การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ
DEVELOPMENT OF THE ON-GRID SOLAR ENERGY GENERATOR SYSTEM WITH ZERO EXPORT

สมเจตน์ บุญชื่น[1*] สุภัตรา ปินจันทร์[1] เกรียงศักดิ์ ไกรกิจราษฎร์[2] สารัลย์ กระจง[1] ธนภูมิ เฟื่องเพียร[1]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Somjate Bunchuen[1*] Supattra Pinchan[1] Kreangsuk Kraikitrat[2]
Saran Krachong[1] Thanapoom Fuangpian[1]
[1]Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University
[2]Faculty of Engineering, Phayao University
*Corresponding author e-mail: somjate.bun@live.uru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ โดยใช้ข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งและใช้งานจริงเป็นข้อมูลต้นแบบจากโซล่าเซลล์โพลีคริสตัลไลน์ขนาด 330 วัตต์ เป็นตัวผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเข้ากริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 วัตต์ โดยมีบอร์ดอาดูโน่ (Arduino Uno R3) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโซลิดสเตตรีเลย์ ในการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจาก 3 แหล่ง คือ ระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้า, การเก็บค่าจากกริดไทอินเวอร์เตอร์, และโหลดที่ใช้งานจริง เพื่อการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบพบว่า การทำงานของระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถควบคุมการผลิตไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

คำสำคัญ: ระบบกำเนิดไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ ออนกริด

Abstract

The objectives of this research paper were to develop and find the efficiency of the on-grid solar energy generator system with zero export. All of the solar energy performance from the generator system was calculated in the research. The components are the polycrystalline silicon solar cell 330 W, grid tie inverter 600 W and the control system using Arduino UNO R3. The sources of solar energy are as follows: Electrical distribution system, Grid tie inverter and Load. The control system performance was found that the on-grid solar energy generator system with zero export is suitable with the engineer technical term and it could generate power energy correctly according to the principles of engineering design.

Keywords: Generator System, Solar Energy, On-Grid

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินชีวิตและการพัฒนาประเทศ ที่ผ่านมาความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประมาณร้อยละ 4-5 ต่อปี ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตประจำวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (กระทรวงพลังงาน, 2566) โดยพลังงานทดแทนต่าง ๆ ถือเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้ทดแทนพลังงานอื่น ๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งนับวันมีแต่จะลดปริมาณลงเรื่อย ๆ และยังมีพลังงานทดแทนที่สำคัญ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานจากความร้อนใต้พิภพ พลังงานคลื่น เชื้อเพลิงชีวภาพ พลังงานจากขยะเหล่านี้ล้วนเป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้พลังงานทดแทนดังกล่าวบางชนิดยังถือเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewal Energy) ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย จากวิกฤตพลังงานทำให้หลายหน่วยงานให้ความสำคัญหาวิธีการที่จะลดการใช้พลังงานและหาพลังงานทดแทน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดและมีทุกหนทุกแห่ง โดยเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ที่เปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยไม่ต้องบำรุงรักษามากและมีอายุการใช้งานยาวนานถึง 30 ปี ได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับระบบแสงสว่างเป็นการประยุกต์ใช้อีกลักษณะที่มีประโยชน์ในวงกว้างทำให้มีการลดการใช้ค่ากระแสฟ้าและเนื่องจากในปัจจุบันทุกครัวเรือนมีการอุปกรณ์ไฟฟ้าที่หลากหลายชนิดเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการในชีวิตประจำวัน พลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ด้วยตัวเองเมื่อมีแสงอาทิตย์ สามารถใช้พลังงานทดแทนแทนพลังงานไฟฟ้า (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2566)

