รายงานการวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

A Proper Sizing Study and Design of Performance Monitoring Systems Prototype for Combined Solar power and Energy Storage Systems

นฤมล วันน้อยและคณะ
สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2563

รหัสโครงการสัญญา PCRU_2563_TSRI005

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

A Proper Sizing Study and Design of Performance Monitoring Systems Prototype for Combined Solar power and Energy Storage Systems

นฤมล วันน้อย สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ชัยสิทธิ์ วันน้อย สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดย ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม
ประจำปีงบประมาณ 2563

ชื่องานวิจัย การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน
ผู้วิจัย นฤมล วันน้อย
สาขาวิชา เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ **ปีเสร็จวิจัย** 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ในการพัฒนา การเพิ่มผลผลิต และลดการใช้จากพลังงานภายนอก โดยในการศึกษาวิจัยนั้นได้มุ่งเป้าและออกแบบสำหรับระบบปศุสัตว์กลุ่มโคเนื้อในพื้นอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบจะเป็นชนิดติดตั้งบนหลังคา และในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาเพื่อสร้างระบบต้นแบบในการตรวจวัดและแสดงผลสมรรถนะของระบบหรือขบวนการในการผลิต เพื่อทำการตรวจเช็คและวางแผนซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดกักเก็บพลังงานนั้นสามารถจ่ายโหลดได้ครอบคลุมการใช้พลังงานในส่วนของโรงเลี้ยงโคเนื้อ ซึ่งสามารถลดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกได้ถึง 25 % และระบบเฝ้ามองสมรรถนะสามารถแสดงผลเพื่อการตรวจสอบของระบบได้แบบเรียลไทม์พร้อมระบบแจ้งเตือนหากเกิดปัญหาขึ้นในระบบการผลิต โดยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อต่อยอดด้านนวัตกรรมด้านการผลิตไฟฟ้า หากกลุ่มเกษตรกรมีการสร้างระบบผลิตไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนชนิดอื่น ๆ ก็ยังสามารถสร้างเป็นระบบโครงข่ายขนาดเล็กเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานได้

คำสำคัญ : ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบเฝ้ามองสมรรถนะ

Research title A Proper Sizing Study and Design of Performance Monitoring Systems Prototype for Combined Solar power and Energy Storage Systems

Researcher Name Narumon Wannoi

Department Electrical Technology

Phetchabun Rajabhat University **Year** 2020

ABSTRACT

This research presents determine a proper sizing study and design of performance monitoring systems prototype for solar power and energy storage systems to use in development productivity and reduce the external energy consumption. In this study, it was aimed and designed for the beef cattle system in Muang District, Phetchabun Province. The solar power generation system in this research is designed to be installed on the roof. This research also studies to create a prototype system for measuring and monitoring the performance of a system or process in a production to perform inspections and maintenance plans. The research found that the solar power generation system with the energy storage unit can supply the load to cover the energy consumption of the beef cattle house, which can reduce the external electricity consumption by up to 25%. Performance monitoring system can be displayed the system in real time and alert if problems occur in the system. In further, this solar power generation system can be developed to the innovation in power generation. If farmers have built a widespread power generation system, whether it is generating electricity from other types of renewable energy, it can be built into a micro grid for energy security.

Keywords: Solar Power System, Energy Storage System, Performance Monitoring System

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำและการให้คำปรึกษาจาก รศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา, ผศ.ดร.ชาย ชมภูอินไหวและคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้าซึ่งเป็นอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ซึ่งให้คำแนะนำต่าง ๆ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย และคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีและขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่องและทำให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากงานวิจัยฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นฤมล วันน้อย

23 พฤศจิกายน 2563

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 สมมุติฐานการวิจัย	2
	1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	5
	1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	6
	1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย	7
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	8
	2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องงานวิจัย	9
	2.3 หนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	25
บทที่ 4	ผลการวิจัย	27
	4.1 ผลการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	27
	4.2 ผลการศึกษารูปแบบของความเข้มแสงในพื้นที่และปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า	29
	4.3 ผลการศึกษาปริมาณโหลดและจัดเรียงลำดับความสำคัญ	33
	4.4 ผลการออกแบบขนาดกำลังผลิตและชุดกักเก็บพลังงาน	33
	4.5 การติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าแผงโซลาเซลล์และชุดกักเก็บพลังงาน	39
	4.6 ผลการออกแบบชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน	47

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	4.7 ผลการทำงานชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน	51
บทที่ 5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	57
	5.1 สรุปผลการวิจัย	57
	5.2 อภิปรายผล	58
	5.3 ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม		59
ประวัตินักวิจัย		61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่จุดต่อร่วม	22
2.2	ขีดจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่จุดต่อร่วม	23
4.1	ค่าความเข้มแสงรอบบริเวณโรงเลี้ยงโคเนื้อ 1	29
4.2	ปริมาณโหลดและช่วงเวลาในการทำงานของโหลด	30
4.3	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดต่อวัน (24 ชม.)	31
4.4	จัดเรียงลำดับความสำคัญของโหลดLV)	33
4.5	ค่าคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	34

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	3
1.2	เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย	4
1.3	เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	5
2.1	ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์	10
2.2	ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม	10
2.3	ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน	11
2.4	ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม	11
2.5	ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน	12
2.6	การประกอบเซลล์จนเป็นอาร์เรย์	12
2.7	แผงเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.8	อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.9	อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์	14
2.10	สัญลักษณ์อินเวอร์เตอร์ในวงจรไฟฟ้า	14
2.11	โปรแกรมที่ใช้ใน LabVIEW	17
2.12	รูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์	19
3.1	แผนผังการวิธีดำเนินการวิจัย	26
4.1	แผนผังการทำงานระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานโดยมีกำลังไฟฟ้าสำรองจากระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	27
4.2	ระบบเฝ้ามองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน	28
4.3	เครื่องมือตรวจวัดค่าความเข้มแสง	29
4.4	ปริมาณโหลดคอกโคเนื้อ 1	32
4.5	ปริมาณกำลังผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ และปริมาณโหลดคอกโคเนื้อ 1	32
4.6	วงจรการต่อชุดแบตเตอรี่จัดเก็บพลังงาน	36
4.7	การต่อชุดแบตเตอรี่จัดเก็บพลังงานจริง	36
4.8	การติดตั้งชุด Solar Power Inverter	39
4.9	การติดตั้งชุด Charger	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	การเดินสายไฟฟ้าและติดตั้งจุดจ่ายไฟเพื่อจ่ายไฟสำหรับโหลดในฟาร์ม	40
4.11	การติดตั้งจุดจ่ายไฟเพื่อจ่ายไฟสำหรับโหลดในฟาร์ม	40
4.12	รูปแบบการติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์	41
4.13	แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์	41
4.14	การติดตั้งชุดแบตเตอรี่	42
4.15	การทดสอบแรงดันในการชาร์จ	42
4.16	การทดสอบระดับแรงดันระบบก่อนจ่ายไปยังโหลดในระบบ	43
4.17	การทดสอบระดับแรงดันระบบโซล่าเซลล์ก่อนจ่ายไปยังโหลดในระบบ	43
4.18	หน้าจอการทำงานการทดสอบระบบขณะจ่ายโหลด	44
4.19	การทดสอบปริมาณกระแสของการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด	44
4.20	การทดสอบปริมาณแรงดันของการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด	45
4.21	การทดสอบจ่ายและการทำงานระบบส่องสว่างไฟไล่แมลง	45
4.22	การทดสอบจ่ายและการทำงานไฟสปอร์ตไลท์	45
4.23	การทดสอบจ่ายและการทำงานของตู้แช่	46
4.24	การทดสอบจ่ายและการทำงานระบบไฟรั้ว	46
4.25	หน้าจอการตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน	47
4.26	หน้าจอการตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าขาออก	48
4.27	โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่	48
4.28	โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันแผลโซล่าเซลล์	49
4.29	โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์	50
4.30	โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กฟภ.)	51
4.31	ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่	51
4.32	ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงตัวเลขทั้ง 3 แผง	52
4.33	ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงด้วยกราฟทั้ง 3 แผง	52
4.34	ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงด้วยกราฟทั้ง 3 แผง	53
4.35	ผลการตรวจวัดระดับค่าฮาร์มอนิกส์ในรูปแบบ 3 มิติ	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า
4.36 ผลการตรวจวัดค่าฮาร์มอนิกส์สเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า 54
4.37 ผลการตรวจคุณภาพโดยรวมของแรงดันไฟฟ้าด้านออกของชุดอินเวอร์เตอร์ 54
4.38 ผลการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง 55
4.39 ภาพรวมของผลการตรวจวัดสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน 55
4.40 ภาพรวมของผลการตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าด้านออกชุดอินเวอร์เตอร์ 56

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้านั้นมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการพัฒนาระบบการเกษตรและปศุสัตว์เพื่อพัฒนาและเพิ่มผลการผลิต ซึ่งจะดีเป็นอย่างยิ่งหากระบบผลิตไฟฟ้านั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับระบบเกษตรกรรมและปศุสัตว์ในพื้นที่ห่างไกลระบบไฟฟ้าหรือระบบที่ต้องการลดการใช้พลังงานจากภายนอก แต่ในการติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะมีค่าในส่วนการลงทุนและดูแลรักษาค่อนข้างสูง ดังนั้นการออกแบบการติดตั้งเพื่อกำหนดหาขนาดที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นกำลังการผลิต จำนวนแผงของเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดของชุดกักเก็บพลังงานซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้ ก็คือต้นทุนในการผลิตหากมีขนาดใหญ่มากก็สิ้นเปลืองเงินลงทุนและขนาดเล็กไปก็ไม่เพียงพอและหากระบบติดตั้งแล้วจะมีการตรวจสอบได้อย่างไรว่าระบบยังทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมีอุปกรณ์ตัวไหนประสิทธิภาพลดลงหรือว่าเสียหาย ซึ่งการซ่อมบำรุงรักษาเหล่านี้หากกำหนดแผนบำรุงรักษาไม่เหมาะสมก็สิ้นเปลือง และถือเป็นต้นทุนอีกอย่างหนึ่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานนำระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้ในการพัฒนา, เพิ่มผลผลิตและลดการใช้จากพลังงานภายนอก โดยในการศึกษาวิจัยนั้นได้มุ่งเป้าและออกแบบสำหรับระบบปศุสัตว์กลุ่มโคเนื้อในพื้นอำเภอเมืองจังหวัดเพรชบูรณ์ โดยระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคา ซึ่งการหาขนาดที่เหมาะสมระหว่างขนาดกำลังการผลิตของแผงโซลาเซลล์และขนาดชุดกักเก็บพลังงาน ซึ่งขนาดของทั้งสองส่วนเป็นสิ่งสำคัญและเป็นปัจจัยพื้นฐานแรกในการออกแบบว่าจะต้องกำหนดเท่าไหร่ที่เหมาะสม ดังนั้นในการออกแบบนั้นจะต้องออกแบบโดยคำนึงถึงและให้สอดคล้องกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้พลังงานของโหลดและปริมาณความเข้มแสงในพื้นที่นั้นๆ โดยกำลังไฟฟ้าที่กักเก็บนั้นต้องสามารถรองรับปริมาณโหลดในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งข้อมูลในการตรวจวัดเหล่านี้มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบ และในงานวิจัยยังได้ศึกษาเพื่อสร้างระบบต้นแบบในการตรวจวัดและแสดงผลสมรรถนะของระบบหรือขบวนการในการผลิตและประเมินกำลังไฟฟ้าสำหรับการกักเก็บพลังงาน โดยในการศึกษาวิจัยนั้นจะเริ่มศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงาน และศึกษารูปแบบของความเข้มแสงในพื้นที่และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า (ปริมาณโหลด) ทุกๆ ชั่วโมงในรอบวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกใช้ในการศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบเพื่อกำหนดขนาดกำลังผลิต กำหนดจำนวนแผงโซลาเซลล์และชุดกักเก็บพลังงานที่ความเหมาะสม

นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยยังได้คิดค้นพัฒนาระบบต้นแบบในการตรวจวัดและเฝ้ามองสมรรถนะของระบบซึ่งประกอบไปด้วย ชุดติดตามสรรถนะของแผงโซลาเซลล์, ชุดติดตามสรรถนะและประสิทธิภาพของชุดอินเวอร์เตอร์, ชุดติดตามสรรถนะและกำลังสำรองของชุดกักเก็บพลังงาน, ชุดติดตาม

สมรรถนะกำลังการผลิตและปริมาณของโหลดไฟฟ้าของระบบ ซึ่งระบบนี้แสดงให้เห็นสมรรถนะในแต่ละส่วนและง่ายต่อการวางแผนบำรุงรักษาและง่ายต่อการจัดการด้านพลังงานโดยเช่น ชุดติดตามสรรถนะของแผงโซลาเซลล์ ซึ่งแผงโซลาเซลล์นั้นจะถูกติดตั้งไว้บนหลังคาซึ่งยากต่อการตรวจวัดและบำรุงรักษา ระบบนี้จะช่วยตรวจวัดและแสดงผลสมรรถนะของแต่ละแผงหากแผงใดผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยกว่าชุดอื่นก็จะแสดงผลและเตือนเพื่อทำการตรวจเช็คและวางแผนซ่อมบำรุงรักษาซึ่งที่หากกลุ่มเกษตรกรมีการสร้างระบบผลิตไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนชนิดอื่นๆก็ยังสามารถสร้างเป็นระบบโครงข่ายหรือกริดขนาดเล็กเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในโครงงานวิจัยนั้นได้แบ่งวัตถุประสงค์หลักออกเป็นดังนี้

1.2.1 เพื่อทำการศึกษาเพื่อนำเสนอเทคนิคในการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ตามขนาดและรูปแบบการเปลี่ยนของโหลดไฟฟ้าแบบอิสระ (PV Standalone system)

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) และระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่สำหรับโหลดไฟฟ้าสำหรับฟาร์มโคเนื้อตัวอย่างของปศุสัตว์กลุ่มโคเนื้อในพื้นอำเภอเมืองจังหวัดเพรชบูรณ์

1.2.3 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบระบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานสำหรับฟาร์มโคเนื้อตัวอย่างของปศุสัตว์กลุ่มโคเนื้อในพื้นอำเภอเมืองจังหวัดเพรชบูรณ์

1.2.4 เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์

1.3 สมมุติฐานและทฤษฎีในการวิจัย

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนั้นก็จะประกอบไปด้วยการศึกษาในส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นนั้นสามารถนำเสนอได้ดังนี้

1.3.1 การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

เซลล์ แสงอาทิตย์ หรือโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงาน ไฟฟ้าได้โดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้เปล่า ไม่มีของเสียที่จะทำให้เกิดมลพิษขณะใช้งาน เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ไม่

มีการเคลื่อนไหวใด ๆ ขณะทำงาน จึงไม่มีปัญหาด้านความสึกหรอ หรือต้องการการบำรุงรักษาเหมือนอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบอื่นๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ด้วยน้ำมันดีเซล นอกจากนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ยังมีน้ำหนักเบาจึงทำให้ได้อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักได้ดีที่สุดระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์และชุดแปรงกระแสไฟฟ้า (อินเวอร์เตอร์) โดยมีหลักการทำงานของระบบดังนี้

-เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดจะผลิตกระแสไฟฟ้าตรง ผ่านระบบควบคุมเข้าอินเวอร์เตอร์

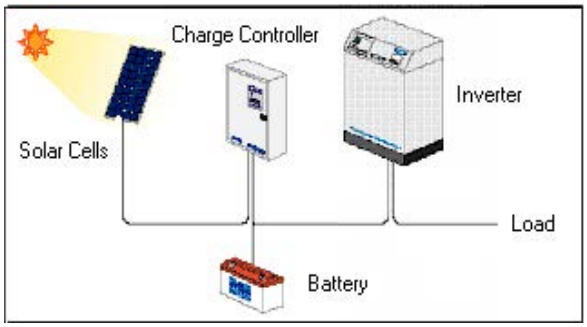
-อินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์

1.3.2 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1.3.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system)

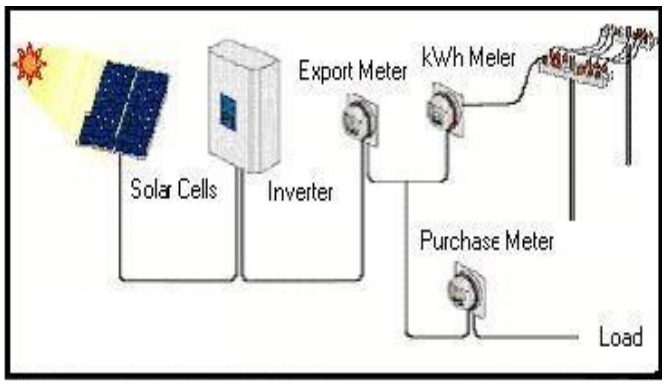
เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น



รูปที่ 1.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

1.3.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงาน



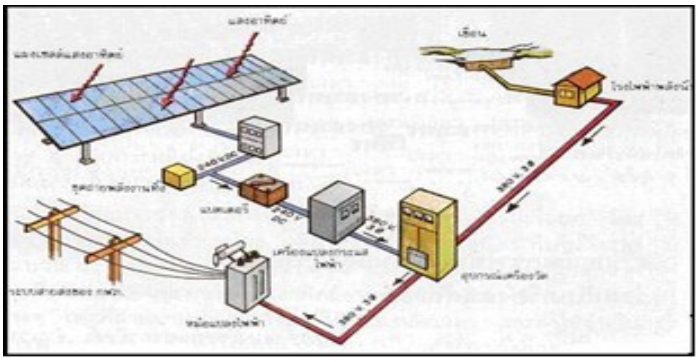
รูปที่ 1.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

1.3.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล มีหลักการทำงาน กล่าวคือ

ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi-function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลม จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีพลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้ เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงาน กล่าวคือจะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลดพร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที และจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ปริมาณตามพิกัดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะออกแบบการทำงานในลักษณะของระบบที่ 8.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) โดยกำลังไฟฟ้าที่ได้จะจ่ายให้กับโหลดที่ใช้ในระบบการเกษตรกรรมเช่น ระบบสูบน้ำ บำบัดน้ำ ระบบแสงสว่าง ระบบฉีดพ่นน้ำหมักเพื่อไล่แมลง เป็นต้น



รูปที่ 1.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานนั้นได้กำหนดแนวทางหรือวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.4.1 ทำการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงานและระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1.4.2 ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลรูปแบบของความเข้มแสงในพื้นที่, รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า (ปริมาณโหลดในฟาร์มโคเนื้อ) เฉลี่ยในแต่ละรอบวัน และชนิดของโหลดไฟฟ้า

1.4.3 ทำการศึกษาและจัดเรียงลำดับความสำคัญของโหลดเพื่อการจัดการพลังงานในการจัดเก็บพลังงานที่เหมาะสมบนฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าจากขบวนการผลิตสูงสุด

1.4.4 ทำการศึกษาเทคนิคในการออกแบบขนาดกำลังผลิตและชุดกักเก็บพลังงานที่ความเหมาะสมสำหรับโหลดในช่วงในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์และเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และปริมาณโหลด (ภายใต้แนวคิดโดยกำลังการผลิตโดยรวมจะเท่ากับปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยโดยรวม) เพื่อลดการใช้พลังงานภายนอกให้มากที่สุด

1.4.5 ทำการศึกษาออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ร่วมกับชุดจัดเก็บข้อมูล (DAQ) ซึ่งประกอบไปด้วย

1.4.5.1 ชุดติดตามสรรถนะของแผงโซลาเซลล์

1.4.5.2 ชุดติดตามสรรถนะและประสิทธิภาพของชุดอินเวอร์เตอร์

1.4.5.3 ชุดติดตามสรรถนะและกำลังสำรองของชุดกักเก็บพลังงาน

1.4.5.4 ชุดติดตามสมรรถนะกำลังการผลิตและปริมาณของโหลดไฟฟ้าของระบบ

1.4.6 ทำการติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานพร้อมระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดสอบการใช้งานและบันทึกผล

1.4.7 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และถ่ายทอดองค์ความรู้งานวิจัย

1.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.5.1 กำลังไฟฟ้า (Electrical Power)

คือคุณลักษณะกระแสแรงดัน และความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการเสียหาย

1.5.2 แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

คือแรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนเพื่อทำให้อิเล็กตรอนไหลในสายไฟ

1.5.3 กระแสไฟฟ้า (Current)

คือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ เมื่อเกิดสภาพขาดอิเล็กตรอนจึงจ่ายประจุไฟฟ้าลบออกไปแทนที่ ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟจนกว่าประจุไฟฟ้าบวกจะถูกทำให้เป็นกลางหมด การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟ

1.5.4 แผงโซลล่าเซลล์ (Solar panel หรือ Photovoltaics)

คือ การนำเอา โซล่าเซลล์ จำนวนหลายๆเซลล์ มาต่อวงจรรวมกัน อยู่ในแผงเดียวกัน เพื่อที่จะทำให้สามารถผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

1.5.5 แบตเตอรี่ (Battery)

คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution)

1.5.6 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Power System)

คือระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (direct current หรือ DC) เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ และเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้า เข้าอุปกรณ์แปลงผันไฟฟ้า ชนิดต่อเข้าระบบจำหน่าย (grid connected inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (alternative current หรือ AC) ก่อนเชื่อมต่อเข้ากับ

