบบสามารถแสดงสถานะประจุของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดได้หรือไม่ ในส่วนที่ 2 จะเป็นการออกแบบการทดลองเปรียบเทียบค่า SOC ในช่วงการประจุและอัดประจุในเครื่อง MTB กับ ระบบจริงที่ใช้โปรแกรม LabVIEW และในที่สุดท้ายจะเป็นการออกแบบระบบการจัดการสถานะการประจุและคายประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในระบบพลังงานทดแทนที่ใช้โปรแกรม LabVIEW โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อในแต่ละส่วนได้ดังนี้

- 1) การกำหนดค่าการจัดการเก็บข้อมูลของระบบ (Data acquisition)
- 2) การกำหนดค่าการจัดการระบบไฟฟ้า (Electrical management)
- 3) การกำหนดค่าการจัดการอุณหภูมิ (Thermal management)
- 4) การกำหนดค่าโปรแกรมการคำนวณค่าสถานะแบตเตอรี่ (Battery state determination)
- 5) การกำหนดค่าโปรแกรมการจัดการระบบความปลอดภัย (Safety management)

ดังที่กล่าวมาจะนำไปทดสอบการทำงานของระบบในแต่ละส่วน โดยจะแสดงผลการทดลองที่ได้ในบทต่อไป