ปัจจุบันระบบกำเนิดพลังงานแสงอาทิตย์ มีด้วยกัน 3 ระบบ คือ 1. ระบบออนกริด (On-Grid System) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ (Solar Panels) ที่เชื่อมต่อกับระบบสายส่งของการไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าระบบนี้จะใช้แผงโซลาร์เซลล์สำหรับการกำเนิดไฟฟ้า หลังจากนั้นจะจ่ายไฟให้กับกริดไทอินเวอร์เตอร์ (Grid Tie Inverter) โดยหลักการจะทำการแปลงไฟกระแสตรง (DC) จากแผงโซล่าเซลล์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และจะเชื่อมต่อเข้าระบบไฟบ้าน เพื่อทำการขายไฟฟ้าคืนหรือลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าได้ (นครินทร์ รินพล, 2558) 2. ระบบออฟกริด (Off Grid) ระบบโซลาร์เซลล์แบบออฟกริดนี้ไม่เชื่อมต่อกับการไฟฟ้าหรือเรียกว่าเป็นระบบ Stand Alone ผู้ติดตั้งโซล่าเซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองไม่ต้องขออนุญาตจากการไฟฟ้า ซึ่งสามารถแยกหมวดย่อยลงไปได้อีกตามลักษณะแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้งานเหมาะกับสถานที่ที่ไฟจากการไฟฟ้าไปไม่ถึง เช่น พื้นที่ห่างไกล บนดอยสูงต่าง ๆ เป็นต้น (นภัทร วัจนเทพินทร์, 2554) 3. ระบบไฮบริด (Hybrid Grid) ระบบโซลาร์เซลล์แบบไฮบริดนี้เป็นส่วนผสมระหว่างระบบออฟกริดและออนกริด คือ มีการใช้ไฟจากทั้งการไฟฟ้า ไฟที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ และไฟจากแบตเตอร์รี่ ในกรณีที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้ามากเกินกว่าการใช้งานแบตเตอรี่จะกักเก็บไฟ และสามารถดึงมาใช้ในช่วงเวลากลางคืน แต่ระบบไฮบริดจะไม่สามารถขายกระแสไฟให้กับภาครัฐได้ ปัจจุบันระบบแบตเตอรี่ที่มีมาตรฐานและมีความปลอดภัย ยังมีราคาสูงมาก ทำให้มีระยะเวลาคืนทุนนาน จึงยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุน (WANG Xiao-dong, DAI Xiang and LI Zhi-wei, 2011) จากระบบโซล่าเซลล์ทั้งหมด 3 ระบบ จะมีอยู่หนึ่งระบบที่มีความน่าสนใจคือ ระบบโซล่าเซลล์แบบออนกริด เนื่องจากระบบนี้ไม่มีการใช้งานแบตเตอรี่จึงทำให้ประหยัดงบประมาณในการติดตั้งเนื่องจากราคาแบตเตอรี่มีราคาที่สูงและมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้น แต่ระบบโซล่าเซลล์แบบออนกริดก็ยังปัญหาคือ เมื่อไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจะทำให้พลังงานที่ระบบโซล่าเซลล์ที่ผลิตได้ไหลย้อยกลับไปยังระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าจึงทำให้มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าหมุนย้อนกลับ (William K., Daniel F., Asrilani S., Indra H. T., 2018)

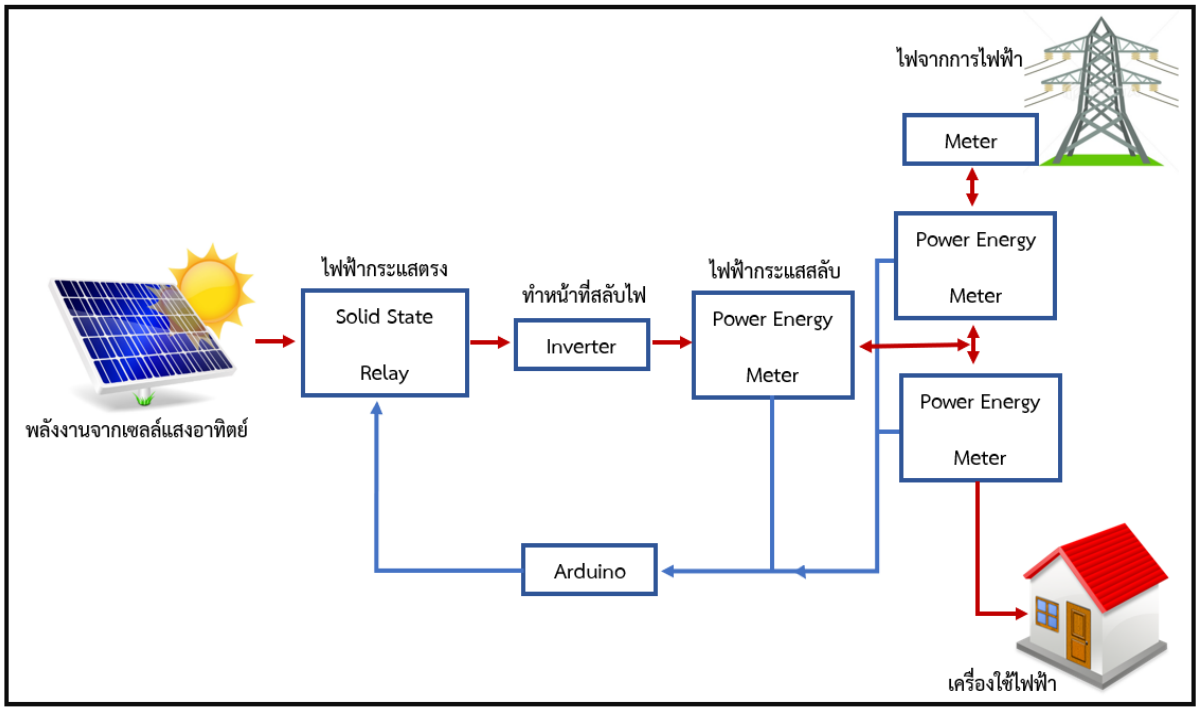
ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ โดยใช้ข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งและใช้งานจริงเป็นข้อมูลต้นแบบจากโซล่าเซลล์โพลีคริสตัลไลน์ขนาด 330 วัตต์ เป็นตัวผลิตไฟฟ้าเพื่อส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเข้ากริดไทอินเวอร์เตอร์ขนาด 600 วัตต์ โดยมีบอร์ดอาดูโน่ (Arduino Uno R3) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโซลิดสเตตรีเลย์สำหรับควบคุมพลังงานตามการใช้งานของผู้ใช้งานเพื่อไม่ให้พลังงานไฟฟ้าจ่ายย้อนกับไปยังระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้า อีกทั้งยังเป็นการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและหาสิทธิภาพของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบออนกริดโดยไม่จ่ายย้อนกลับ