1.5.7 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System)

คือระบบหรืออุปกรณ์ซึ่งสามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่น เพื่อกักเก็บไว้ใช้งานในเวลาอื่น เมื่อจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบกักเก็บพลังงานจะแปลงพลังงานที่กักเก็บไว้กลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าอีกครั้งและจ่ายคืนสู่ระบบต่อไป

1.5.8 ระบบเฝ้ามองสมรรถนะ (Performance Monitoring System)

คือระบบตรวจสอบและแสดงผลการทำงานระบบเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพและการวางแผนในการซ่อมบำรุงระบบ

1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.6.1 ได้พัฒนาและใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.6.2 ได้นำแสนอเทคนิคในการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ตามขนาดและรูปแบบการเปลี่ยนของโหลดไฟฟ้าแบบอิสระ (PV Standalone system)

1.6.3 ได้เครื่องต้นแบบในการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) และระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่สำหรับโหลดไฟฟ้าฟาร์มโคเนื้อ

1.6.4 ได้เครื่องต้นแบบระบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

1.6.5 เป็นแหล่งเรียนรู้และพัฒนาการใช้เทคโนโลยีในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

บทที่ 2
วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นในการศึกษาการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ง่ายขึ้นจึงได้แบ่งส่วนการศึกษาในบทนี้ออกเป็นสองส่วนใหญ่คือ การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย ส่วนที่สองทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย และส่วนสุดท้ายคือหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวรรณกรรม สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง กับโครงงานวิจัยสามารถแสดงได้ดังนี้ การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) นั้นมีการนำเสนอบทความในการออกแบบเพื่อการศึกษาและการนำไปใช้งาน ซึ่งหนึ่งในบทความนั้นคุณนพดล รุ่งสวาท [1] วิศวกรไฟฟ้าชำนาญการ ส่วนวิชาการวิศวกรรม สำนักส่งเสริมและพัฒนางานเทคนิค กปส. นั้นได้กล่าวถึงการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยได้อธิบายตั้งแต่ชนิดของโซล่าเซลล์ที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันและการนำแผงโซล่าเซลล์ หรือ PV Module หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ มาต่อใช้งานร่วมกันหลายๆแผงหรือหลายๆ Module เพื่อใช้เป็น แนวทางในการออกแบบระบบ ผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ การเลือกจัดหาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้กับระบบ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน และการจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับพลังงานทดแทนมีจำหน่ายในปัจจุบัน อีกทั้ง การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตามดวงอาทิตย์ คุณกฤชนนนท์ สวนจันทร์ [2] ได้นำเสนอการออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบบติดตามดวงอาทิตย์ออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบติดตามดวงอาทิตย์พบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกนมีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุด มากกว่าการติดตั้งแบบมุมคงที่(Fixed system) ประมาณร้อยละ 30-40 และ Website solarcellthailand96.com [3] ได้นำเสนอส่วนวิธีการคำนวณ และ ออกแบบระบบโซล่าเซลล์ สูตรคำนวณ แบตเตอรี่ ในส่วนระบบหรือการออกแบบชุดเฝ้ามองได้มี Mr.Chow chompooinwai and Jade Munkornassawakul ได้นำเสนอบทความเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าอัจฉริยะโดยใช้โปรแกรมแลปวิวร่วมกับชุด Data Scquisition (DAQ) ในระบบตรวจเฝ้ามองสำหรับพลังงานทดแทน [4] ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้พัฒนาและมุ่งเน้นในการศึกษาวิจัยเพื่อนำเสนอเทคนิคในการกำหนดขนาดที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะกล่าวถึงการคำนวณหาจำนวนขนาดและจำนวนแผงที่เหมาะสมกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของโหลดและยังได้นำเสนอการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานการเพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องงานวิจัย

2.2.1 การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ระบบ (ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) คือ

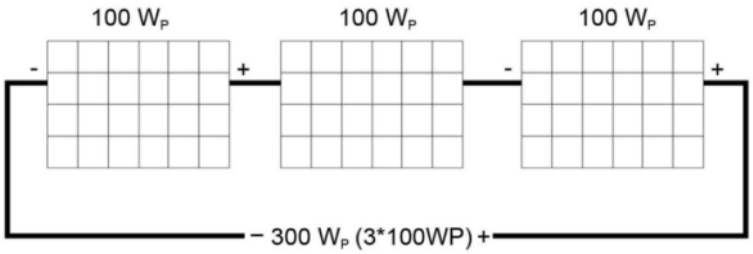
2.2.1.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV standalone system) (ที่มา: https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/types-of-pv-systems/) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อใช้งานตรงกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง และอีกรูปแบบหนึ่งคือ นำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Solar charge controller) ซึ่งต่ออยู่ถัดมาและกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการใช้งานของโหลด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ ควบคุมการประจุสามารถนำได้ใช้งานโดยการต่อกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรงได้เลยและในขณะเดียวกัน ถ้ากำลังไฟฟ้า เหลือก็สามารถนำไปชาร์ตเข้าแบตเตอรี่ (ควรเลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แบบ Deep cycle) และถัดมาเป็นอุปกรณ์ แปลงผันพลังงานเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ โดยโหลดที่ใช้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับ ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.1.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า (PV grid connected system) ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าโดยอุปกรณ์ของระบบที่สำคัญ ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งนำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอินเวอร์เตอร์โดยต่อผ่านกล่องต่อสายและเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการใช้งานของโหลด ซึ่งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงโดยการต่อกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรง หรือแปลง เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับและในขณะเดียวกัน ก็สามารถต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้า ผ่านสวิตช์ตัดตอนและมิเตอร์กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบโครงข่ายไฟฟ้าเข้าถึง

2.2.1.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) ระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ อุปกรณ์ของระบบ ที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งนำมาต่อให้ได้แรงดันตามความต้องการของอุปกรณ์แปลงผันพลังงาน แบบผสมผสาน (Hybridge inverter) โดยสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันลมผลิตไฟฟ้า และแบตเตอรี่ โดยไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้อาจจะนำไปใช้กับซึ่งสามารถนำไปใช้กับโหลดไฟฟ้า กระแสสลับ 230Vac และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า

2.2.2 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์

เมื่อเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างอาร์เรย์ พลังงานทั้งหมดจากอาเรย์ คือผลรวมของพลังงาน ของแต่ละแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตัวอย่างเช่น มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามแผงขนาด 100 วัตต์สูงสุด และจะต้องเชื่อมต่อทั้งแบบอนุกรมหรือแบบขนานก าลังไฟฟ้าทั้งหมดจากอาร์เรย์จะเท่ากับ 300 วัตต์สูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.1

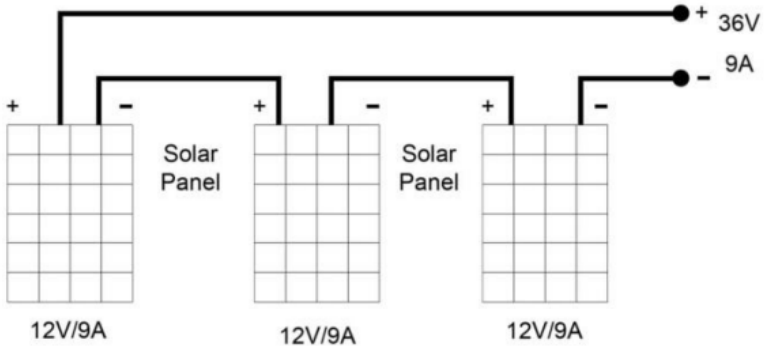


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์

การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างอาร์เรย์สามารถทำได้3 วิธีดังนี้ 1) การต่อแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2) การต่อแบบขนาน เพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3) การต่อแบบผสม เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขาออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การต่อแบบอนุกรม เมื่อต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกัน (มีพารามิเตอร์เดียวกัน)

2.2.2.1 แบบอนุกรม

จะได้แรงดันไฟฟ้า ขาออกที่สูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผงและกระแสไฟฟ้าขาออกของแต่ละแผงจะมีค่าเท่ากัน ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ขั้วบวก (+) ของแผงจะต้องต่อกับขั้วลบ (-) ของแผงถัดไปในอาร์เรย์ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ตัวอย่างเช่น มีแผง เซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง แต่ละแผงมีขนาด 12 โวลต์ และ 9 แอมป์ต่อแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้า และ กระแสไฟขาออกของอาร์เรย์นั้น 36 โวลต์/ 9 แอมป์ ตามลำดับ

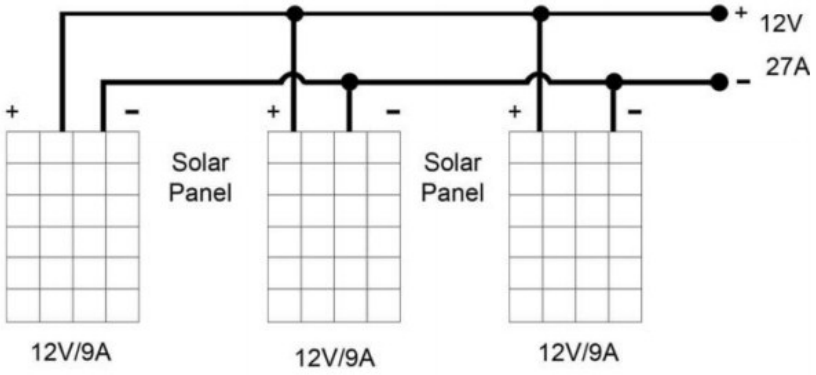


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบอนุกรม

2.2.2.2 การต่อแบบขนาน

การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน กระแสไฟฟ้าขาออกจะสูงขึ้น กระแสไฟฟ้า ขาออกจะเพิ่มขึ้นเท่ากับผลรวมของกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง และแรงดันไฟฟ้าขาออกของแต่ ละแผงจะมีค่าเท่ากัน ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน ขั้วบวก (+) ของแต่ละแผงจะต่อเข้าด้วยกัน และขั้วลบ (+) ของแต่ละแผงก็จะต่อเข้าด้วยกันในอาร์เรย์ดัง

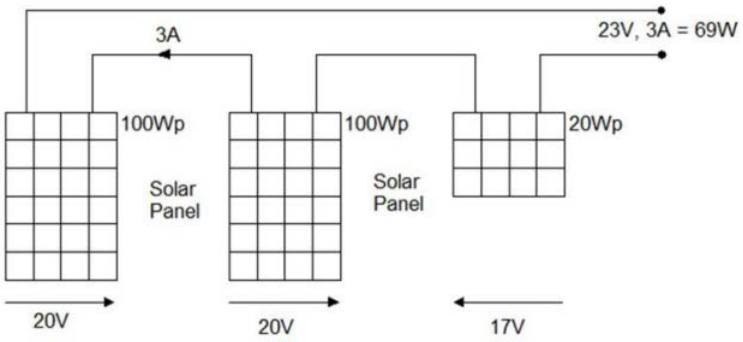
แสดงในรูปที่ 2.3 ตัวอย่างเช่น มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 แผง แต่ละแผงมีขนาด 12 โวลต์และ 9 แอมป์ ต่อแบบขนาน แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟ ขาออกของอาร์เรย์นั้น 12 โวลต์ / 27 แอมป์ ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมือนกันแบบขนาน

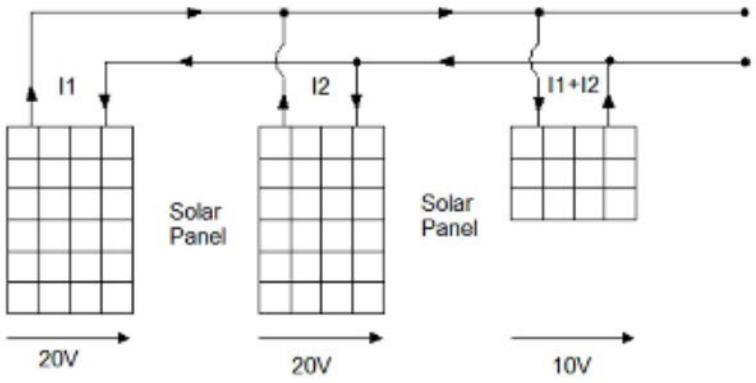
2.2.2.3 การต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอาร์เรย์ในกรณีแผงมีกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ถ้าต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าต่างกันกำลังไฟฟ้าขาออกจากอาร์เรย์จะได้น้อยกว่า ผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมดูล กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปนั้นขึ้นอยู่กับแบบของการต่อ ความแตกต่าง ระหว่างโมดูล และโหมดการทำงาน เมื่อต่อโมดูลที่มีกระแสต่างกันแบบอนุกรมกับโหลด (ตัวควบคุมการประจุ และแบตเตอรี่) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โมดูลที่มีกระแสไฟต่ำจะกลายเป็นตัวต้านทานหรือโหลดในวงจร โมดูลที่มี กระแสสูงจะสร้างกระแสที่ไหลผ่านวงจร กระแสจะลดลงเนื่องจากความต้านทานของโมดูลกระแสต่ำ และสร้างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมนี้มีขั้วไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามดังนั้น จึงลดแรงดันไฟฟ้ารวมของการเชื่อมต่ออนุกรมของโมดูลทั้งหมด นอกจากนี้ยังใช้พลังงานของโมดูลอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น แรงดันตกคร่อมโมดูลกระแสต่ำปรับตัวลดลงคือ 17 โวลต์ดังนั้นแรงดันไฟฟ้ารวมของวงจรคือ (2x20) โวลต์- 17 โวลต์= 23 โวลต์กำลังทั้งหมดนั้นน้อยกว่ากำลังของโมดูลที่กระแสสูงรวมกัน



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบอนุกรม

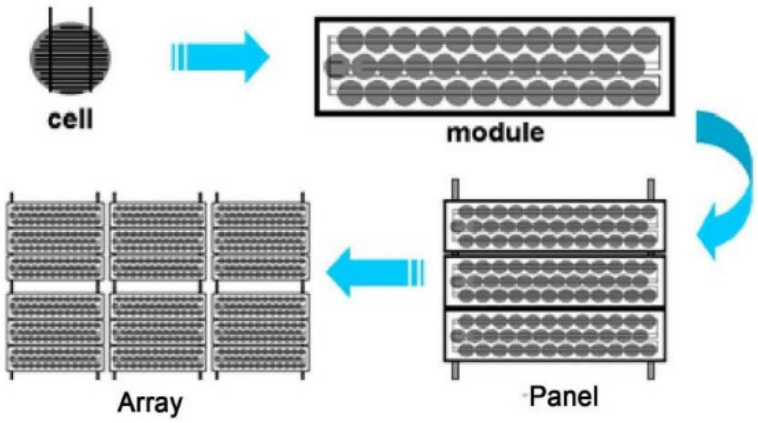
หรือหากนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน แต่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันต่อขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 กำลังไฟฟ้ารวมจะเท่ากับผลรวมของกำลังไฟฟ้าของแต่ละโมดูลซึ่งจะไม่มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้า แต่เมื่อต่อแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่ไม่เหมือนกัน มีแรงดันเอาต์พุตต่างกันต่อขนานกัน โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าจะทำหน้าที่เป็นโหลด ในวงจร หากไม่มีการเชื่อมต่อโหลดเข้ากับวงจรดังนั้น กระแสของโมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าจะไหลเข้าสู่โมดูลที่มี แรงดันไฟฟ้าต่ำถ้ากระแสที่ไหลสูงอาจทำให้โมดูลที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าเสียหายได้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดต่างกันมาต่อกันแบบขนาน

2.2.3 ส่วนประกอบหลักของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ การประกอบเซลล์ (Cell) จนเป็นอาร์เรย์ (Array) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การประกอบเซลล์จนเป็นอาร์เรย์

โดยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ สายเคเบิล และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ

2.2.3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์ ประกอบเข้าด้วยกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยลักษณะการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับขนาดแผงและปริมาณ พลังงานที่ต้องการ แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นพื้นฐานของทุกระบบพลังงานแสงอาทิตย์ทุก ๆ ระบบ ซึ่งซิลิคอน ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ และต่อร่วมกันเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

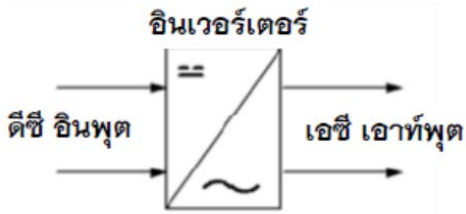
อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์(Array) อาร์เรย์คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายแผงมาเชื่อมต่อกันดังแสดงในรูปที่ 2.8 ในระบบที่ใหญ่ขึ้นต้องการอาร์เรย์เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ ซึ่งในบางกรณี จ าเป็นต้องมีอาร์เรย์มากกว่าหนึ่งอาร์เรย์ดังแสดงในรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.8 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2.9 อาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.3.2 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ฟังก์ชั่นการทำงานของอินเวอร์เตอร์อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนหรือสำนักงานใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังแสดงใน รูปที่ 2.10 โดยด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์นั้นเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ DC เช่น ต่อตรงกับแบตเตอรี่ หรือ อาร์เรย์เซลล์แสงอาทิตย์ด้านขาออกจ่ายไฟ AC ให้กับผู้บริโภค (ปกติ 220 ถึง 240 โวลต์)



รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์อินเวอร์เตอร์ในวงจรไฟฟ้า

ซึ่งอินเวอร์เตอร์จะแบ่งด้วยเกณฑ์กว้าง ๆ ได้ 2 อย่าง คือ

1) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบแรงดันไฟฟ้าขาเข้า ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

- กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็น ไฟฟ้ากระแสสลับในระบบออนกริด (On-Grid System) โดยมีขนาดต่าง ๆ ในพิกัดเป็น กิโลวัตต์ (kW) เพื่อให้ตรงกับกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์กริดไทร์อินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้โดยตรง และไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้และไม่ สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์อิสระได้โดยจำเป็นต้องต้องเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

- อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่ ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นระบบที่แยกตัวอิสระจากกริด (Stand Alone System) สามารถใช้กับเครื่องใช้ในบ้าน ทั่วไป โดย อินเวอร์เตอร์แบตเตอรี่มีหลายขนาดให้เลือกในกิโลวัตต์โวลต์ แอมป์ (kVA) ตามค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าของระบบ (แรงดันระบบ) อินเวอร์เตอร์ที่มีพิกัด กำลังไฟฟ้าต่ำกว่า

(เช่นต่ำกว่า 1 กิโลวัตต์โวลต์แอมป์) โดยปกติใช้แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ต่ำกว่า (24 โวลต์หรือต่ำกว่า) ในขณะที่อินเวอร์เตอร์ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูง มักต้องการแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่สูงขึ้น เช่น อินเวอร์เตอร์ขนาด 0.8 kVA ควรมีแรงดันระบบที่ 12 V อินเวอร์เตอร์ขนาด 1.5 หรือ 2.0 kVA ควรมีแรงดันระบบที่ 24 V อินเวอร์เตอร์ขนาด 3.0 หรือ 3.5 kVA ควรมีแรงดัน ระบบ 48 V และอินเวอร์เตอร์ขนาด 5.0 kVA ควรมีแรงดันระบบ 60-96 V

2) อินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบรูปคลื่นสัญญาณขาออก รูปแบบของสัญญาณเอาต์พุตมี3 แบบ ที่พบในอินเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่

- รูปแบบคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) คลื่นสัญญาณมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ส่วนใหญ่ จะพบในอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูกที่หาซื้อได้ทั่วไป โดยส่วนใหญ่เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทหลอดไฟ

- รูปแบบคลื่นไซน์ (Pure sine wave) ให้รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าขาออกที่คล้ายกับรูปคลื่นของ เอาต์พุตจากระบบโครงข่ายไฟฟ้า รองรับกับการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะมีราคาสูงที่สุด

- รูปแบบคลื่นไซน์ดัดแปลง (Modified sine wave) เป็นคลื่นไซน์ที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได โดยอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกประเภทแต่มีข้อดี คือ ราคาถูก

2.2.3.3 แบตเตอรี่

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสง ไม่สามารถเก็บ พลังงานได้ แต่เมื่อต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะต้องมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ที่ เหมาะส าหรับใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) เป็นเทคโนโลยีล่าสุดในตลาด มักพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระดับสูง เช่น โทรศัพท์มือถือและ แล็ปท็อป โดยแบตเตอรี่ Li-ion ไม่ได้ถูกใช้ในแอพพลิเคชั่น โซล่าร์ PVในบ้านเนื่องจากมีราคาสูง และเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ Li-ion มีอายุการใช้ งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูง โดยเฉลี่ยแบตเตอรี่ Li-ion สามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปีนับจากวันผลิต ขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน

2) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุ การใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 โวลต์ 6 โวลต์และ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด การติดตั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ ต้องติดตั้งในสถานที่มีการระบายอากาศเพียงพอ แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ประเภทลักษณะการใช้งาน ได้แก่ แบตเตอรี่แบบสตาร์ทเตอร์ มักใช้ในการสตาร์ทเครื่องยนต์รถยนต์ ถูก ออกแบบมาให้มีความสามารถจ่ายกระแสได้สูงในระยะเวลาสั้น ๆ ไม่เหมาะสาหรับการใช้เก็บพลังงาน แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่แบบดีพไซเคิล (Deep cycle Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการ จ่ายพลังงานได้ลึกหรือมากกว่าแบตเตอรี่แบบธรรมดา มักจะใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงาน ทางเลือกอื่น ๆ

- ประเภทของเซลล์ได้แก่ แบตเตอรี่เซลล์เปียก (Flooded) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่มีอยู่ทั่วไป กรดแบตเตอรี่ ในแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นของเหลว ซึ่งแบตเตอรี่เซลล์เปียกจ าเป็นต้องมีการบำรุงรักษา เป็นประจ า และแบตเตอรี่แห้ง (Sealed) ซึ่งมี 2 แบบ ตามลักษณะของกรดที่บรรจุในแบตเตอรี่ คือ กรด แบบเจล (Gel) และกรดแบบ Absorbed Glass Mat (AGM) เป็นวัสดุพิเศษลักษณะคล้ายฟองน้ำดูดซับ กรดไว้แบตเตอรี่แห้งเป็นแบตเตอรี่ที่ถูกปิดผนึกโดยสนิทไม่ต้องบำรุงรักษา

2.2.3.4 ตัวควบคุมการชาร์จประจุ (Charger controllers) เครื่องควบคุมการชาร์จประจุจะควบคุมการจ่ายพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้ในการชาร์จ แบตเตอรี่ ท าได้โดยการรับแรงดันไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่ ตัวควบคุมการชาร์จมีหน้าที่หลัก ๆ 4 ประการ ดังนี้

1) ควบคุมให้การชาร์จประจุแบตเตอรี่เป็นไปอย่างปลอดภัย รวดเร็ว และสมบูรณ์

2) ตัวควบคุมการชาร์จที่มีฟังก์ชันโหลดคอนโทรลเลอร์ จะช่วยป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุที่ลึกได้

3) เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการชาร์จประจุมากเกินไป

4) เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากแบตเตอรี่ไปยังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวควบคุมการชาร์จประจุส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมโหลดได้ สำหรับโหลด DC ควรมีการปลดวงจรเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำ (LVD) เพื่อป้องกันแบตเตอรี่จากการคายประจุลึกเกินไป ตัวควบคุมการชาร์จจะมีฟังก์ชันบางอย่าง สามารถกำหนดให้มีการยกเลิกการเชื่อมต่อตามกำหนดเวลา และฟังก์ชันเปิด /ปิด ได้ตามระดับความเข้มแสง ฟังก์ชันก์นี้สามารถใช้สำหรับเป็นสวิตช์อัตโนมัติสำหรับ ความเข้มแสงที่ปลอดภัยในตอนเย็นที่มีความเข้มแสงน้อยได้ตัวควบคุมการชาร์จประจุขั้นสูงจะกำหนดเวลา การ equalization ของแบตเตอรี่ได้โดยอัตโนมัติซึ่งเป็นมาตรการบำรุงรักษาเพื่อยืดอายุแบตเตอรี่ เทคโนโลยี สำหรับตัวควบคุมการชาร์จประจุมี 2 แบบ ได้แก่

- การปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมการ ชาร์จที่พบมากที่สุด โดยแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุของแบตเตอรี่จะถูก กำหนดให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยการสลับการเปิด/ปิด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยความถี่สูง

- การติดตามกำลังสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPP หรือ MPPT) ตัวควบคุม MPPT จะควบคุมให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ก าลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุดในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่ตัวควบคุมชนิดนี้ มีราคาแพงกว่า และส่วนใหญ่ใช้สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่

2.2.4 โปรแกรม LabVIEW

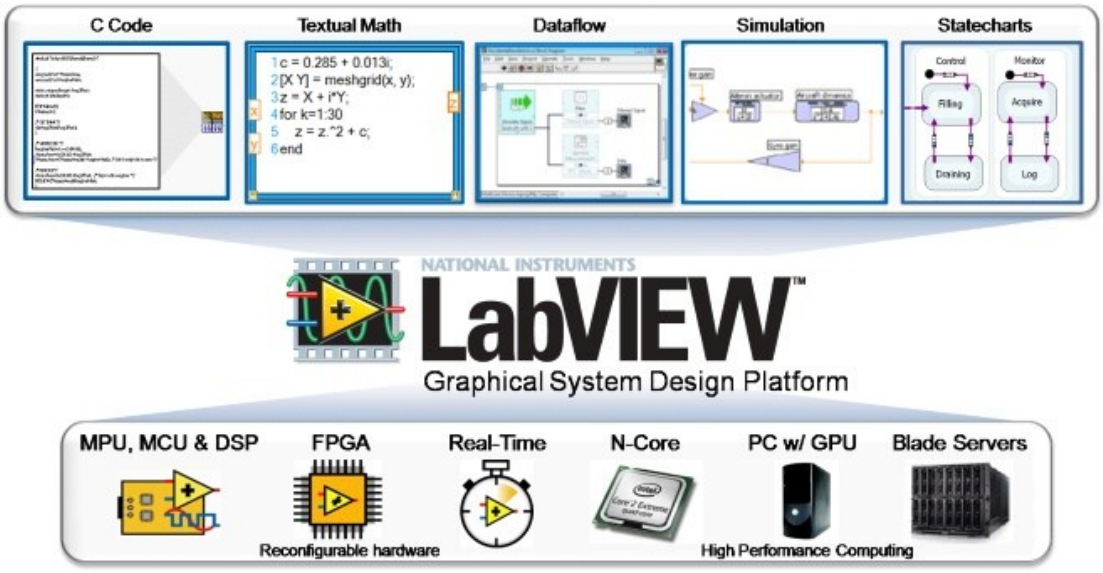
โปรแกรม LabVIEW ย่อ มาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่ พัฒนาขึ้นโดยใช้ LABVIEW จะเรียกวฎ Virtual Instrument หรือจะเรียกยอ่ ๆ วฎ VI ซึ่งหมายถึง เครื่องมือวดัเสมือน โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัด สำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ยอ่ มาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือ

การจัดการในด้านการวัดและ เครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทาง วิศวกรรมต่าง ๆ สิ่งที่ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ LabVIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์นั่นเองคือไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใด ๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญ ลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกวฎ เป็น ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่า ภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่าง ที่เราคุ้นเคยกับ ภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN

ข้อดีอีกประการหนึ่งของการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัดก็คือ สามารถใช้ทำเป็น Data Logger และ PLC (Programmable Logical Controlled) ได้พร้อมกัน ซึ่งโดยปกติแล้ว ระบบควบคุมมักจะไม่มีในเครื่องมือวัดจริงขั้น พื้นฐาน หรือ Data Logger แม้จะเก็บข้อมูลได้แต่ การสั่งการทำงานกับอุปกรณ์ตัวอื่น จะมีความยุ่งยากในการสั่งการมาก ดังนั้นสามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

2.2.4.1 LabVIEW คือ Dataflow programming

ภาษาโปรแกรมที่ใช้ใน LabVIEW ชื่อ G คือภาษาการเขียนโปรแกรม dataflow การปฏิบัติการจะถูกระบุโดยส่วนประกอบของแผนภาพแบบกราฟิก (รหัสที่มา LabVIEW) ซึ่งคนที่มีหน้าที่เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อโหนดฟังก์ชันต่าง ๆโดยการวาดเส้นลวด สายเหล่านี้แพร่ไปตัวแปรและก็โหนดใด ๆ ก็ตามสามารถปฏิบัติงานได้เมื่อข้อมูลอินพุตทั้งปวงพร้อมใช้งาน ด้วยเหตุว่าอาจเป็นเช่นนี้สำหรับโหนดหลายตัวพร้อมกัน G สามารถดำเนินการแบบขนานได้แต่กำเนิด อุปกรณ์แบบมัลติโพรเซสซิงและมัลติเธรดจะถูกเอาเปรียบโดยตัวกำหนดเวลาในตัวซึ่ง multiplexes เธรดของระบบปฏิบัติการหลายตัวผ่านโหนดที่พร้อมในการปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โปรแกรมที่ใช้ใน LabVIEW

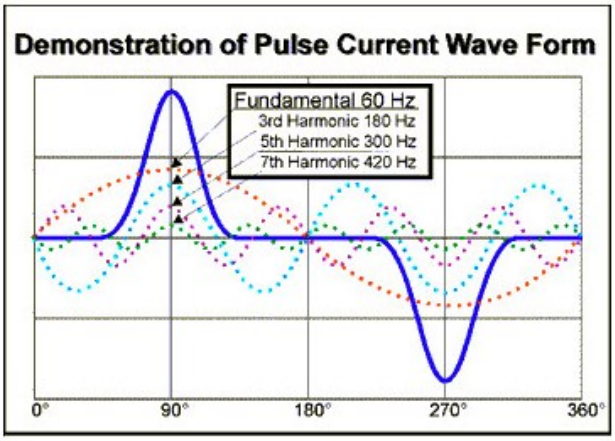
2.2.4.2 LabView คือ Graphical programming

LabVIEW รวมการสร้างอินเทอร์เฟซผู้ใช้ ลงในวัฏจักรการพัฒนา โปรแกรมย่อยของโปรแกรม LabVIEW เรียกว่าเปรียบเสมือนอุปกรณ์ (VIs) แต่ละชุดมีส่วนประกอบสามส่วนคือแผนภาพบล็อกแผงด้านหน้าและแผงตัวเชื่อมต่อ ส่วนท้ายที่สุดใช้แทน VI ในแผนภาพบล็อกของ VI เรียกว่า VI แผงข้างหน้าทำขึ้นโดยใช้ปุ่มควบคุมรวมทั้งไฟแสดงสถานะ การควบคุมเป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการผลิต: อนุญาตให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลไปยัง VI ตัวบ่งชี้ได้ผลลัพธ์: พวกเขาระบุหรือแสดงผลลัพธ์ตามปัจจัยที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการผลิตที่กำหนดให้กับ VI แผงด้านหลังซึ่งเป็นแผนภาพบล็อกมีรหัสต้นฉบับแบบกราฟิก วัตถุทั้งหมดที่วางอยู่บนแผงด้านหน้าจะปรากฏที่แผงข้างหลังเป็นขั้วต่อ แผงข้างหลังยังประกอบด้วยองค์ประกอบแล้วก็ฟังก์ชันที่ปฏิบัติภารกิจควบคุมและหาข้อมูลให้กับตัวบ่งชี้ ส่วนประกอบแล้วก็ฟังก์ชั่นสามารถพบได้ในแผงฟังก์ชั่นแล้วก็สามารถวางไว้ที่แผงข้างหลังได้ การควบคุมตัวบ่งชี้องค์ประกอบและหน้าที่รวมกันจะเรียกว่าโหนด โหนดเชื่อมต่อกันโดยใช้สายดังเช่นตัวควบคุมสองตัวรวมทั้งตัวบ่งชี้สามารถต่อสายไปยังฟังก์ชันเพิ่มเติมได้เพื่อให้ตัวบ่งชี้แสดงผลรวมของตัวควบคุมทั้งสอง ด้วยประการฉะนี้เครื่องมือเปรียบเสมือนสามารถเรียกใช้เป็นโปรแกรมได้โดยใช้แผงด้านหน้าเป็นส่วนติดต่อผู้ใช้หรือเมื่อต่ำลงเป็นโหนดลงในแผนภาพบล็อกแผงด้านหน้าจะกำหนดอินพุตรวมทั้งเอาต์พุตสำหรับโหนดผ่านบานหน้าต่างตัวเชื่อมต่อ ซึ่งหมายความว่าแต่ละ VI สามารถทดสอบได้ง่ายก่อนที่จะถูกฝังเป็นโปรแกรมย่อยในโปรแกรมขนาดใหญ่

ขั้นตอนการแบบกราฟิกยังช่วยให้โปรแกรมสร้างโปรแกรมโดยการฉุดและก็วางการแสดงเครื่องมือเสมือนห้องทดลองเสมือนที่รู้จักดีอยู่แล้ว สิ่งแวดล้อมการเขียนโปรแกรม LabVIEW และตัวอย่างและเอกสารประกอบทำให้ง่ายต่อการสร้างแอพพลิเคชันขนาดเล็ก นี่เป็นข้อดีในด้านหนึ่ง แต่ว่ายังมีอันตรายที่บางทีอาจประเมินความชำนาญที่ต้องในการเขียนโปรแกรม G ที่มีคุณภาพสูงสำหรับอัลกอริทึมที่ซับซ้อนหรือรหัสขนาดใหญ่สิ่งสำคัญเป็นคนที่มีหน้าที่เขียนโปรแกรมจะมีความสามารถเกี่ยวกับไวยากรณ์ LabVIEW พิเศษแล้วก็องค์ประกอบของการจัดการหน่วยความจำระบบการพัฒนา LabVIEW ที่ล้ำสมัยที่สุดมีความสามารถสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันแบบสแตนด์อะโลน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างแอปพลิเคชันแบบกระจายซึ่งติดต่อสื่อสารโดยใช้โมเดลเซิร์ฟเวอร์แบบไคลเอ็นต์รวมทั้งทำให้ใช้งานได้ง่ายมากยิ่งขึ้นเพราะว่าลักษณะขนานของ G. "SC-2075 ประกอบด้วย LED หลายตัวซึ่งสามารถเปิดหรือปิดได้ . LED เป็นไดโอดเปล่งแสง วัตถุประสงค์ของแอลอีดี เป็นการเป็นบ่อเกิดแสงสว่างชนิดครึ่งตัวนำ แอลอีดี ใช้ตรรกะแง่ลบ สายออกสามารถบอกให้เห็นโดยใช้ศูนย์แล้วก็จะแยกแยะสวิทช์ที่กำลังเปิดหรือปิด "0" แปลว่าสวิตช์ปิดอยู่ขณะที่ "1" กล่าวว่าสวิตช์เปิดอยู่ "

2.2.5 ฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า

2.2.5.1 ฮาร์มอนิก Harmonic distortion คือ ความผิดเพี้ยนของกระแสที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของถี่ปกติ ซึ่งเกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ เช่า 220V 50Hz ถ้าเกิด Harmonic order ที่3 กระแสจะมีค่าเป็น 3 เท่าของความถี่ 50 Hz (Harmonic orderที่1=50Hz) = 220V 150Hz และผลของฮาร์มอนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์

2.2.5.2 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวม

มาตรฐาน IEC และ IEEE ใช้ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกส์ : %THD (Total Harmonic Distortion) เป็นค่าบอกระดับความเพี้ยนฮาร์มอนิก โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่าง ค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์มอนิกกับค่าของส่วนประกอบความถี่หลักมูลเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งจะแยกออกเป็น ค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวม และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวม

โดยค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์มอนิกรวมนั้นสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.1

$$\%THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I^2 h(rms)}}{I_{1(rms)}} x100\% \qquad (2.1)$$

และค่าความเพี้ยนแรงดันฮาร์มอนิกรวมนั้นสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2

$$\%THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V^2 h(rms)}}{V_{1(rms)}} x100\% \qquad (2.2)$$

โดยกำหนดให้

Vh (rms) หมายถึง ค่า rmsของแรงดันฮาร์มอนิกลำดับที่ h

Ih (rms) หมายถึง ค่า rmsของกระแสฮาร์มอนิกลำดับที่ h

V1 (rms) หมายถึง ค่า rmsของแรงดันที่ความถี่หลักมูล

I1 (rms) หมายถึง ค่า rmsของกระแสที่ความถี่หลักมูล

2.2.5.3 ผลกระทบของฮาร์มอนิกที่มีผลต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

ปัญหาฮาร์มอนิกที่ทำให้เกิดผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าออกเป็น 2 กรณีคือ

- ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีการทำงานผิดพลาดด้วยผลของค่าแรงดันและกระแสฮาร์มอนิกที่มีขนาดและรูปคลื่น
สัญญาณไซน์ผิดเพี้ยนไป

- ทำให้อุปกรณ์ในระบบมีอายุการใช้งานน้อยลงหรือเกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากมีค่า rms ของแรงดันหรือกระแส สูงขึ้นที่เกิดจากค่าฮาร์มอนิก หรือมีการขยายของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก ที่เกิดจากฮาร์มอนิกรีโซแนนซ์

ปัญหาฮาร์มอนิกที่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าดังนี้คือ

1. ผลของฮาร์มอนิกเรโซแนนซ์เกิดขึ้นในกรณีที่ความถี่เรโซแนนซ์ของระบบไปตรงกับความถี่ฮาร์มอนิกทำให้เกิดการขยายขนาดของแรงดันและกระแสฮาร์มอนิก เป็นผลทำให้ อุปกรณ์ได้รับความเสียหายเนื่องจากได้รับกระแสและแรงดันเกินพิกัด

2 . ผลของกระแสฮาร์มอนิกที่ไหลอยู่ในระบบจำหน่ายและสายส่ง ทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในสายมากขึ้น ทำให้ ประสิทธิภาพ การส่งจ่ายลดลง เนื่องจากกระแสฮาร์มอนิกทำให้ค่า rms ของกระแสและความต้านทานของสายสูงขึ้น

3. ผลของกระแสฮาร์มอนิก Triplen (ลำดับที่3, 6, 9..) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีลำดับเป็นศูนย์ (Zero Sequence) ในระบบ 3 เฟส 4 สาย ฮาร์มอนิกกลุ่มนี้จะรวมกันกันไหลอยู่ ในสายนิวตรอล อาจทำให้สายนิวตรอนหรือหม้อแปลงเสียหายได้หากไม่มีการออกแแบบรองรับไว้

4. ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้กำลังสูญเสียขณะมีโหลดและกำลังสูญเสียสเตรย์ฟลักซ์ (Stray Flux Loss) ของหม้อแปลงมีค่าเพิ่มขึ้น และทำให้ประสิทธิภาพการในรับโหลด ของหม้อแปลงลดลงไป(derating) ผลของแรงดันฮาร์มอนิกทำให้เกิดกำลังสูญเสียกระแสไหลวน (Eddy Current Loss) และกำลังสูญเสียฮิสเทอรีซีส (Hysteresis Loss) เพิ่มขึ้น

5. ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดความร้อนและความเครียดไดอิเลคตริก (Dielectric Stress) กับตัวคาปาซิเตอร์ และอาจทำให้ฟิวส์ของตัวคาปาซิเตอร์ขาดง่ายกว่า การใช้งานปกติ ผลของแรงดันฮาร์มอนิกทำให้เกิดค่ากำลังสูญเสียในคาปาซิเตอร์ และผลจากภาวะเรโซแนนซ์ที่ตัวคาปาซิเตอร์ทำให้เกิดขยายกระแส และแรงดันฮาร์มอนิก ขนาดใหญ่ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานของคาปาซิเตอร์สามารถทนต่อค่ากระแสและแรงดันฮาร์มอนิกคาปาซิเตอร์ที่ออกแบบสร้างจากผู้ผลิตได้กำหนดตามมาตรฐาน มาตรฐาน IEEE Std. 18-1992

6. ผลของกระแสฮาร์มอนิกทำให้เกิดความร้อนในตัวฟิวส์เพิ่มขึ้น ทำให้ลักษณะเวลา-กระแส (Time-Current Characteristic) ของฟิวส์เปลี่ยนไป กรณีที่มีฟอลต์ระดับต่ำ เกิดขึ้นฟิวส์จะขาดก่อนในเวลาที่กำหนด หรือในกรณีที่ฟิวส์ขาดโดยไม่ทราบสาเหตุจะเป็นเหตุมาจากฮาร์มอนิกในกรณีที่เกิดภาวะเรโซแนนซ์ได้เช่นกัน

7. ผลของฮาร์มอนิกทำให้การทำงานของรีเลย์ผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานของชนิดรีเลย์ การทำงานของรีเลย์ชนิด Electromagnetic ขึ้นอยู่กับค่ากระแส และแรงดัน rms ส่วนการทำงานของรีเลย์ชนิด Digital ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันยอดคลื่น(Crest Voltage) จากการ

Sampling และตรวจค่า Zero Crossing ค่ากระแสหรือ แรงดันที่ศูนย์ โดยลักษณะที่ทำให้รีเลย์ทำงานผิดพลาดดังนี้

- ทำให้รีเลย์มีการทำงานช้าลง หรือทำงานด้วยค่า(Pickup Values) ที่สูง โดยปกติรีเลย์จะทำงานอย่างรวดเร็วและทำงานด้วยค่าเริ่มต่ำๆ

- กรณีที่มีกระแสฮาร์มอนิกTriplenมากพออาจทำให้กราวด์รีเลย์ทำงานผิดพลาด (False Trip)

- ทำให้รีเลย์ระยะทาง(Distance Relay)ทำงานผิดพลาด ด้วยผลของกระแสฮาร์มอนิกที่ทำให้อิมพิแดนซ์เพิ่มขึ้นต่างจากค่าอิมพิแดนซ์ที่ทำการเซทติ้งที่ความถี่หลักมูล

- ทำให้รีเลย์สถิตแบบความถี่ต่ำ (Static Underfrequency Relay) มีความไวกว่าปกติ อาจทำให้เกิดการทริปผิดพลาด

- ทำให้รีเลย์กระแสและแรงดันเกิน (Overcurrent and Overvoltage Relay) ทำงานผิดพลาดตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้