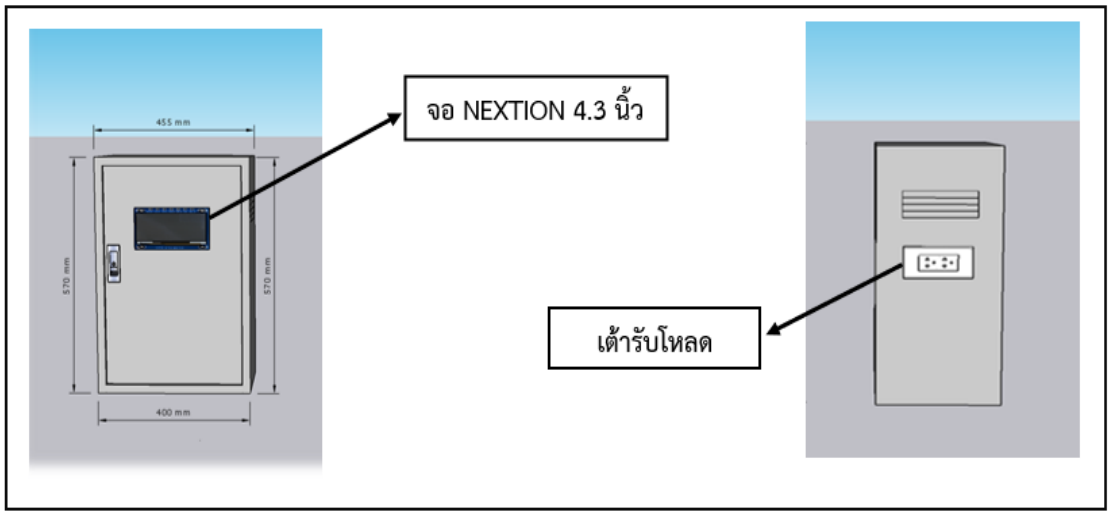
3. เครื่องมือและวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ต้องมีการออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัยที่เกี่ยวกับระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดขนาดเล็กที่สามารถผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ตามพลังงานที่ใช้งานจริง โดยมีหลักการทำงานคือ จะทำการติดตั้งโซลิดสแตรีเลย์สำหรับควบคุมพลังงานจากแผงโซล่าเซลล์ก่อน และทำการต่อไปยังกริดไทอินเวอร์เตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ในการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจาก 3 แหล่ง คือ ระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้า, การเก็บค่าจากกริดไทอินเวอร์เตอร์, และโหลดที่ใช้งานจริง เพื่อนำมาประมวลผลและควบคุมการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการทำงานของระบบทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 1

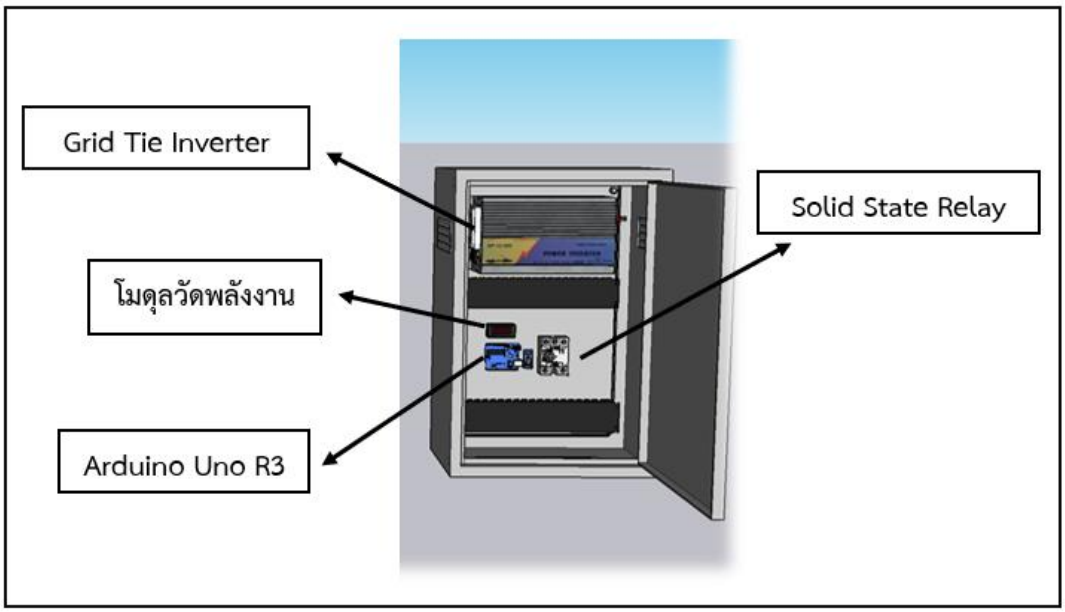


ภาพที่ 1 ภาพรวมระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ

ด้านโครงสร้างภายนอกผู้วิจัยได้ออกแบบตัวเครื่องให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยโครงสร้างตัวเครื่องมีขนาด 40x60 เซนติเมตร ด้านซ้ายของตัวเครื่องได้ทำจุดเชื่อมต่อโซล่าเซลล์ด้วยปลั๊ก MC4 ทั้งขั้วบวกขั้วลบ และยังมีปลั๊กสำหรับนำไปเสียบกับเต้ารับภายในบ้านที่สามารถเชื่อมต่อถอดเก็บได้อย่างสะดวก ส่วนด้านขวาของตัวเครื่องจะเป็นเต้ารับสำหรับนำไปต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้งาน นอกจากนี้ตัวเครื่องยังมีหน้าจอแสดงผลที่สามารถเลือกโหมดการทำงานได้ และสามารถแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเรียลไทม์



ภาพที่ 2 ภาพรวมภายนอกตัวเครื่องระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ



ภาพที่ 3 ภายในตัวเครื่องระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับ

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองและการอภิปรายผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลการทดลองของระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาดต่าง ๆ และส่วนที่ 2 เป็นการสรุปค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองของระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาดต่าง ๆ

4.1.1 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 50 W

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 50 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	46.20	235.00	0.03	7.90
2	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	46.50	235.00	0.03	7.60
3	235.00	0.24	54.10	235.00	0.21	49.90	235.00	0.02	4.20
4	235.00	0.24	54.10	235.00	0.21	49.80	235.00	0.02	4.30
5	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	47.70	235.00	0.03	6.40
6	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	47.40	235.00	0.03	6.70
7	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	47.90	235.00	0.03	6.20
8	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	46.00	235.00	0.03	8.10
9	235.00	0.24	54.10	235.00	0.22	50.80	235.00	0.01	3.30
10	235.00	0.24	54.10	235.00	0.22	51.60	235.00	0.01	2.50
Min	235.00	0.24	54.10	235.00	0.20	46.00	235.00	0.01	2.50
Max	235.00	0.24	54.10	235.00	0.22	51.60	235.00	0.03	8.10
Average	235.00	0.24	54.10	235.00	0.21	48.38	235.00	0.02	5.72