- ทำให้ความเร็วในการทำงานของรีเลย์ชนิดผลต่าง (Differential Relay) ทำงานช้าลง

8. ผลของกระแสฮาร์มอนิกมีผลกระทบต่อความสามารถใน การตัดกระแส (Current Interruption Capacity) ของอุปกรณ์สวิตซ์เกียร์ คือทำให้ขนาดของอัตราค่ากระแส เทียบกับเวลา di / dt มีค่าสูงในขณะที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์ เป็นผลทำให้เซอร์กิตเบรคเกอร์ไม่สามารถตัดกระแสได้เมื่อมีฮาร์มอนิก ซึ่งปัญหานี้จะเกิดกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ตัดกระแส ได้เช่นกัน

9. ผลของฮาร์มอนิกทำให้มิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า (Watt - Hour Meter) ซึ่งเป็นมิเตอร์ประเภทจานเหนี่ยวนำ (Induction Disk) ทำการวัดค่าผิดพลาดได้ ซึ่งโดยปกติการปรับ แต่งมิเตอร์นั้นจะทำการปรับแต่งที่ความถี่หลักมูล

10 .ผลของฮาร์มอนิกต่อเครื่องจักรไฟฟ้า ทำให้กำลังสูญเสียเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เครื่องจักรร้อนกว่าปกติ ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำ สามเฟสเกิดปรากฏการณ์ค็อกกิ้ง (Cogging) คือไม่สามารถสตาร์ทมอเตอร์ได้ จากการที่ความเร็วมอเตอร์ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส และทำให้เกิดการออสซิเลตทางกลของเครื่องจักรไฟฟ้า ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและ แรงบิดของเครื่องจักร

11. ผลของฮาร์มอนิกทำให้เกิดสัญญาณรบกวน(Noise)ในระบบสื่อสารเช่นในระบบโทรศัพท์

2.2.5.4 การวัด harmonics ในระบบไฟฟ้า

การวัดค่า harmonic ในที่นี้มีจุดประสงค์เพื่อการสำรวจระดับความรุนแรงของ harmonic ณ จุดวัดว่าอยู่ในระดับใด จะมีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ หรือไม่ จะพิจารณาความรุนแรงได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลที่วัดได้กับค่าจำกัดที่ระบุไว้ในข้อกำหนดหรือมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อกำหนดกฎเกณฑ์ harmonic ประเภทธุรกิจ และอุตสาหกรรมที่จัดทำโดยคณะทำงานจากสามการไฟฟ้า (กฟผ. กฟน. และ กฟภ.) หรือ มาตรฐาน IEEE-519 หรือEngineering Recommendation G 5/3 เป็นต้นอย่างไรก็ตามสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ ต้องทราบว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดนั้นถูกต้อง เพียงพอสำหรับการนำไปประเมินระดับของความรุนแรง

2.2.5.5 หลักการวัดกระแส harmonic

วงจรสำหรับวัดกระแส harmonic ทั่วไปแล้วจะใช้ต่อกับ current transformer (CT) ในกรณีที่จุดวัดเป็นวงจรที่มีกำลังไฟฟ้าไม่สูงนักจะใช้ CTที่เป็นชนิด current clamps คล้องกับสายไฟได้เลย ส่วนกรณีที่เป็นระดับแรงดันสูง จะต้องทำการวัดผ่าน CT อาจต้องใช้ transducer ทำการปรับระดับกระแสให้เหมาะสมกับเครื่องวัด เนื่องจาก CTเป็นหม้อแปลงประเภท magnetic เช่นเดียวกันจึงต้องพิจารณาเรื่องความแม่นยำของลำดับต่างๆด้วย ซึ่งจากโครงสร้างของ CT จะสามารถครอบคลุมได้ถึง 2 kHz ดังนั้นจึงไม่ต้องกังวลต่อการตอบสนองทางความถี่มากนัก อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของ CT จะมีผลกระทบต่อมุมเฟสมากกว่าขนาดของกระแส harmonic ซึ่งบางครั้งก็เป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลเช่น การตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแส harmonic

2.2.5.6 หลักการวัดแรงดัน harmonic

โดยทั่วไปแล้วเครื่องวัดจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในระดับแรงดันต่ำเท่านั้น ดังนั้นถ้าเป็นการวัดแรงดัน harmonic ที่ระดับแรงดันดังกล่าว ก็สามารถที่จะต่อวงจรวัดแรงดัน ระหว่างจุดวัด(bus bar) กับเครื่องวัดได้โดยตรง ในกรณีวัดที่ระดับแรงดันสูงขึ้น จะต้องต่อวงจรผ่านหม้อแปลงแรงดัน (potential transformer ; PT) เพื่อปรับระดับ แรงดัน ให้เหมาะสมกับเครื่องวัด สิ่งที่จะต้องพิจารณาเป็นพิเศษ คือ การตอบสนองทางความถี่ของ PT ต้องดีและครอบคลุมเพียงพอสำหรับย่านความถี่ของแรงดัน harmonic อันดับต่างๆ ที่ต้องการจะวัด ถ้าหากการตอบสนองทางความถี่ดังกล่าว มีความแม่นยำต่ำเกินไป ก็จะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง โดยทั่วไปแล้ว PT ที่เป็น ชนิดที่ใช้การเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic) จะมีอิทธิพลจากโครงสร้างภายในของ PT ต่อการตอบสนอง จึงไม่สามารถสรุปในภาพรวมได้ จึงควรกำหนดลำดับ ที่ไม่สูงมากนัก เช่นที่ลำดับ 1-13 เป็นต้น และทดสอบให้แน่ใจก่อน ในกรณีที่ระดับแรงดันสูงมากตั้งแต่ 69 kVขึ้นไป หม้อแปลงแรงดันส่วนใหญ่จะเป็นประเภท CVT (capacitor voltage transformer) แต่เนื่องจากคุณลักษณะของ CVT นั้นถูกออกแบบมาให้มีการตอบสนองกับความถี่ได้ดีเฉพาะที่ความถี่หลักของระบบไฟฟ้า (fundamental frequency) ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำ CVT มาใช้สำหรับวัดแรงดัน harmonic นอกจากจะทราบวิธีชดเชยค่าผิดเพี้ยนทางความถี่ดังกล่าว (compensation method) โดยค่าในการควบคุมของฮาร์มอนิกนั้นสามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.1-2.2

ตารางที่ 2.1 ขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่จุดต่อร่วม

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม (kV)	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกรวมของแรงดัน (%THDv)	ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิกของแรงดันแต่ละอันดับ (THDv%)	
		อันดับคี่	อันดับคู่
0.400	5	4	2
11,12,24, and 24	4	3	1.75
33	3	2	1
69	2.45	1.63	0.82
115	1.5	1	0.5

ตารางที่ 2.2 ขีดจำกัดกระแสฮาร์มอนิกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใด ๆ ที่จุดต่อร่วม

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม (kV)	MVA Base	อันดับฮาร์มอนิกและขีดจำกัดของกระแส (A rms)																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.400	10	48	34	22	56	11	40	9	8	7	19	6	16	5	5	5	6	4	6
11 and 12	100	13	8	6	10	4	8	3	3	3	7	2	6	2	2	2	2	1	1
22, 24 and 33	500	11	7	5	9	4	6	3	2	2	6	2	5	2	1	1	2	1	1
69	500	8.8	5.9	4.3	7.3	3.3	4.9	2.3	1.6	1.6	4.9	1.6	4.3	1.6	1	1	1.6	1	1
115 and above	1,000	5	4	3	4	2	3	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1

2.3 หนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยนั้นได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเพื่อพัฒนางานวิจัยโดยประกอบไปด้วย

2.3.1 กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี, “การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, http//www.dede.go.th

2.3.2 นพดล รุ่งสวาท, “การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

2.3.3 กฤชนนท์ สวนจันทร์, “การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2560

2.3.4 www.solarcellthailand96.com, “วิธีการคำนวณ และ ออกแบบระบบโซล่าเซลล์ สูตรคำนวณ แบตเตอรี่”

2.3.5 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, เอกสารวิชาการการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์

2.3.6 นฤมล วันน้อย, การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, ปีที่พิมพ์ 2558, ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

2.3.7 นฤมล วันน้อย, เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน, ปีที่พิมพ์ 2558, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม3

2.3.8 วรนุช แจ้งสว่าง พ.ศ. 2551 Renewable Energy: พิมพ์ครั้งที่ 1

2.3.9 Chompoo-inwai,Chow and Mungkornassawakul, Jade, Japan July 8-12 2012, The Data Acquisition system and lab view program in being a smart and low

cost three phase disturbance measuring unit, international conference on electrical engineering (ICEEE 2012).

2.3.10 Chow chompooinwai and Jade Munkornassawakul, USA April 4-5 2013. A smart recording power analyzer prototype using Lab view and low-cost data acquisition (DAQ) in being a smart renewable monitoring system, IEEE green tech.

2.3.11 S. Kebaïli and H. BenallaOptimal, "Optimal sizing of a stand-alone photovoltaic systems under various weather conditions in Algeria, Revue des Energies Remunerable, Vol. 18, 2015

2.3.12 M. Reyasudin Basir Khan, Razali Jidin, Sharifah Azwa Shaaya, Dzesmillson Daryll, "Wireless PV Module Performance Monitoring System" Proceedings National Graduate Conference, 2012 (NatGrad2012)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานนั้นได้กำหนดแนวทางหรือวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ทำการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงานและระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3.2 ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลรูปแบบของความเข้มแสงในพื้นที่, รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า (ปริมาณโหลดในฟาร์มโคเนื้อ) เฉลี่ยในแต่ละรอบวัน และชนิดของโหลดไฟฟ้า

3.3 ทำการศึกษาและจัดเรียงลำดับความสำคัญของโหลดเพื่อการจัดการพลังงานในการจัดเก็บพลังงานที่มีเหมาะสมบนฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าจากขบวนการผลิตสูงสุด

3.4 ทำการศึกษาเทคนิคในการออกแบบขนาดกำลังผลิตและชุดกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมสำหรับโหลดในช่วงในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์และเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และปริมาณโหลด (ภายใต้แนวคิดโดยกำลังการผลิตโดยรวมจะเท่ากับปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยโดยรวม) เพื่อลดการใช้พลังงานภายนอกให้มากที่สุด

3.5 ทำการศึกษาออกแบบระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ร่วมกับชุดจัดเก็บข้อมูล (DAQ) ซึ่งประกอบไปด้วย

3.5.1 ชุดติดตามสรรถนะของแผงโซลาเซลล์

3.5.2 ชุดติดตามสรรถนะและประสิทธิภาพของชุดอินเวอร์เตอร์

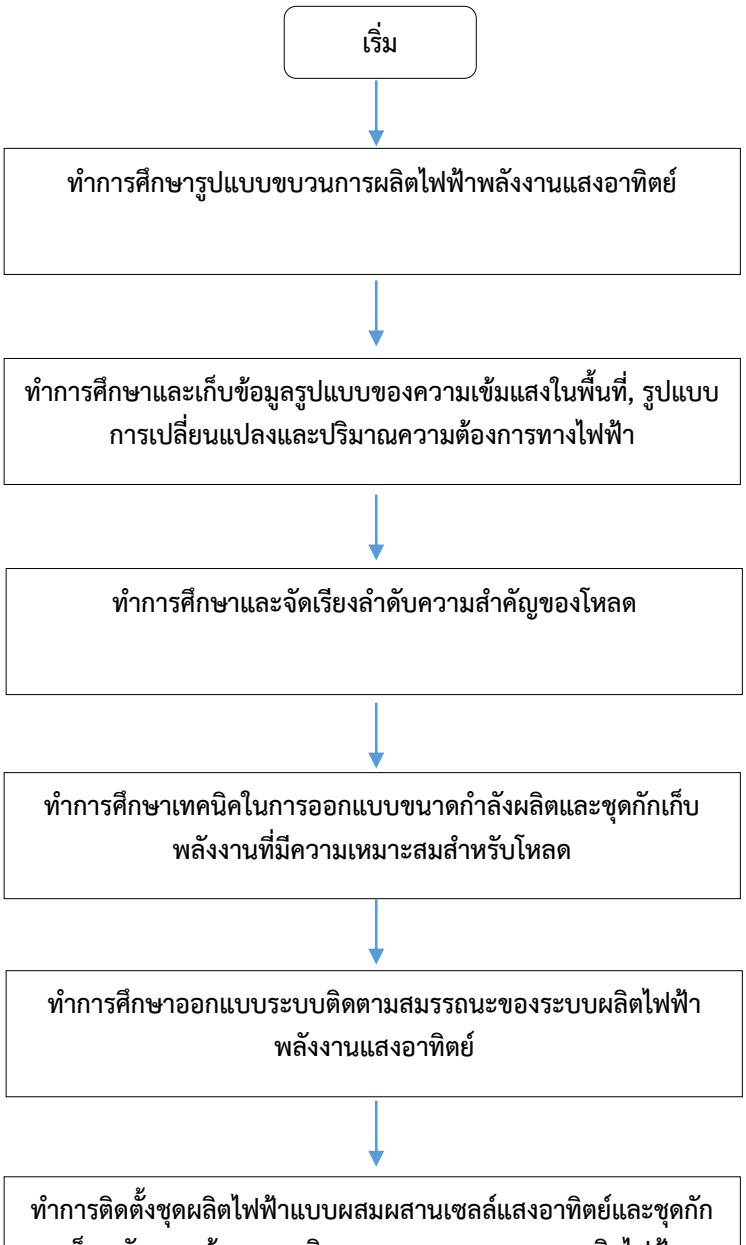
3.5.3 ชุดติดตามสรรถนะและกำลังสำรองของชุดกักเก็บพลังงาน

3.5.4 ชุดติดตามสมรรถนะกำลังการผลิตและปริมาณของโหลดไฟฟ้าของระบบ

3.6 ทำการติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานพร้อมระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดสอบการใช้งานและบันทึกผล

3.7 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และถ่ายทอดองค์ความรู้งานวิจัย

โดยแผนผังการศึกษาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการวิธีดำเนินการวิจัย

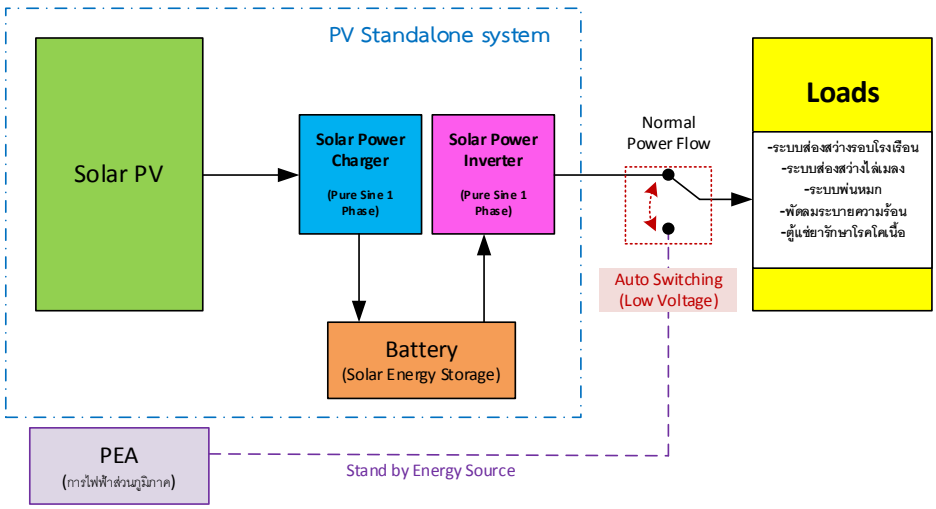
บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน ซึ่งผลในการศึกษานั้นสามารถแสดงได้ตามขั้นตอนในแต่ละวิธีการวิจัยโดยสามารถกำหนดขั้นตอนออกเป็นดังนี้

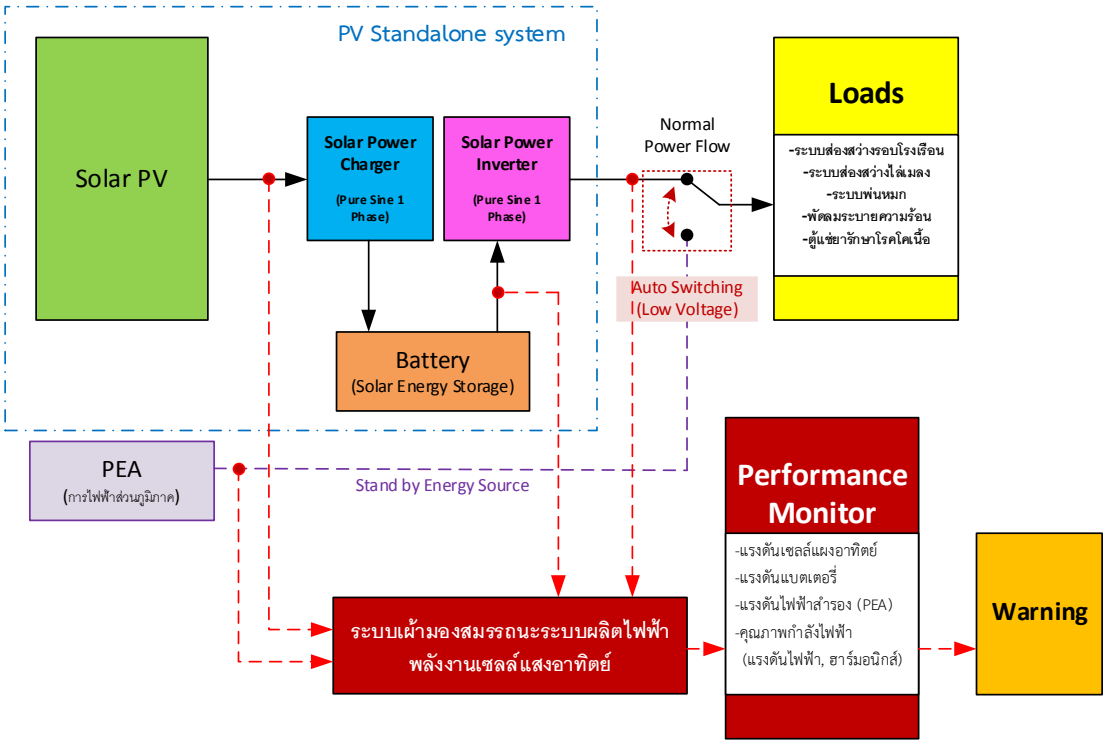
4.1 ผลการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

รูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยทำงานร่วมกับชุดกักเก็บพลังงานโดยออกแบบในรูปแบบไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ากับระบบ (Off Grid) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการชาร์จประจุให้กับชุดกักเก็บพลังงานเพื่อกักเก็บพลังงานโดยผ่านชุดควบคุมการชาร์จประจุ และหากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบก็จะจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านอินเวอตอร์เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและเพื่อให้เกิดความเสถียรภาพในการจ่ายไฟให้กับโหลดเนื่องจากโหลดบางชนิดในฟาร์มโคเนื้อต้องการระบบไฟฟ้าในการจ่ายตลอดเช่นตู้แช่ยารักษาโรคโคเนื้อซึ่งต้องเก็บในตู้แช่ตลอด ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยทำงานร่วมกับชุดกักเก็บพลังงานจะมี

ชุดตรวจแรงดันหากแรงดันในระบบไม่เพียงก็จะดึงกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เข้ามาจ่ายโหลดแทนในกรณีที่ท้องฟ้ามืดไม่มีแสงแดดติดต่อกันหลายวันโดยเฉพาะช่วงมรสุม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 นอกจากนี้ระบบในการผลิตไฟฟ้านี้จะมีระบบเฝ้ามองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อติดตามสมรรถนะของระบบดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่4.1 แผนผังการทำงานระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน
โดยมีกำลังไฟฟ้าสำรองจากระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปที่4.2 ระบบเฝ้ามองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

จากรูปที่ 4.2 แสดงระบบเฝ้ามองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน โดยระบบจะทำการออกแบบด้วยโปรแกรมแลปวิวร่วมกับชุดจัดเก็บข้อมูล DAQ และโปรแกรมแลปวิวนั้นสามารถสร้างชุดตรวจสอบหรือระบบเฝ้ามองแบบเรียลไทม์ได้ ในการทำงานของระบบตรวจสอบสมรรถนะนั้นได้กำหนดจุดตรวจสอบของระบบซึ่งประกอบไปด้วยดังนี้

4.1.1 แรงดันไฟฟ้าของแผงแต่ละแผงโซลาเซลล์

4.1.2 แรงดันของชุดแบตเตอรี่

4.1.3 แรงดันไฟฟ้าด้านออกของอินเวอเตอร์

4.1.4 แรงดันไฟฟ้าสำรอง (จากระบบ PEA)

โดยจุดตรวจวัดทุกจุดจะส่งสัญญาณมายังชุดจุดเก็บข้อมูล DAQ เพื่อส่งข้อมูลการตรวจวัดเข้าโปรแกรมแลปวิวในการแสดงผลและการวิเคราะห์สมรรถนะและคุณภาพ

แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกไปพร้อมระบบแจ้งเตือนซึ่งรายละเอียดการออกแบบและผลการศึกษาวิจัยของระบบตรวจสอบสมรรถนะจะแสดงในหัวข้อต่อไป

4.2 ผลการศึกษารูปแบบของความเข้มแสงในพื้นที่และปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า

ผลการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในการเก็บข้อมูลความเข้มแสงในพื้นที่และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโหลดทางไฟฟ้า (ปริมาณโหลดในฟาร์มโคเนื้อ 1) เฉลี่ยในแต่ละรอบวัน และชนิดของโหลดไฟฟ้าซึ่งสามารถแสดงผลออกได้ตามหัวข้อย่อยได้ดังนี้

4.2.1 ผลการศึกษาความเข้มแสงในพื้นที่ฟาร์มโคเนื้อ

ในการศึกษาค่าความเข้มแสงในพื้นที่ฟาร์มโคเนื้อนั้นได้ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจวัดค่าความเข้มแสงของแสงแดดรุ่น Digital Lx 50 โดยการตรวจวัดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 แต่ละตำแหน่ง โดยค่าเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ติดตั้งแผงโซลล่าเซลล์อยู่ประมาณ 33,000 lux และรูปเครื่องมือตรวจวัดนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มแสงรอบบริเวณโรงเลี้ยงโคเนื้อ 1

จุดตรวจวัด	ค่าความเข้มแสง
จุดที่ 1	34,000 lux
จุดที่ 2	32,400 lux
จุดที่ 3	32,600 lux
ค่าเฉลี่ย	33,000 lux

รูปที่4.3 เครื่องมือตรวจวัดค่าความเข้มแสง

4.2.2 ผลการศึกษาปริมาณโหลดและช่วงเวลาในการทำงานของโหลด

ผลการศึกษาปริมาณโหลดและช่วงเวลาในการทำงานของโหลดนั้นได้พิจารณาจากค่ากำลังไฟฟ้าและจำนวนที่ใช้จริงในฟาร์มโคเนื้อ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้ 3 ส่วนด้วยกันซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่หนึ่งโรงโคเนื้อ 1 ซึ่งมีการใช้พื้นที่ในการเลี้ยงโคเนื้อ และส่วนที่สองโรงโคเนื้อ 2 ซึ่งเป็นส่วนที่ทางฟาร์มกำลังปรับปรุงเพื่อใช้ในการเลี้ยงแม่พันธ์โคและใช้เก็บหญ้าแห้งและอาหารโคเนื้อ และส่วนที่สามส่วนบริเวณที่พักเจ้าหน้าที่ซึ่งรายละเอียดโหลดไฟฟ้าต่างในแต่ละส่วนนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโหลดและช่วงเวลาในการทำงานของโหลด

ส่วนที่1 โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1			
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/หน่วย)**	**จำนวนชั่วโมง**
หม้อแปลงลวดกันวัว	1	5	24
หลอดไฟกันแมลง	23	7	13

หลอดสปอร์ตไลน์	4	50	10
ตู้แช่	1	90	24
รวม	29	152	
ส่วนที่ 2 โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 2			
หลอดสปอร์ตไลน์	2	50	10
หม้อแปลงลวดกันวัว	3	5	24
รวม	5	55	
ส่วนที่ 3 โหลดไฟฟ้าในบริเวณที่พักเจ้าหน้าที่			
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์)**	**จำนวนชั่วโมง**
แอร์คอนดิชั่นเนอร์	1	1,090	8
ตู้เย็น	2	90	24
ไมโครเวฟ	1	1,200	1
เครื่องซักผ้า	1	1,000	1
หม้อหุงข้าว	2	800	1
กาน้ำร้อน	1	600	1
โน๊ตบุค	1	60	6
เราท์เตอร์	1	10	24
รวม	10	4,850	

จากตารางที่ 4.2 ได้แสดงผลการศึกษาปริมาณโหลดและช่วงเวลาในการทำงาน ซึ่งสามารถแสดงปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละส่วนได้ดังตารางที่ 4.3

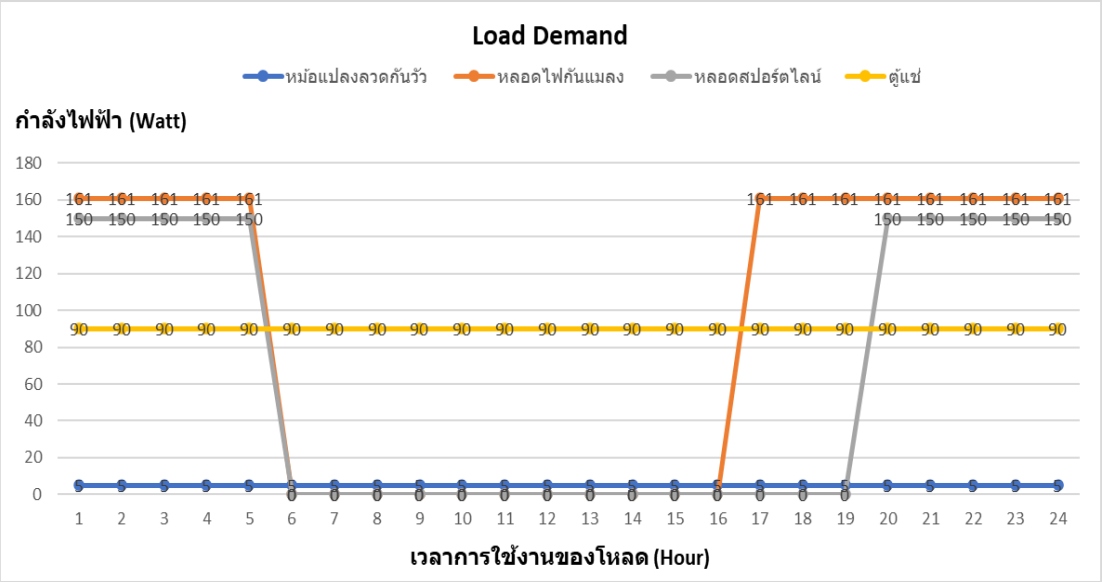
ตารางที่ 4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโหลดต่อวัน (24 ชม.)

โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1					
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/ หน่วย)**	**Watt**	**ชั่วโมง**	**Wh**
หม้อแปลงลวดกันวัว	1	5	5	24	120
หลอดไฟกันแมลง	23	7	161	13	2,093
หลอดสปอร์ตไลน์	3	50	150	10	1,500
ตู้แช่	1	90	90	24	2,160
รวม			406		5,873
โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 2					
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/ หน่วย)**	**Watt**	**ชั่วโมง**	**Wh**
หลอดสปอร์ตไลน์	2	50	100	10	1,000
หม้อแปลงลวดกันวัว	3	7	21	24	504
รวม			121		1,504
โหลดไฟฟ้าในบริเวณที่พักเจ้าหน้าที่					
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/ หน่วย)**	**Watt**	**ชั่วโมง**	**Wh**
แอร์คอนดิชั่นเนอร์	1	1,090	1,090	8	8,720
ตู้เย็น	2	90	180	24	4,320
ไมโครเวฟ	1	1,200	1,200	1	1,200
เครื่องซักผ้า	1	1,000	1,000	1	1,000
หม้อหุงข้าว	2	800	1,600	1	1,600
กาน้ำร้อน	1	600	600	1	600
โน๊ตบุค	1	60	60	6	360

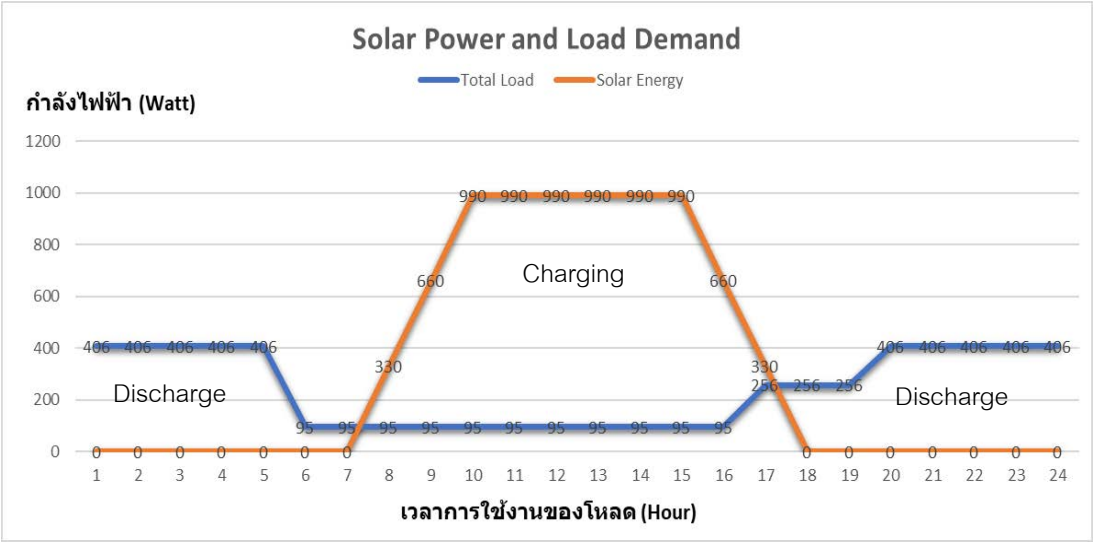
เราท์เตอร์	1	10	10	24	240
รวม			5,740		18,040

โดยจากผลการศึกษาในตารางที่ 4.3 พบว่าในช่วงเวลา 24 ชม. ฟาร์มเลี้ยงจะใช้พลังงานไฟฟ้า โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 25,417 Wh โดยในการศึกษานั้นได้เน้นในการลดการใช้พลังงานในส่วนที่หนึ่งคือการลดการใช้พลังงานบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1 ซึ่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 5,873 Wh ซึ่งคิดเป็น 23.1 % ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในฟาร์มโคเนื้อ ซึ่งเมื่อทำการศึกษารูปแบบการทำงานของกลุ่มโหลดในคอกโคเนื้อ 1 และการทำงานของโหลดในรอบ 1 วันนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งได้แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละโหลดในรอบ 1 วัน โดยปริมาณโหลดโดยรวมของคอกโคเนื้อ 1 เทียบกับปริมาณกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6

ซึ่งผลการศึกษาในรูปที่ 4.6 นั้นได้แสดงปริมาณโหลดคอกโคเนื้อ 1 และปริมาณกำลังผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องการชาร์จเพื่อกักเก็บพลังงานเพื่อจ่ายโหลดให้เพียงพอโดยไม่ดึงพลังงานจากภายนอกมาใช้ซึ่งหลักการพื้นที่ในการชาร์จพลังงานและพื้นที่ในการจ่ายพลังงานให้กับโหลดจะต้องเท่ากันแต่หลักในการออกแบบนั้นจะออกแบบให้พื้นที่ในการชาร์จพลังงานให้มากกว่าพื้นที่จ่ายพลังงานเพราะต้องเผื่อความสามารถของจ่ายพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์และพื้นที่ส่วนใหญ่ต้องอยู่ในช่วงเวลากลางวันคือ 09:30-15:30 ประมาณ 6 ชั่วโมงต่อวันในการชาร์จประจุเต็มที่หรือช่วงการรับแสงพระอาทิตย์เต็มที่จากรูปกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ในโรงเลี้ยงโค 1 จะมาจากตู้แช่และรั้วกันวัว ซึ่งจะถูกใช้งานตลอดเวลา และเวลาประมาณ 16:00-05:00 ทางฟาร์มจะเปิดไฟฟ้าไล่แมลงเพื่อป้องกันแมลงเข้าคอกวัวและเวลาประมาณ 19:00-05:00 จะเปิดระบบส่องสว่างรอบ ๆ ฟาร์มโคเนื้อ 1



รูปที่ 4.5 ปริมาณโหลดคอกโคเนื้อ 1



รูปที่ 4.6 ปริมาณกำลังผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ และปริมาณโหลดคอกโคเนื้อ 1

4.3 ผลการศึกษาปริมาณโหลดและจัดเรียงลำดับความสำคัญ

การศึกษาและจัดเรียงลำดับความสำคัญของโหลดเพื่อการจัดการพลังงานในการจัดเก็บพลังงานที่เหมาะสมบนฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าจากขบวนการผลิต โดยในการศึกษา

ปริมาณโหลดที่ใช้ในฟาร์มโรงเลี้ยงโคเนื้อ 1 นั้นสามารถจัดเรียงโหลดที่มีความสำคัญได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จัดเรียงลำดับความสำคัญของโหลด

โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1				
ลำดับที่	**ประเภทโหลด**	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/หน่วย)**	**จำนวนชั่วโมง**
1	ตู้แช่ยารักษาโรค	1	90	24
2	หม้อแปลงลวดกันวัว	4	5	24
3	หลอดไฟกันแมลง	23	36	13
4	หลอดสปอร์ตไลน์	3	50	10

ซึ่งจากตารางที่ 4.4 นั้นได้แสดงผลการศึกษาการจัดเรียงลำดับความสำคัญซึ่งกลุ่มที่มีความสำคัญสูงสุดสูงสุดของโหลดในส่วนที่ 1 บริเวณฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อ 1 คือตู้แช่ยารักษาโรคโคซึ่งต้องจ่ายไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง และความสำคัญต่ำที่สุดคือ ชุดหลอดสปอร์ตไลน์รอบ ๆ คอกโคเนื้อ 1 ซึ่งเป็นโหลดให้ความสว่างรอบ ๆโรงเรือนซึ่งสามารถหยุดการจ่ายไฟฟ้าได้หากไม่จำเป็น ดังนั้นจากตารางความสำคัญของโหลดเราสามารถนำไปบริหารจัดการด้านการใช้พลังงานได้หากระบบการจ่ายไฟฟ้าระบบมีปัญหาโดยการควบคุมที่โหลด

4.4 ผลการออกแบบขนาดกำลังผลิตและชุดกักเก็บพลังงาน

การศึกษาเทคนิคในการออกแบบขนาดกำลังผลิตและชุดกักเก็บพลังงานที่ความเหมาะสมสำหรับโหลดในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์และเหมาะสมกับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้และปริมาณโหลด (ภายใต้แนวคิดโดยกำลังการผลิตโดยรวมจะเท่ากับปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยโดยรวม) เพื่อลดการใช้พลังงานภายนอกให้มากที่สุดซึ่งระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในการออกแบบจะเป็นชนิดแบบออฟกริด ซึ่งการคำนวณขนาดที่เหมาะสมเพื่อการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบออฟกริดสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

4.4.1 ผลการคำนวณค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น Watt-Hour (Wh)

ในการศึกษาปริมาณโหลดที่ใช้ในฟาร์มโคเนื้อแบ่งออกได้เป็นส่วนที่หนึ่งโหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ ส่วนที่สองโหลดไฟฟ้าในบริเวณที่พักเจ้าหน้าที่ โดยคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าในฟาร์มโคเนื้อสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ในการงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในฟาร์มโคเนื้อบริเวณส่วนที่หนึ่ง โดยโหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อและเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากชุดแผงโซลาร์เซลล์เป็นแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแต่อุปกรณ์หรือโหลดที่ใช้แบบไฟฟ้ากระแสสลับดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อินเวอเตอร์ในการแปลงไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งการแปลงไฟดังกล่าวจะมีค่าสูญเสียซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์ ซึ่งประสิทธิภาพโดยทั่วไปของอินเวอเตอร์อยู่ที่ประมาณ 90-95% โดยเฉพาะอินเวอเตอร์ชนิด MPPT ค่อนข้างมีประสิทธิสูงถึง 95%

ตารางที่ 4.5 ค่าคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

โหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1					
ประเภทโหลด	**จำนวน**	**ขนาด (วัตต์/หน่วย)**	Watt	**ชั่วโมง**	Wh
หม้อแปลงลวดกันวัว	1	5	5	24	120
หลอดไฟกันแมลง	23	7	161	13	2,093
หลอดสปอร์ตไลน์	3	50	150	10	1,500
ตู้แช่	1	90	90	24	2,160
รวม	32		406		5,873

ดังนั้นในการออกแบบจะต้องคำนวณเพื่อชดเชยพลังงานที่สูญเสียในจุดนี้ได้พิจารณาประสิทธิภาพของอินเวอเตอร์ชนิด MPPT ซึ่งประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 95% และเมื่อพิจารณาจากปริมาณโหลดที่คำนวณในตามตารางที่ 4.5 ปริมาณโหลดที่ต้องการอยู่ที่ประมาณ 5,873 Wh ดังนั้นพลังงานที่จะใช้สามารถคำนวณได้คือ

$$\text{โหลดรวม} = \frac{5,873}{0.95} = 6,182\text{Wh}$$

ดังนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 6,182 Wh หรือพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 6.182 kWh

4.4.2 ผลการคำนวณขนาดความจุของแบตเตอรี่

ในการออกแบบขนาดแบตเตอรี่ที่จะเก็บประจุเพื่อรองรับการใช้ไฟฟ้าในส่วนที่หนึ่งหรือโหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อจะต้องพิจารณาค่าแรงดันของระบบที่ต้องการออกแบบ

การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 6,182 Wh หรือพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 6.182 kWh โดยแรงดันระบบในการออกแบบอยู่ที่ 24 โวลท์ ซึ่งจากค่าพลังงานชั่วโมงที่ใช้ต้องแปลงเพื่อหาขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้โดยข้อมูลขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องการจะอยู่ในหน่วย ขนาดกระแสไฟฟ้าชั่วโมง (Ah) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$P = V \times I \tag{4.1}$$

โดยกำหนดให้ P หมายถึง กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V หมายถึง แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)

I หมายถึง กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

ดังนั้นจากสมการที่ 4.1 สามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าได้เมื่อเราทราบขนาดกำลังไฟฟ้าโหลดที่ต้องการและขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับระบบ

ก็จะได้

$$I = \frac{P}{V} = \frac{6182}{24}$$

$$I = 257.58 Ah$$

ดังนั้นขนาดความจุของแบตเตอรี่ที่ต้องการคือ 257.58 *Ah* โดยทั่วไปการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่จะมีค่าที่สำคัญที่ต้องพิจารณาคือค่าเปอร์เซ็นของพลังงานที่แบตเตอรี่เก็บไว้ได้ (Dept Of Discharge; DOD) โดยในการออกแบบจะออกแบบให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานที่ความลึก

ประมาณ 30-60% เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ควรเป็นแบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle ดังนั้นการวิจัยนี้ได้พิจารณาออกแบบให้สามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ถึง 60% เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนการคำนวนณหาขนาดแบตเตอรี่

แทนค่า DOD เป็น 60% จะได้

$$\text{BatteryCapacity} = \frac{\text{Battery(Ah)}}{\text{DOD(\%)}} = \frac{257.58}{0.6} = 429.3\text{Ah}$$

ดังนั้นค่าประมาณแบตเตอรี่ ก็จะได้ขนาดแบตเตอรี่ ที่ขนาดความจุ 429.3 *Ah* ที่แรงดัน 24 Vdc

แต่เมื่อทำการพิจารณาข้อมูล แบตเตอรี่ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่จะมีแรงดันที่ 12 Vdc และที่ความจุที่หลากหลาย เช่น 32*Ah*, 35*Ah*, 40*Ah*, 45*Ah*, 60*Ah*, 70*Ah*, 80*Ah*, 100*Ah*, 110*Ah* 120*Ah*, 150*Ah*, 200*Ah* เป็นต้น

ดังนั้นเปรียบเทียบค่าประมาณแบตเตอรี่ และขนาดแบตเตอรี่ที่มีขายทั่วไปก็จะได้ขนาดแบตเตอรี่ ที่ขนาดความจุ 480 *Ah* ที่แรงดัน 24 Vdc โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ 120 Ah ขนาดแรงดัน 12 Vdc จำนวน 4 ลูก

จากหลักการต่อของแบตเตอรี่เมื่อนำแบตเตอรี่ มาอนุกรมกันจะได้แรงดัน (Volt) เพิ่มในขณะกระแสคงที่ และ การต่อขนานกันจะได้กระแส (Amp) เพิ่มขึ้นขณะแรงดันไฟฟ้าจะคงที่

ดังนั้นจำนวนแบตเตอรี่ ที่ต้องอนุกรมกัน

$$= \frac{\text{System_Voltage}}{\text{Battery_Voltage}} = \frac{24\text{Vdc}}{12\text{Vdc}} = 2_\text{unit}$$

ดังนั้นจำนวนความจุแบตเตอรี่ (ที่ต่ออนุกรม)

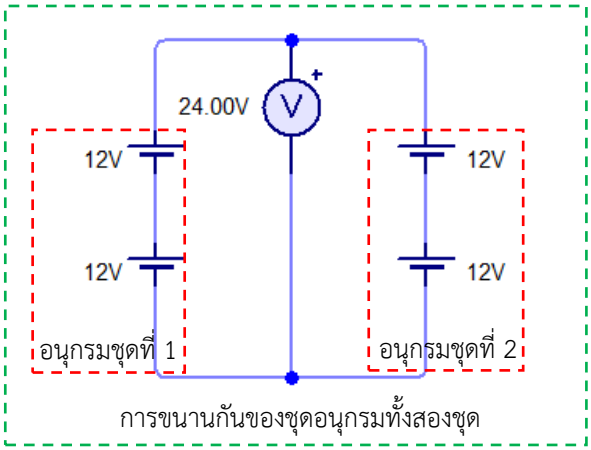
$$= \text{Battery_Cap.1} + \text{Battery_Cap.2} = 120 + 120 = 240\text{Ah}$$