จากตารางที่ 1 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 54.10 W พบว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เฉลี่ยที่ 48.38 W มีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มากที่สุด 51.60 W มีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์น้อยสุดอยู่ที่ 46.00 W และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 5.72 W สูงสุดอยู่ที่ 8.10 W ต่ำสุดอยู่ที่ 2.50 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 50 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.1.2 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 100 W

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 100 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	0.45	105.00	235.00	0.41	96.20	235.00	0.04	8.80
2	235.00	0.45	105.00	235.00	0.42	97.60	235.00	0.03	7.40
3	235.00	0.45	105.00	235.00	0.42	98.40	235.00	0.03	6.60
4	235.00	0.45	105.00	235.00	0.43	100.00	235.00	0.02	5.00
5	235.00	0.45	105.00	235.00	0.44	104.00	235.00	0.00	1.00
6	235.00	0.45	105.00	235.00	0.42	99.40	235.00	0.02	5.60
7	235.00	0.45	105.00	235.00	0.44	103.00	235.00	0.01	2.00
8	235.00	0.45	105.00	235.00	0.44	103.00	235.00	0.01	2.00
9	235.00	0.45	105.00	235.00	0.44	103.00	235.00	0.01	2.00
10	235.00	0.45	105.00	235.00	0.39	92.70	235.00	0.05	12.30
Min	235.00	0.45	105.00	235.00	0.39	96.20	235.00	0.00	1.00
Max	235.00	0.45	105.00	235.00	0.44	103.00	235.00	0.05	12.30
Average	235.00	0.45	105.00	235.00	0.42	100.00	235.00	0.02	5.27

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 105.00 W พบว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เฉลี่ยที่ 100.00 W และมีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มากที่สุด 103.00 W มีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์น้อยที่สุด 96.20 W และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 5.27 W สูงสุดอยู่ที่ 12.30 W ต่ำสุดอยู่ที่ 1.00 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 100 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.1.3 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 150 W

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 150 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	0.68	158.00	235.00	0.66	155.60	235.00	0.01	2.40
2	235.00	0.68	158.00	235.00	0.63	147.50	235.00	0.04	10.50
3	235.00	0.68	158.00	235.00	0.65	151.60	235.00	0.03	6.40
4	235.00	0.68	158.00	235.00	0.67	157.40	235.00	0.00	0.60
5	235.00	0.68	158.00	235.00	0.64	149.40	235.00	0.04	8.60

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 150 W (ต่อ)

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
6	235.00	0.68	158.00	235.00	0.66	155.60	235.00	0.01	2.40
7	235.00	0.68	158.00	235.00	0.64	150.00	235.00	0.03	8.00
8	235.00	0.68	158.00	235.00	0.62	145.70	235.00	0.05	12.30
9	235.00	0.68	158.00	235.00	0.64	149.40	235.00	0.04	8.60
10	235.00	0.68	158.00	235.00	0.64	149.50	235.00	0.04	8.50
Min	235.00	0.68	158.00	235.00	0.62	145.70	235.00	0.00	0.60
Max	235.00	0.68	158.00	235.00	0.67	157.40	235.00	0.05	12.30
Average	235.00	0.68	158.00	235.00	0.64	151.17	235.00	0.03	6.83

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 158.00 W พบว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์เฉลี่ยที่ 151.17 W และมีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์มากที่สุด 157.40 W มีค่ากำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์น้อยที่สุด 145.70 W และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 6.83 W สูงสุดอยู่ที่ 12.30 W ต่ำสุดอยู่ที่ 0.60 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด150 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.1.4 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 200 W

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 200 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	0.90	210.80	235.00	0.84	197.10	235.00	0.06	13.70
2	235.00	0.90	210.80	235.00	0.85	199.60	235.00	0.05	11.20
3	235.00	0.90	210.80	235.00	0.83	195.20	235.00	0.07	15.60
4	235.00	0.90	210.80	235.00	0.88	207.40	235.00	0.01	3.40
5	235.00	0.90	210.80	235.00	0.89	208.40	235.00	0.01	2.40
6	235.00	0.90	210.80	235.00	0.89	208.90	235.00	0.01	1.90
7	235.00	0.90	210.80	235.00	0.89	209.30	235.00	0.01	1.50
8	235.00	0.90	210.80	235.00	0.89	209.30	235.00	0.01	1.50

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 200 W (ต่อ)