จำนวนชุดแบตเตอรี่ ที่ต้องขนานกัน

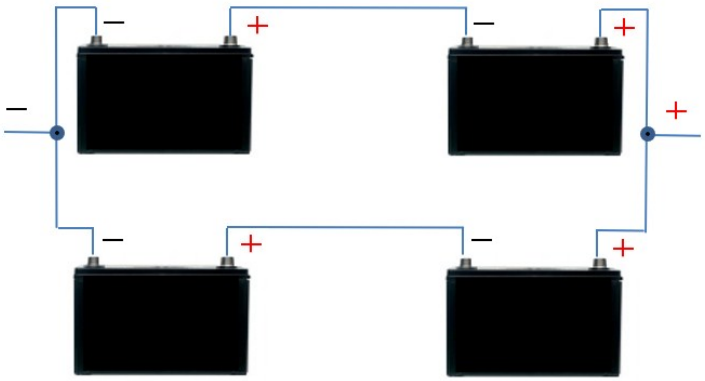
$$= \frac{Battery_Ah_(SystemDesigned)}{Battery_Ah_(Selected)} = \frac{480Ah}{240Ah} = 2_unit$$

ดังนั้นต้องนำแบตเตอรี่ 12 Vdc มาอนุกรมกัน 2 ลูก จะได้ 24 Vdc และได้ความจุแบตเตอรี่ 240 Ah เท่ากับ 1 ชุดและนำมาขนานกัน 2 ชุด ก็จะได้จะได้ ความจุแบตเตอรี่ 480 Ah โดยแรงดันอยู่ที่ 24 Vdc

ดังนั้นสามารถสรุปได้ ใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12 V 120 Ah จำนวน 4 ลูก มาอนุกรมและขนานกัน โดยสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 4.4 - 4.5



รูปที่ 4.4 วงจรการต่อชุดแบตเตอรี่จัดเก็บพลังงาน



รูปที่ 4.5 การต่อชุดแบตเตอรี่จัดเก็บพลังงานจริง

4.4.3 ผลการคำนวณหาขนาดของอินเวอร์เตอร์

ในการคำนวณเพื่อกำหนดขนาดอินเวอเตอร์จะคำนวนจากโหลดโยรวมซึ่งจะเพิ่มแฟคเตอร์เพื่อโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงรวมกับโหลดที่ต้องการจ่ายโดยกำหนดค่าความเผื่อไว้ที่ 25% ของโหลดดังนั้นจะได้ดังสมการที่ 4.2

$$\frac{Total_Loads \times 25}{100} + Total_loads \qquad (4.2)$$

แทนค่า

$$= \frac{406 \times 25}{100} + 406$$

$$= 507.5_W$$

ในการเลือกขนาดอินเวอเตอร์ต้องเลือกขนาดให้สูงกว่า ค่าที่คำนวณได้ และเมื่อเปรียบเทียบขนาดอินเวอเตอร์ที่มีในท้องตลาดพบว่ามีขนาด 750W, 1000W และ 1500W เป็นต้น แต่เนื่องจากต้องการเผื่อโหลดที่จะทดสอบเพิ่มขึ้นในอนาคตและราคาไม่ต่างกันมาก ดังนั้นในการศึกษาเลือกใช้ อินเวอเตอร์ขนาด 1,000 W

4.4.4 ผลการคำนวณหาขนาดและจำนวนแผงโซลล่าเซลล์

ในการคำนวณหาขนาดและจำนวนแผงโซลลาร์เซลล์จะต้องสัมพันธ์กับประเภทของชาร์จเจอร์ ที่จะนำมาใช้งาน จะพิจารณาถึงชั่วโมงในการชาร์จต่อวันโดยพิจารณา ช่วงปริมาณแสงแดดต่อวัน โดยทั่วไปจะพิจารณาที่ 5-6 ชั่วโมง โดยในการศึกษานี้ได้พิจารณาเวลาในการชาร์จที่ 6 ชั่วโมง คือช่วงเวลา 09:30-15:30

การคำนวณขนาดและจำนวนแผงโดยออกแบบให้ทำงานร่วมกับชุดชาร์จเจอร์ จากสมการที่ 4.3

$$PV_capacity = \frac{Totalload(Wh)}{Charging_Time} \quad (4.3)$$

แทนค่าจะได้

$$PV_capacity = \frac{5,873(Wh)}{6} = 978.83_W$$

ดังนั้นขนาดกำลังผลิตของโซลาร์เซลล์อยู่ที่ 978.83 Watt และขนาดของแผงอยู่ที่หากเลือกใช้แผงใช้แผงขนาด 330W ก็จะได้จำนวนแผง ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ 4.4

$$PV_Quantity = \frac{Total_PV_Capacity}{PV_Capacity(Selected)} \quad (4.4)$$

แทนค่าจะได้ $PV_Quantity = \frac{978.83}{330} = 2.96$

จะได้จำนวนแผงที่คำนวณได้คือ 2.96 แต่การใช้งานจริงให้เลือกจำนวนเต็มให้ปัดขึ้น ดังนั้นใช้แผง 330 W จำนวน 3 แผง โดยกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยรวม = 990 W

4.4.5 ผลการคำนวณหาขนาดของชาร์จเจอร์

การคำนวณหาขนาดของชาร์จเจอร์ สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4.5 โดยในการออกแบบต้องพิจารณาค่าส่วนเผื่อที่ 25% เพื่อป้องกันไม่ให้ชาร์จเอร์เกิดความเสียหายเนื่องจากการได้รับภาระโหลดเกิน

$$Charger_capacity = Total_PV_Capacity x 1.25 \quad (4.5)$$

$$Charger_capacity = 990 x 1.25 = 1,238W$$

ดังนั้นการพิจารณาขนาดชาร์จต้องเลือกให้สูงกว่าค่าที่คำนวณได้และพิจารณาแรงดันของชุดแผงที่จะต่อเข้ากับอินเวอเตอร์ซึ่งต้องสามารถทนแรงดันจากชุดแผงโซล่าเซลล์ได้ด้วย โดยในท้องตลาดชุดชาร์จเจอร์ที่มีขายจึงเลือก ขนาด 1500 W โดยทนแรงดันด้านขาเข้าได้สูง 150 Vdc และ ซึ่งสามารถชาร์จกระแสได้สูงสุด 62 แอมแปร์ที่ แรงดันด้านออก 24 Vdc

ดังนั้นจากผลการออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาเซลล์แบบอิสระ (Stand Alone) สำหรับโหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1 โดยปริมาณโหลดอยู่ที่ 507.5 W รวมค่าส่วนเผื่อที่ 25% โดยพลังงานที่ใช้ใน 1 วันอยู่ที่ 5,873 วัตต์ชั่วโมง (Wh) ต่อสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขนาดแผง 330 W จำนวน 3 แผง และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ 990 W
2. อินเวอเตอร์ขนาด 1,000 W (เนื่องจากในท้องตลาดไม่มีขนาด 428.75 W)
3. ชาร์จเจอร์ ขนาด 1,500 W (24Vdc, 62A)
4. แบตเตอรี่ ขนาด 12 V 120 Ah จำนวน 4 ลูก โดยต่อระบบ 24*V* ค่ากระแส 480 *Ah*

4.5 การติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าแผงโซลาเซลล์และชุดกักเก็บพลังงาน

ในการติดตั้งชุดผลิตไฟฟ้าแผงโซลาเซลล์และชุดกักเก็บพลังงานนั้นสามารถอธิบายโดยสามารถ

แสดงได้ดังรูปที่ 4.6-4.7

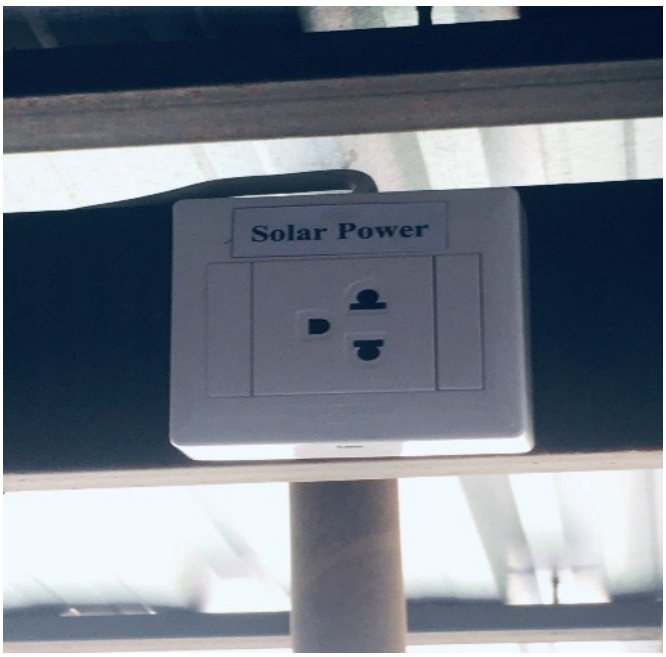
4.5.1 การติดตั้งชุด Solar Power Inverter and Charger

รูปที่ 4.6 การติดตั้งชุด Solar Power Inverter

รูปที่ 4.7 การติดตั้งชุด Charger

4.5.2 การเดินสายไฟฟ้าเพื่อจ่ายไปยังโหลดในฟาร์ม

รูปที่ 4.8 การเดินสายไฟฟ้าและติดตั้งจุดจ่ายไฟเพื่อจ่ายไฟสำหรับโหลดในฟาร์ม



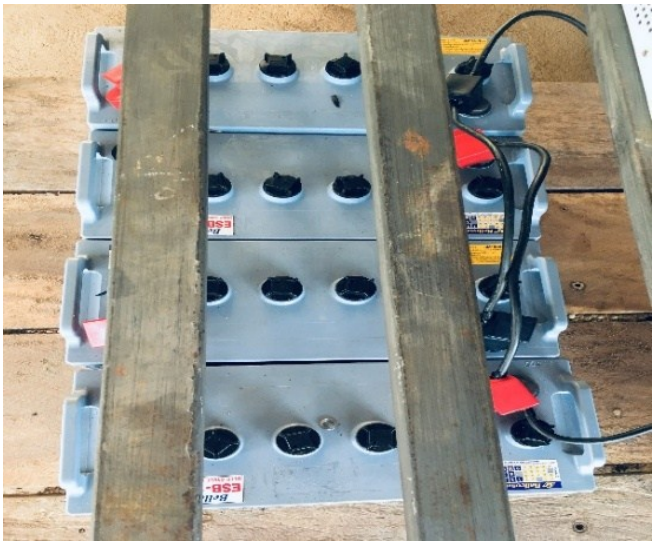
รูปที่ 4.9 การติดตั้งจุดจ่ายไฟเพื่อจ่ายไฟสำหรับโหลดในฟาร์ม

4.5.3 การติดตั้งชุดแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 4.10 รูปแบบการติดตั้งแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 4.11 แผงผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

4.5.4 การติดตั้งชุดแบตเตอรี่และการทดสอบแรงดันในการชาร์จ



รูปที่ 4.12 การติดตั้งชุดแบตเตอรี่

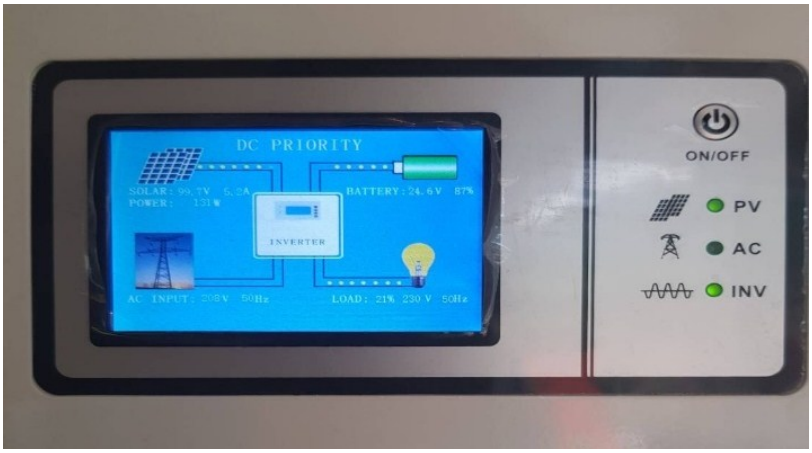
รูปที่ 4.13 การทดสอบแรงดันในการชาร์จ

4.5.5 การทดสอบระดับแรงดันระบบก่อนจ่ายไปยังโหลดในระบบ

รูปที่ 4.14 การทดสอบระดับแรงดันระบบก่อนจ่ายไปยังโหลดในระบบ

รูปที่ 4.15 การทดสอบระดับแรงดันระบบโซล่าเซลล์ก่อนจ่ายไปยังโหลดในระบบ

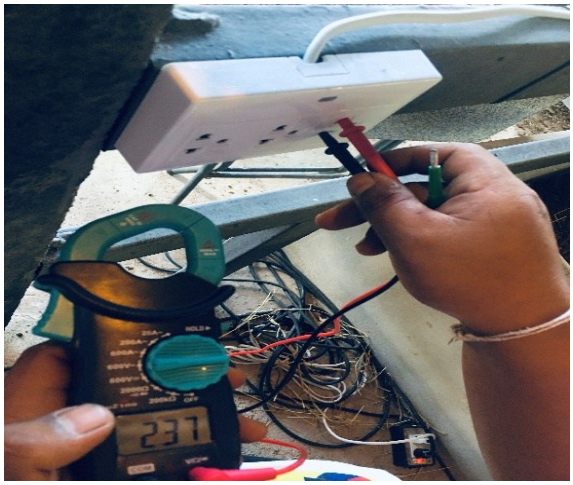
4.5.6 การทดสอบระบบขณะจ่ายโหลด



รูปที่ 4.16 หน้าจอการทำงานการทดสอบระบบขณะจ่ายโหลด

4.5.7 การทดสอบปริมาณกระแสและแรงดันของการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด

รูปที่ 4.17 การทดสอบปริมาณกระแสของการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด



รูปที่ 4.18 การทดสอบปริมาณแรงดันของการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลด

4.5.8 แสดงตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 4.19 การทดสอบจ่ายและการทำงานระบบส่องสว่างไฟไล่แมลง

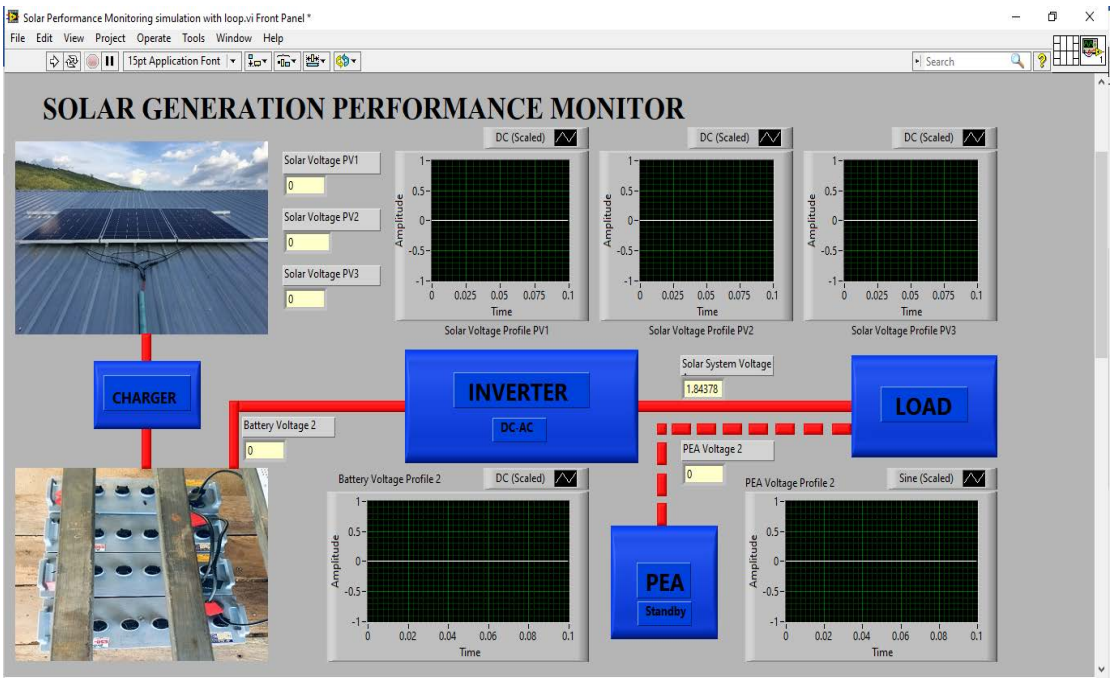
รูปที่ 4.20 การทดสอบจ่ายและการทำงานไฟสปอร์ตไลท์

รูปที่ 4.21 การทดสอบจ่ายและการทำงานของตู้แช่

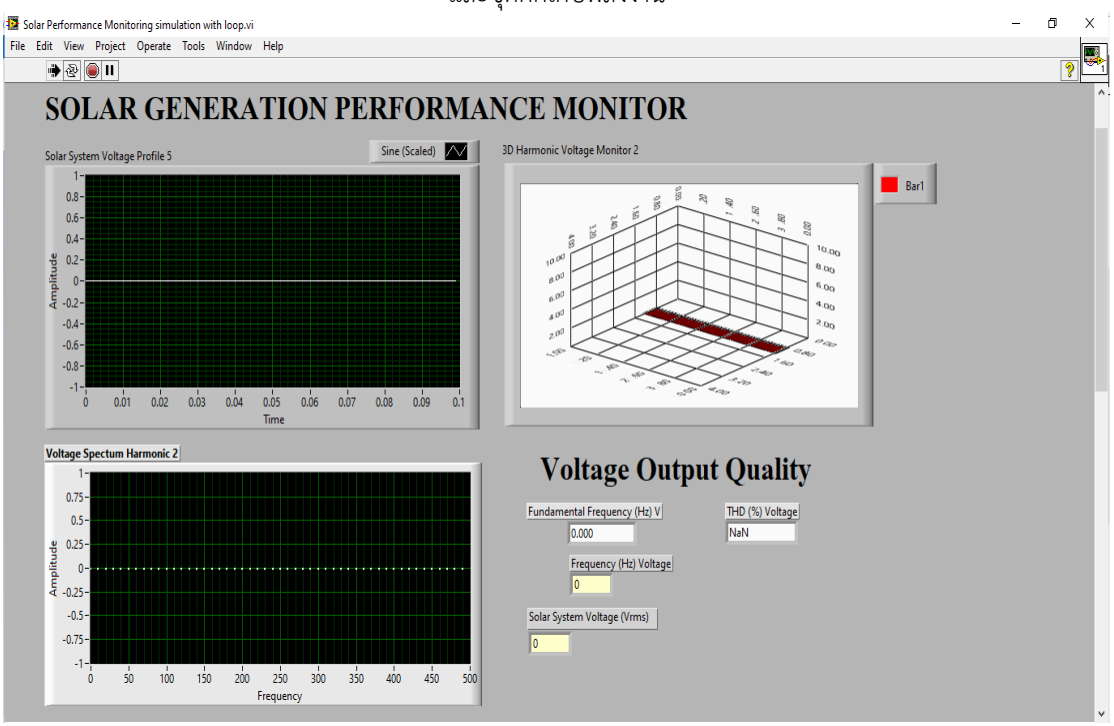
รูปที่ 4.22 การทดสอบจ่ายและการทำงานระบบไฟรั้ว

4.6 ผลการออกแบบชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

ในการออกแบบชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานในการวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ร่วมกับชุดจัดเก็บข้อมูล (DAQ) ในการออกแบบระบบโดยเริ่มต้นจากการออกแบบหน้าจอในการแสดงผลซึ่งในการออกแบบหน้าจอนั้นได้ทำการให้สามารถตรวจวัดระดับแรงดันของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 3 แผง ซึ่งได้ออกแบบไว้ตั้งแต่ต้นซึ่งสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าแต่ละแผงได้สูงสุด 50 Vdc พร้อมกันนี้ได้ออกแบบให้สามารถวัดแรงดันแบตเตอรี่หรือชุดกักเก็บไฟฟ้าโดยออกแบบให้สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าแต่ละแผงได้สูงสุด 50 Vdc เช่นเดียวกันโดยในการออกแบบชุดตรวจวัดแรงดันนั้น ได้ทำการแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้วยกราฟโดยออกแบบให้แสดงการตรวจแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ในการออกแบบยังได้ออกแบบระบบตรวจในการตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของหน่วยงานภายนอกซึ่งในที่นี่คือระดับแรงดันไฟฟ้าหน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กฟภ. (PEA) ว่ายังระบบพร้อมจ่ายไฟฟ้าหรือไม่โดยโดยแสดงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับบนหน้าจอแสดงผล สำหรับแรงดันไฟฟ้าชุดขาออกจากชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดโหลดนั้นในชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานนี้ได้ทำการตรวจวัดแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์ และรวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันโดยได้ทำการออกแบบชุดตรวจวัดฮาร์มอนิกส์ โดยทำการวิเคราะห์ THD (% Voltage) ระดับฮาร์มอนิกส์พร้อมมูล (Fundamental Harmonic) และความถี่แรงดันไฟฟ้า (Voltage Frequency) โดยรูปแบบหน้าจอในการออกแบบนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.23-4.24



รูปที่ 4.23 หน้าจอการตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

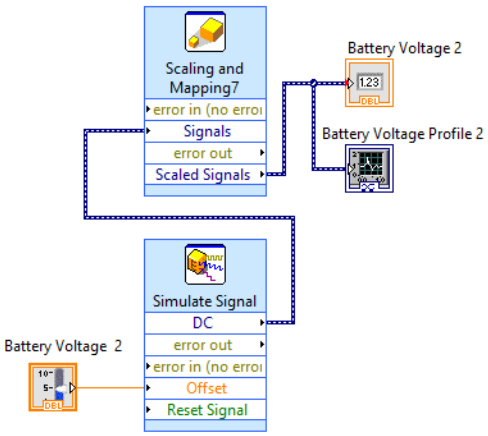


รูปที่ 4.24 หน้าจอการตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าขาออก

โดยในการออกแบบออกแบบโปรแกรมชุดตรวจวัดนั้นได้แบ่งส่วนการออกแบบออกได้เป็นดังนี้

4.6.1 ส่วนออกแบบระบบการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่

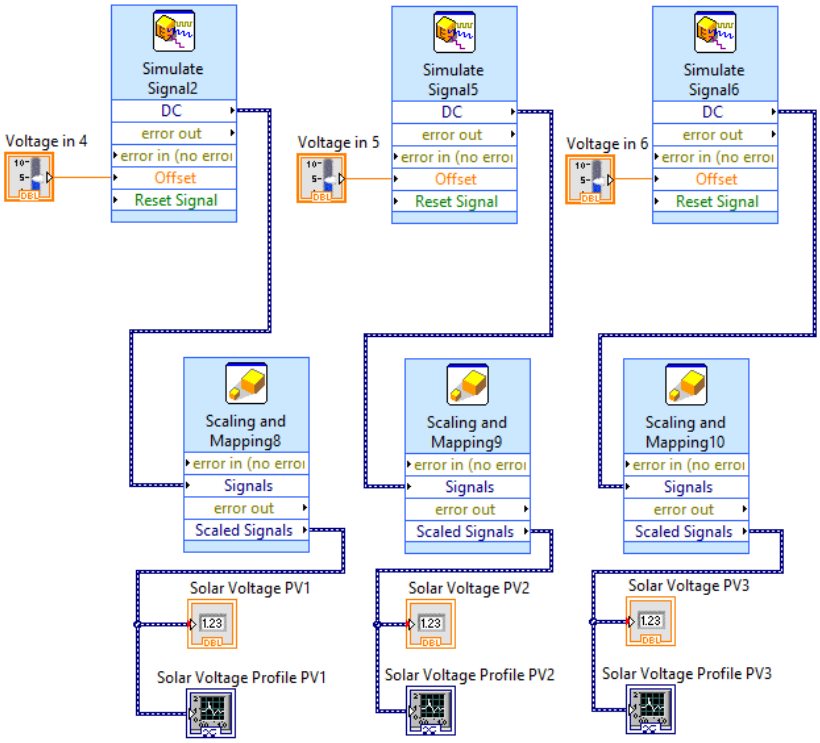
ระบบตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยย่านการตรวจวัดได้กำหนดให้สามารถตรวจวัดได้ 0-50 Vdc เพื่อใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของแบตเตอรี่ว่าแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไรบ้าง เพื่อใช้ในการวางแผนซ่อมบำรุงได้โดยส่วนวงจรของระบบการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่

4.6.2 ส่วนออกแบบระบบการตรวจวัดแรงดันแผลโซล่าเซลล์

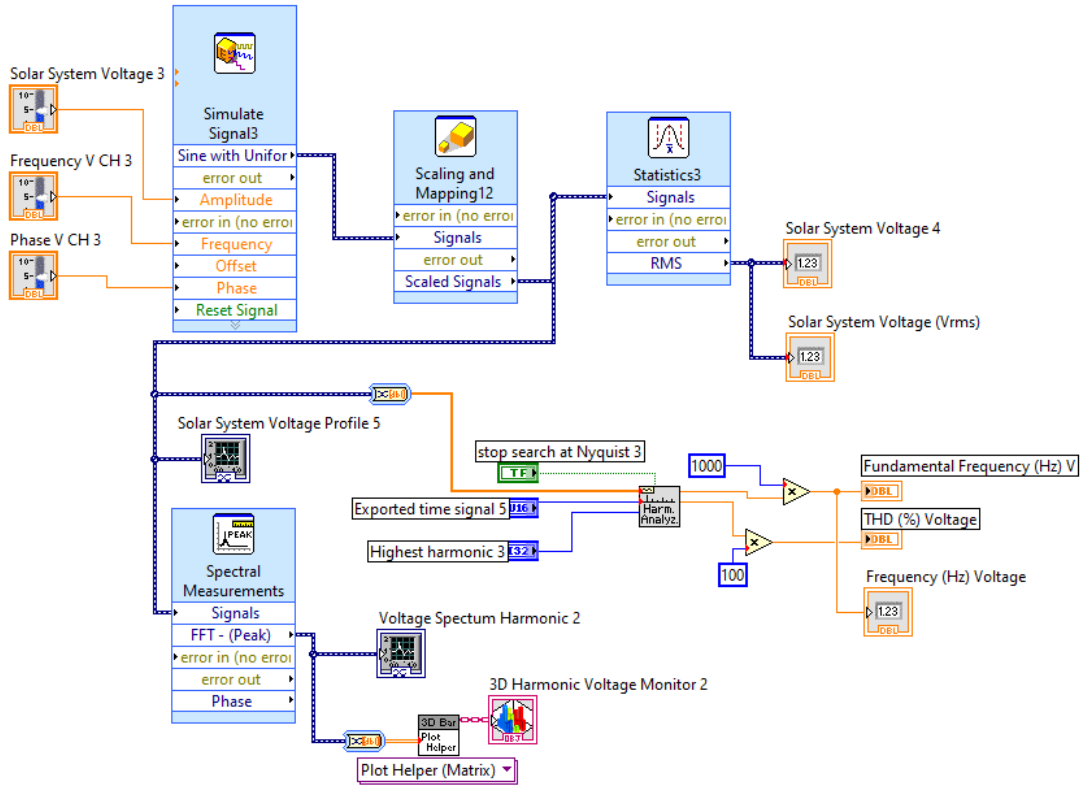
ระบบตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ซึ่งได้ออกแบบให้สามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยย่านการตรวจวัดได้กำหนดให้สามารถตรวจวัดได้ 0-50 Vdc ทั้ง 3 แผงเพื่อใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของแต่ละแผงว่าสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไรบ้างเมื่อทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบกับชุดแผงโซล่าเซล์ชุดอื่น ๆ เพื่อใช้ในการวางแผนซ่อมบำรุงได้โดยส่วนวงจรของระบบการตรวจวัดแรงดันแผลโซล่าเซลล์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.25 โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันแผลโซล่าเซลล์

4.6.3 ส่วนออกแบบระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์

ระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์ นั้นได้ออกแบบให้สามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยย่านการตรวจวัดได้กำหนดให้สามารถตรวจวัดได้ 0-300 Vac เพื่อใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะของอินเวอร์เตอร์ว่าสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ได้หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด และพร้อมกันนี้สามารถตรวจสอบคุณภาพแรงดันไฟฟ้าด้านออกที่จ่ายไปยังโหลดได้ตลอดเวลา เพื่อใช้ในการวางแผนซ่อมบำรุงได้ โดยส่วนวงจรของระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.26

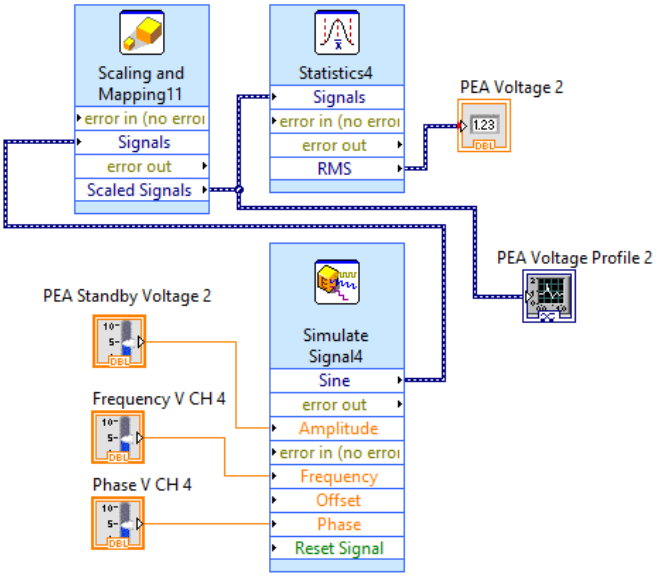


รูปที่ 4.26 โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 4.26 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์คุณภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์ โดยได้ทำการออกแบบชุดตรวจวัดฮาร์มอนิกส์ โดยทำการวิเคราะห์ THD (% Voltage) ระดับฮาร์มอนิกส์หลักมูล (Fundamental Harmonic) และความถี่แรงดันไฟฟ้า (Voltage Frequency) ซึ่งการส่วนการแสดงผลนั้นได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลการตรวจวัดทั้งในระบบตัวและกราฟทั้งแบบสองมิติและสามมิติ

4.6.4 ส่วนออกแบบระบบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง

ระบบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กฟภ.) นั้นได้ออกแบบให้สามารถตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยย่านการตรวจวัดได้กำหนดให้สามารถตรวจวัดได้ 0-300 Vac โดยทำการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรองเพื่อใช้ในการตรวจสอบความพร้อมของระบบไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มีปัญหา โดยชุดโปรแกรมนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.27



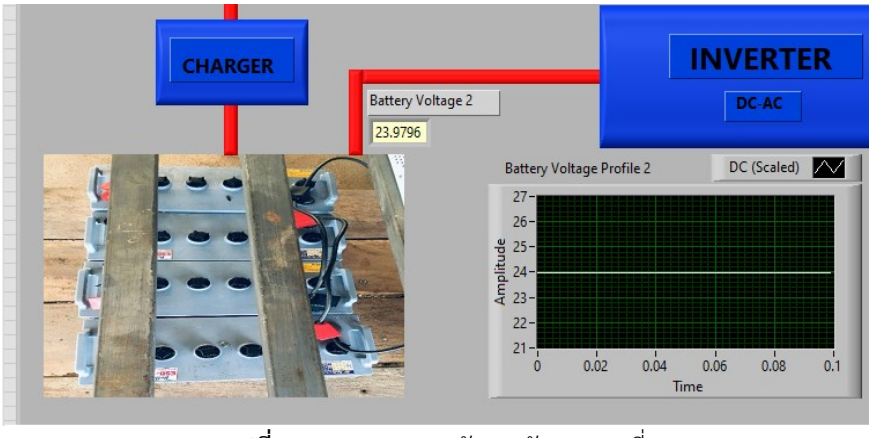
รูปที่ 4.26 โปรแกรมระบบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง
(การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กฟภ.)

4.7 ผลการทำงานชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน

ผลการทำงานชุดตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานในการวิจัยนี้สามารถแสดงได้เป็นระบบย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.7.1 ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่

ผลการตรวจวัดสมรรถนะของแบตเตอรี่ได้ทำการตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่โดยได้แสดงค่าทั้งแบบตัวเลขและแบบกราฟโดยผลการตรวจวัดพบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นั้นวัดได้อยู่ที่ประมาณ 23.97 Vdc ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานที่ได้ออกแบบไว้คืออยู่ที่ 24 Vdc ซึ่งหมายความว่าจุกกักเก็บพลังงานนั้นยังมีสมรรถนะพร้อมที่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดหากมีความต้องการทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.27



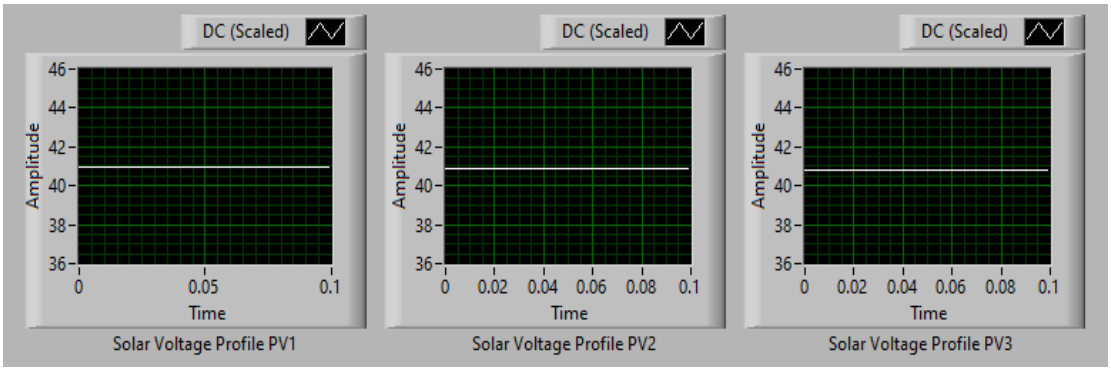
รูปที่ 4.27 ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่

4.7.2 ผลการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์

ผลการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าแผงโซล่าเซลล์ซึ่งได้แสดงผลการตรวจวัดทั้งในรูปแบบตัวตัวเลขและแบบกราฟโดยผลการตรวจวัดทั้ง 3 นั้นค่าผลการตรวจวัดอยู่ที่ประมาณ 40.8-40.9 Vdc โดยพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ทั้ง 3 แผง ดังแสดงในรูปที่ 4.28 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพการผลิตไฟฟ้าของแผลโซลล่าเซลล์นั้นมีสมรรถนะใกล้เคียงกัน หากพบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าของแผงโซลล่าเซลล์นั้นมีตัวใดตัวหนึ่งที่แตกต่างกันออกไปจากกลุ่มแสดงว่าสมรรถนะของแผงนั้นมีคุณภาพลดลงจึงควรตรวจสอบและซ่อมบำรุงแต่หากพบว่าระดับแรงดันไฟฟ้าค่อนค้างต่ำทั้ง 3 แผงในขณะที่ความเข้มแสงนั้นค่อนข้างสูงแสดงว่าสมรรถนะทั้ง 3 แผงนั้นลดลงควรตรวจสอบหรือบำรุงรักษา เช่นการทำสะอาดแผลเป็นต้น ซึ่งนอกจากจะออกแบบให้แสดงแบบตัวเลขยังได้ออกแบบให้แสดงในรูปแบบกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.29

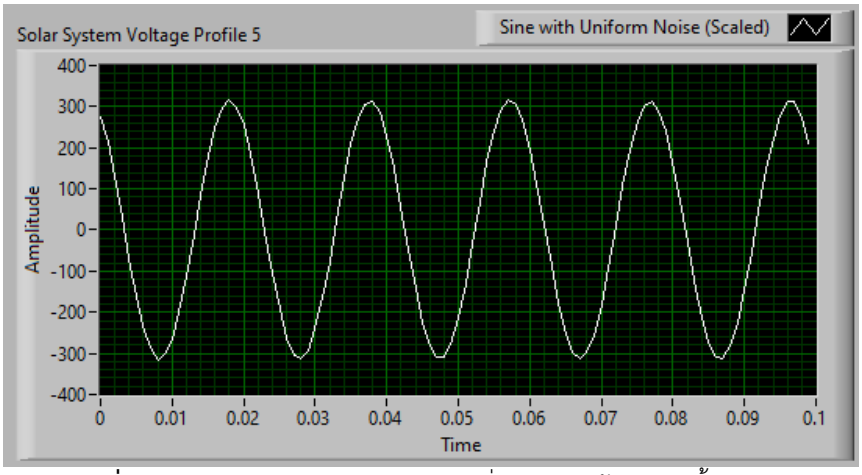
รูปที่ 4.28 ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงตัวเลขทั้ง 3 แผง



รูปที่ 4.29 ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงด้วยกราฟทั้ง 3 แผง

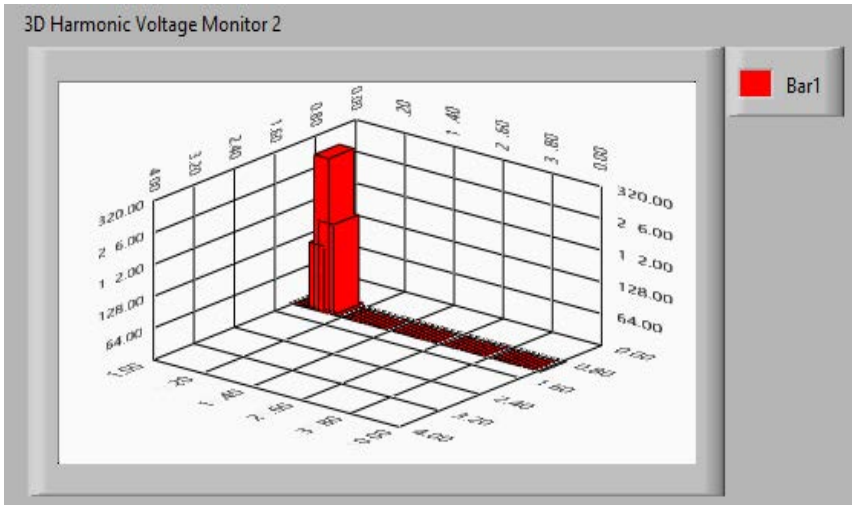
4.7.3 ผลการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์

ผลการตรวจวัดแรงดันและคุณภาพไฟฟ้าด้านออกอินเวอร์เตอร์นั้นในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้สามารถแสดงผลการตรวจวัดลักษณะรูปคลื่นที่ด้านออกว่ามีความเป็นสัญญาณไซน์ (Sine Wave) หรือไม่ ซึ่งกราฟที่แสดงจะเป็นรูปคลื่นแบบพีคทูพีค (Peak to Peak) โดยผลการตรวจวัดนั้นพบว่ารูปคลื่นด้านออกนั้นมีรูปคลื่นเป็นไซน์ โดยค่ายอดของคลื่นอยู่ที่ค่าประมาณ +/- 310 p-p ดังได้อแสดงไว้ในรูปที่ 4.30



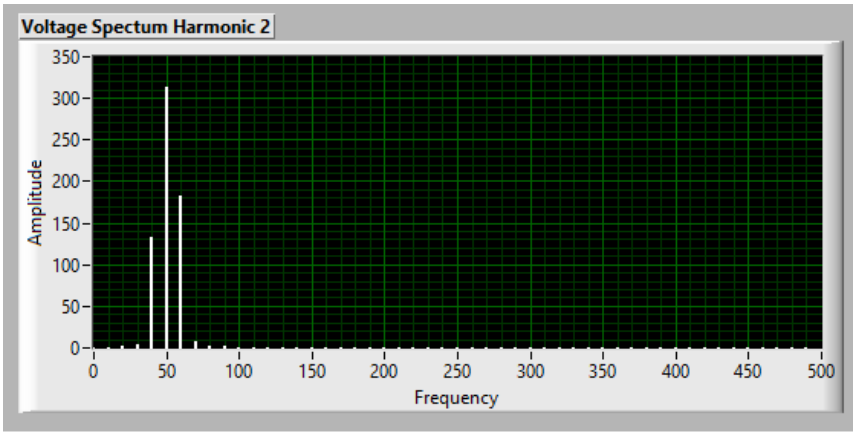
รูปที่ 4.30 ผลการตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่แบบแสดงด้วยกราฟทั้ง 3 แผง

นอกจากนี้ผลการตรวจวัดได้แสดงผลการตรวจวัดระดับค่าฮาร์มอนิกส์ในรูปแบบ 3 มิติโดยผลการตรวจวัดนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.31 ซึ่งเป็นผลการตรวจวัดคุณภาพแรงดันด้านออกของระบบโดยได้วัดค่าด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์



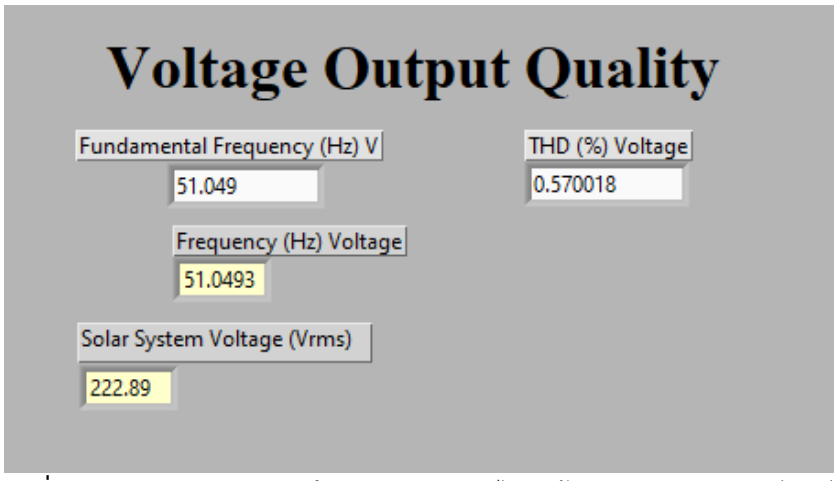
รูปที่ 4.31 ผลการตรวจวัดระดับค่าฮาร์มอนิกส์ในรูปแบบ 3 มิติ

ในส่วนของผลการตรวจวัดได้แสดงผลการตรวจวัดระดับค่าฮาร์มอนิกส์ในรูปแบบ 2 มิตินั้น ผลการตรวจวัดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.32 ซึ่งเป็นผลการตรวจวัดคุณภาพแรงดันด้านออกของระบบโดยได้วัดค่าด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์เช่นเดียวกันกับผลการตรวจวัดระดับค่าฮาร์มอนิกส์ในรูปแบบ 3 มิติ โดยผลการตรวจวัดพบว่าค่าฮาร์มอนิกส์สเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ 50 Hz (Fundamental Frequency) อยู่ที่ประมาณ 310 ค่าฮาร์มอนิกส์สเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ 40 Hz อยู่ที่ประมาณ 130 และค่าฮาร์มอนิกส์สเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ 60 Hz อยู่ที่ประมาณ 180 ดังแสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ผลการตรวจวัดค่าฮาร์มอนิกส์สเปกตรัมของแรงดันไฟฟ้า

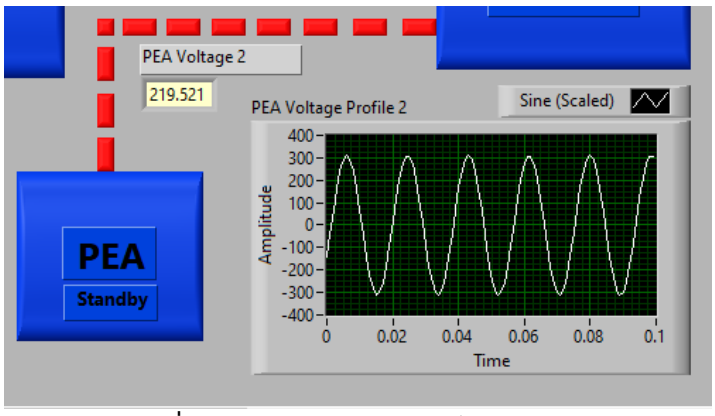
สำหรับผลการตรวจคุณภาพโดยรวมของแรงดันไฟฟ้าด้านออกของชุดอินเวอร์เตอร์นั้นสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.33 โดยผลการตรวจวัดพบว่าค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกไปนั้นอยู่ที่ 51.0493 Hz โดยค่าความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานความถี่ประเทศไทยคือ 50 Hz ซึ่งค่า %THD (Total Harmonic Distortion) ของแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.57% และค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกอยู่ที่ 222.89 Vac (Vrms)



รูปที่ 4.33 ผลการตรวจคุณภาพโดยรวมของแรงดันไฟฟ้าด้านออกของชุดอินเวอร์เตอร์

4.7.4 ผลระบบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง

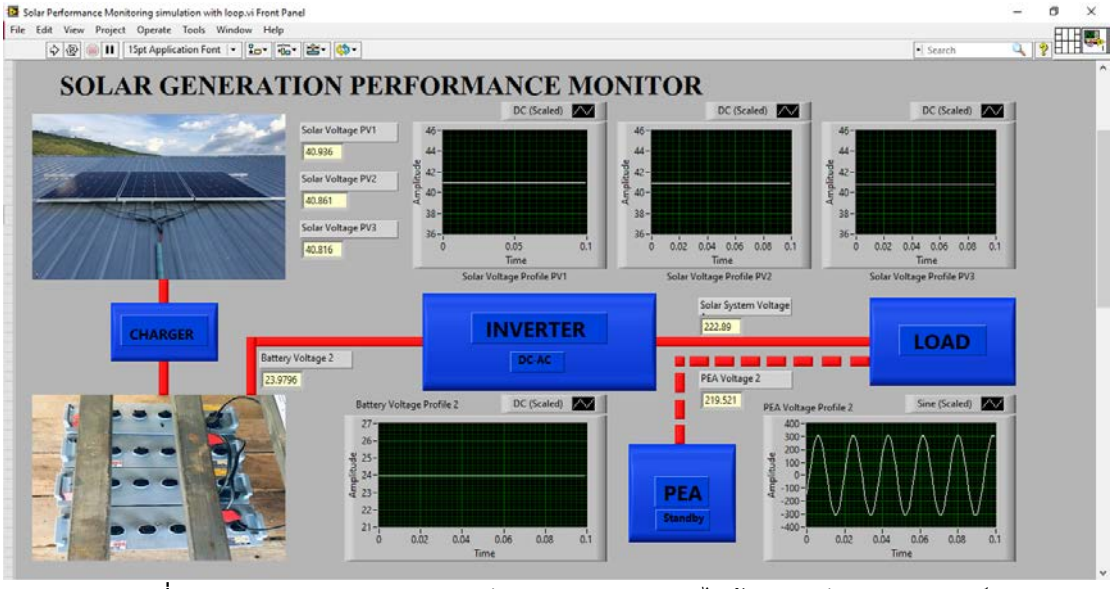
ในระบบตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์นั้นยังได้ทำการตรวจวัดระดับแรงดันของระบบไฟฟ้าสำรองเพื่อตรวจว่าระบบมีไฟฟ้าสำรองพร้อมที่จะทำงานหรือไม่โดยในที่นี่ได้ใช้ระบบไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นระบบไฟฟ้าสำรองซึ่งผลการตรวจวัดได้แสดงทั้งในรูปแบบตัวเลขและรูปกราฟเพื่อตรวจสอบรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าโดยผลการตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้าสำรองอยู่ที่ 219.5 Vac (Vrms) ซึ่งค่าอยู่ในมาตรฐานของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 4.34



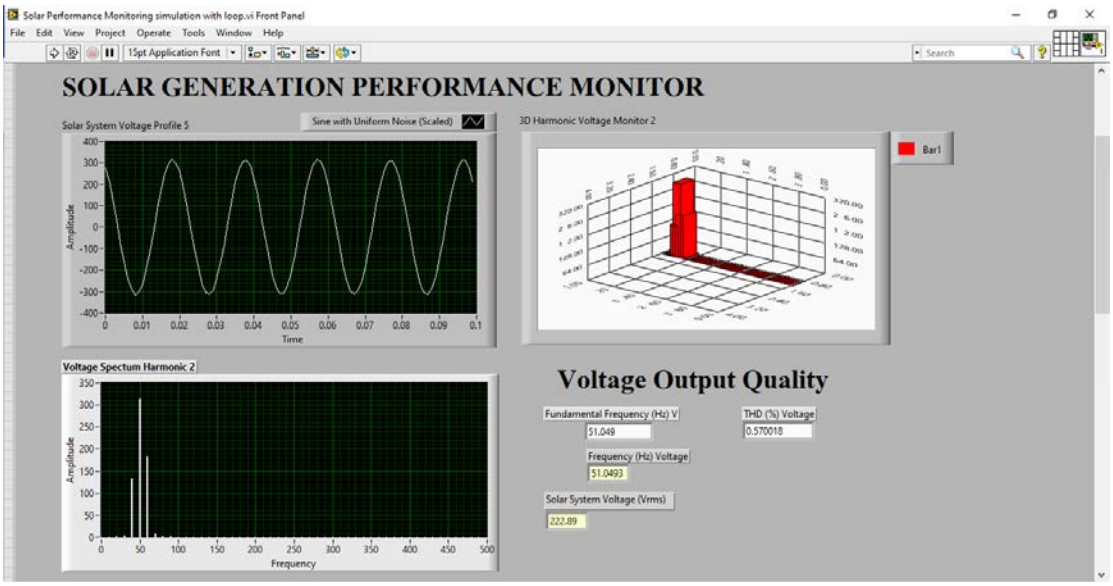
รูปที่ 4.33 ผลการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าสำรอง

4.7.5 ผลการตรวจวัดสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานทั้งระบบ

ในงานวิจัยนี้ภาพรวมของผลการตรวจวัดสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานทั้งระบบนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.34-4.35



รูปที่ 4.34 ภาพรวมของผลการตรวจวัดสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงาน



รูปที่ 4.35 ภาพรวมของผลการตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าด้านออกชุดอินเวอร์เตอร์

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อนำเสนอเทคนิคในการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ตามขนาดและรูปแบบการเปลี่ยนของโหลดไฟฟ้าแบบอิสระ (PV Standalone system) โดยในการออกแบบเพื่อคำนวณหาที่เหมาะสมนั้นได้ใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ปริมาณของโหลดทางไฟฟ้าที่ใช้ในโรงเรือนโคเนื้อและวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของโหลดซึ่งรูปแบบการทำงานของโหลดนั้นสำคัญมากซึ่งทำให้เราทราบปริมาณการใช้ที่แท้จริงเพื่อทำให้การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้านั้นสามารถหาขนาดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้สามารถครอบคลุมกับปริมาณโหลดในรูปแบบนั้น ๆ ซึ่งพบว่าในช่วงเวลา 24 ชม. ฟาร์มเลี้ยงจะใช้พลังงานไฟฟ้า โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 25,417 Wh โดยในการศึกษานั้นได้เน้นในการลดการใช้พลังงานในส่วนที่หนึ่งคือการลดการใช้พลังงานบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1 ซึ่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 5,873 Wh ซึ่งคิดเป็น 23.1 % ของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในฟาร์มโคเนื้อ โดยการออกแบบขนาดของแบตเตอรี่นี้ต้องคำนึงขนาดแบตเตอรี่ที่มีขายในท้องตลาดด้วยเนื่องจากขนาดที่คำนวณได้อาจมีขายในท้องตลาดทั่งไป ซึ่งขนาดของแบตเตอรี่นั้นสำคัญมากในการออกแบบสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ ในส่วนของขนาดของแผงที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้านั้นได้ใช้เทคนิคโดยการพิจารณาจำนวนชั่วโมงแสงแดดที่แท้จริงที่สามารถผลิตไฟฟ้าโดยทำการตรวจวัดค่าความเข้มแสงและตำแหน่งที่ติดตั้งที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่สามารถรับแสงแดดได้นานโดยในการคำนวณนั้นได้กำหนดชั่วโมงในการชาร์จที่ 6 โมงต่อวันในการคำนวณหาขนาดของแผงที่เหมาะสมในการออกแบบซึ่งสองเทคนิคนิคนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบเพื่อให้ได้ขนาดแผงและขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสมโดยผลการออกแบบสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการออกแบบระบบไฟฟ้าโซลาเซลล์แบบอิสระ (Stand Alone) สำหรับโหลดไฟฟ้าในบริเวณฟาร์มเลี้ยงและคอกโคเนื้อ 1 โดยปริมาณโหลดอยู่ที่ 507.5 W รวมค่าส่วนเผื่อที่ 25% โดยพลังงานที่ใช้ใน 1 วันอยู่ที่ 5,873 วัตต์ชั่วโมง (Wh) ต่อสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ขนาดแผง 330 W จำนวน 3 แผง และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ 990 W
2. อินเวอเตอร์ขนาด 1,000 W (เนื่องจากในท้องตลาดไม่มีขนาด 428.75 W)
3. ชาร์จเจอร์ ขนาด 1,500 W (24Vdc, 62A)
4. แบตเตอรี่ ขนาด 12 V 120 Ah จำนวน 4 ลูก โดยต่อระบบ *24V* ค่ากระแส 480 *Ah*

สำหรับในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบระบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานนั้นได้ใช้โปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ในการออกแบบซึ่งระบบตรวจสอบสมรรถนะนั้นสามารถแบ่งออกเป็น ระบบตรวจสมรรถนะของแผลโซ

ล่าเซลล์ ระบบตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ ระบบตรวจวัดแรงไฟฟ้าสำรอง (กฟภ.) และระบบตรวจวัดแรงดันด้านออกเพื่อจ่ายให้โหลดทางไฟฟ้าและระบบตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้าโดยโดยตัวอย่างผลการตรวจวัดพบว่าค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกไปนั้นอยู่ที่ 51.0493 Hz โดยค่าความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานความถี่ประเทศไทยคือ 50 Hz ซึ่งค่า %THD (Total Harmonic Distortion) ของแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.57% และค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกอยู่ที่ 222.89 Vac (Vrms)

5.2 อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดขนาดที่เหมาะสมและการออกแบบระบบต้นแบบเฝ้ามองสมรรถนะสำหรับการผลิตไฟฟ้าผสมผสานเซลล์แสงอาทิตย์และชุดกักเก็บพลังงานเป็นการศึกษาวิจัยพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเทคโนโลยีแรกคือการนำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ใน การผลิตโคเนื้อซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนทางด้านพลังงานไฟฟ้าซึ่งเปรียบเสมือนการเพิ่มผลผลิตในการผลิตโคเนื้อซึ่งพลังงานที่ลดได้คิดเป็น 23.1 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด และเทคโนโลยีที่สองนั้นได้นำเสนอเทคโนโลยีด้านเครื่องมือวัดซึ่งเป็นการซึ่งเป็นพัฒนานวัตกรรมด้านเครื่องมือวัดแบบเรียลไทม์เพื่อนำมาตรวจสอบสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะประกอบไปด้วยระบบตรวจสมรรถนะของแผลโซล่าเซลล์ ระบบตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ ระบบตรวจวัดแรงไฟฟ้าสำรอง (กฟภ.) และระบบตรวจวัดแรงดันด้านออกเพื่อจ่ายให้โหลดทางไฟฟ้าและระบบตรวจวัดคุณภาพแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนในการซ่อมบำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ล่วงหน้าได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

นอกจากการนำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตโคเนื้อนั้นสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในการผลิตโคเนื้อโดยการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์นี้หากกลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อที่มีความสนใจในการนำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กันอย่างแพร่หลายแล้วสามารถที่จะพัฒนาสร้างเป็นระบบไมโครกริด (Micro Grid) ได้เพื่อสร้างความเข้มแข็งด้านพลังงานในชุมชนและกลุ่มผู้เลี้ยงโค

สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปพัฒนาเพื่อทำการตรวจวัดการใช้พลังงานในโรงเรือนเลี้ยงโคเพื่อนำมาวางแผนในการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการใช้พลังงานเพื่อเพิ่มผลผลิตในการผลิตโคเนื้อได้อีกช่องทาง

บรรณานุกรม

หนังสือ/วารสาร

วรนุช แจ้งสว่าง พ.ศ. 2551 Renewable Energy: พิมพ์ครั้งที่ 1

กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี, “การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, http//www.dede.go.th

นพดล รุ่งสวาท, “การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

กฤชนนนท์ สวนจันทร์, “การออกแบบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2560

www.solarcellthailand96.com, “วิธีการคำนวณ และ ออกแบบระบบโซล่าเซลล์ สูตรคำนวณแบตเตอรี่”

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, เอกสารวิชาการ การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์

บทความวิจัย

นฤมล วันน้อย, การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, ปีที่พิมพ์ 2558, ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

นฤมล วันน้อย, เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน, ปีที่พิมพ์ 2558, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม3

Chompoo-inwai,Chow and Mungkornassawakul, Jade, Japan July 8-12 2012, The Data Acquisition system and lab view program in being a smart and low cost three phase disturbance measuring unit, international conference on electrical engineering (ICEEE 2012).

Chow chompooinwai and Jade Munkornassawakul, USA April 4-5 2013. A smart recording power analyzer prototype using Lab view and low-cost data acquisition (DAQ) in being a smart renewable monitoring system, IEEE green tech.

S. Kebaïli and H. BenallaOptimal, “Optimal sizing of a stand-alone photovoltaic systems under various weather conditions in Algeria, Revue des Energies Remunerable, Vol. 18, 2015

M. Reyasudin Basir Khan, Razali Jidin, Sharifah Azwa Shaaya, Dzesmillson Daryll, “Wireless PV Module Performance Monitoring System” Proceedings National Graduate Conference, 2012 (NatGrad2012)

ประวัตินักวิจัย

ประวัติผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาง นฤมล วันน้อย

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Narumon Wannoi

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3409901105146

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม

   คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

   มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 76000

   โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1702, 0-8752-7598-8

   E-mail: n_pue23@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

   ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

   ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   อิเล็กทรอนิกส์กำลังและเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   ชื่อผลงานวิจัย, การควบคุมมุมต่างเฟสของแรงดันและกระแสขาออกของวงจรเรโซแนนซ์ แบบขนานโดยใช้ พีแอลแอล

   ชื่อโครงการ, ระบบไฟส่องสว่างแบบแอลอีดีโดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ชื่อโครงการ, การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชื่อผลงานวิจัย, การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, ปีที่พิมพ์ 2558, ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

ชื่อโครงการ, เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน

ชื่อผลงานวิจัย, เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน, ปีที่พิมพ์ 2558, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ชื่อผลงานวิจัย, การประเมินความเพียงพอกำลังการผลิตจากกราฟกำลังของเครื่องกังหันลมต่อระบบกำลังไฟฟ้าด้วยการจำลองมอนติคาร์โล, ปีที่พิมพ์ 2559, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ชื่อโครงการ, การออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันไฟฟ้าเพื่อสร้างความปลอดภัยด้านไฟฟ้าสำหรับชุมชนบ้านติ้ว ต.บ้านติ้ว อ.หล่มสัก เพชรบูรณ์และใช้เป็นชุมชนต้นแบบในการศึกษาสำหรับองค์กรปกครองท้องถิ่น

ชื่อผลงานวิจัย, การศึกษามาตรฐานและการออกแบบระบบไฟฟ้าของครัวเรือนเพื่อสร้างความปลอดภัยด้านไฟฟ้าสู่ชุมชน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13, 21 – 22 เมษายน 2561, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ชื่อโครงการ การศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างโคมไฟถนนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

ชื่อผลงานวิจัย,การศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างโคมไฟถนนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 19 วันที่ 10 พฤษภาคม 2562 ,มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ชัยสิทธิ์ วันน้อย

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chaisit Wannoi

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3400101600659

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 76000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1702, 0-91-6396689

E-mail: chaisit.w@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการเครื่องมือวัดและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย : เทคนิคใหม่ในการกำหนดและลำดับพื้นที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบกระจายภายใต้การพิจารณาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลัง, ทุนวิจัยส่วนตัว

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : การกำหนดและจัดลำดับสายส่งรองเพื่อรองรับการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าและการสั่งการที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง, งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม,หน้า 648-655, 9 - 10 กรกฎาคม 2563

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

[1] Narumon Wannoi, Nirudh Jirsuwankul, Piampoom Sarikprueck, Chai Chompooinwai and **Chaisit Wannoi,** Novel Techniques for Critical Load Buses Identification and Load Bus's Available Capacity Calculation to Improve Power System Stability, IEEE IAS Industrial and Commercial Power System Asia Technical Conference, PP 799-804, 2020

[2] Narumon Wannoi, Nirudh Jirsuwankul, Piampoom Sarikprueck, Chai Chompooinwai and **Chaisit Wannoi,** A Novel Technique to Identify Proper Locations for Distributed Renewable Generation Integration to Minimize Contingency Impact, IEEE IAS Industrial and Commercial Power System Asia Technical Conference, PP 276-281, 2020

[3] **Chaisit Wannoi**, Narumon Wannoi, "The Secondary Transmission Lines Defining and Ranking to Support Power Transfer and Proper Dispatch for Power System Control**",** NPRU12, 2020

[4] **Chaisit Wannoi**, Narumon Wannoi, C**.**Boonkhun, C**.**Temiyasathit, Chai Chompoo**-**inwai, "A Novel Transmission line's ATC Assessment Method by Considering the Generation Dispatch Limit (GDL) and Renewable Generation Capacity with Power Flow Sensitivity Analysis", International Journal of Intelligent Engineering and Systems, Vol.12, pp. 179-189 No.5, 2019.

[5] Supattarachai Jitchobjai, **Chaisit Wannoi**, Nirudh Jirasuwankul and Chai/Chow Chompoo-inwai, "Optimum Operation Scheme of Solar Power Generation System on a High-level Voltage Area to Avoid Overvoltage Problem", The International Conference on Electrical Engineering, Japan, ICEE2016 ID 90331, July, 2016.

[6] **Chaisit WANNOI**, S. JITCHOPJAI, N. WANNOI, S. BUNJONGJIT and Chow / Chai CHOMPOO-INWAI, "A Proper Location FACTS Device Placement and Primary Generation Response Definition for Multi-Lines Buses Security Enhancement Under Contingency Analysis", The International Conference on Electrical Engineering, Japan, ICEE2016 ID 90381, July, 2016.

[7] **Chaisit Wannoi**, Anulak Khumdee, Narumon Wannoi and Chow / Chai Chompooinwai, "An Optimum Technique for Renewable Power Generations Integration to Power System using Repeated Power Flow Technique Considering Voltage Stability Limit", International Electrical Engineering Congress, Thailand, iEECON2016, Page 38, 2-4 March 2016.

[8] **Chaisit Wannoi**, Anulak Khumdee, Narumon Wannoi, C. Boonkun, Chow / Chai Chompoo-inwai, “An Impact Study and Operation Recommendation in Peak Load Period after Solar Power Integration to Northeastern Power System in THAILAND”, The International Conference on Electrical Engineering, Hong Kong, ICEE2015A-446, July, 2015.

[9] Supattarachai Jitchobjai, **Chaisit Wannoi**, Warawat Tangsrianukul and Chai Chompoo-inwai, “A Technology Assessment and Financial Indices Study to Achieve an Appropriate Range of Incentive Mechanism for Solar Energy Promotion in THAILAND”, The International Conference on Electrical Engineering, Korea, ICEE2014, June 15-19, 2014.

[10] **ชัยสิทธิ์ วันน้อย**, ดุสิต สุขสวัสดิ์, เชาว์ ชมภูอินไหว และ ชาย ชมภูอินไหว, “การศึกษาเสถียร ภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทยและข้อเสนอแนะเพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกติ”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON32), หมายเลข PW064, 29-30 ตุลาคม 2552, มหาวิทยาลัยมหิดล