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
9	235.00	0.90	210.80	235.00	0.88	206.00	235.00	0.02	4.80
10	235.00	0.90	210.80	235.00	0.86	201.10	235.00	0.04	9.70
Min	235.00	0.90	210.80	235.00	0.83	195.20	235.00	0.01	1.50
Max	235.00	0.90	210.80	235.00	0.89	209.30	235.00	0.07	15.60
Average	235.00	0.90	210.80	235.00	0.87	204.23	235.00	0.03	6.57

จากตารางที่ 4 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 210.80 W พบว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 204.23 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 209.30 W น้อยที่สุด 195.20 W และใช้พลังงานจากการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 15.60 W สูงสุดอยู่ที่ 15.60 W ต่ำสุดอยู่ที่ 1.50 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 200 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.1.5 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 250 W

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 250 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	1.08	254.30	235.00	1.11	249.60	235.00	0.02	4.70
2	235.00	1.08	254.30	235.00	1.13	249.60	235.00	0.02	4.70
3	235.00	1.08	254.30	235.00	1.15	252.00	235.00	0.01	2.30
4	235.00	1.08	254.30	235.00	1.11	250.00	235.00	0.02	4.30
5	235.00	1.08	254.30	235.00	1.11	250.40	235.00	0.02	3.90
6	235.00	1.08	254.30	235.00	1.10	248.10	235.00	0.03	6.20
7	235.00	1.08	254.30	235.00	1.13	249.70	235.00	0.02	4.60
8	235.00	1.08	254.30	235.00	1.12	249.70	235.00	0.02	4.60
9	235.00	1.08	254.30	235.00	1.10	247.60	235.00	0.03	6.70
10	235.00	1.08	254.30	235.00	1.10	249.60	235.00	0.02	4.70
Min	235.00	1.08	254.30	235.00	1.10	247.60	235.00	0.01	2.30
Max	235.00	1.08	254.30	235.00	1.15	250.40	235.00	0.03	6.70
Average	235.00	1.08	254.30	235.00	1.11	249.63	235.00	0.02	4.67

จากตารางที่ 5 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 254.3 W พบว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 249.63 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 250.40 W น้อยที่สุด 247.60 W และดึงจากการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 4.67 W สูงสุดอยู่ที่ 6.70 W ต่ำสุดอยู่ที่ 2.30 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 250 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.1.6 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 300 W

ตารางที่ 6 ตารางบันทึกค่าผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 300 W

ลำดับ	LOAD			SOLAR			PEA		
	V	A	W	V	A	W	V	A	W
1	235.00	1.35	317.10	235.00	1.33	309.50	235.00	0.03	7.60
2	235.00	1.35	317.10	235.00	1.36	314.40	235.00	0.01	2.70
3	235.00	1.35	317.10	235.00	1.34	312.30	235.00	0.02	4.80
4	235.00	1.35	317.10	235.00	1.35	311.40	235.00	0.02	5.70
5	235.00	1.35	317.10	235.00	1.35	312.40	235.00	0.02	4.70
6	235.00	1.35	317.10	235.00	1.34	311.40	235.00	0.02	5.70
7	235.00	1.35	317.10	235.00	1.35	313.00	235.00	0.02	4.10
8	235.00	1.35	317.10	235.00	1.35	314.10	235.00	0.01	3.00
9	235.00	1.35	317.10	235.00	1.30	300.70	235.00	0.07	16.40
10	235.00	1.35	317.10	235.00	1.34	310.30	235.00	0.03	6.80
Min	235.00	1.35	317.10	235.00	1.30	309.50	235.00	0.01	2.70
Max	235.00	1.35	317.10	235.00	1.36	314.40	235.00	0.07	16.40
Average	235.00	1.35	317.10	235.00	1.34	310.90	235.00	0.03	6.15

จากตารางที่ 6 ผลการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับโหลดขนาด 317.10 W โดยที่ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 310.90 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 314.40 W น้อยที่สุด 309.50 W และดึงจากการไฟฟ้ามาใช้ร่วมเฉลี่ยที่ 6.15 W สูงสุดอยู่ที่ 16.40 W ต่ำสุดอยู่ที่ 2.70 W แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดลองระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 300 W ระบบสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าได้ตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้

4.2 สรุปค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

4.2.1 สรุปค่าเฉลี่ยผลการทดลอง

ตารางที่ 7 ตารางสรุปผลการทดลองทั้งหมด

LOAD	Solar				PEA			
	MIN	MAX	Average	Solar/ Load	MIN	MAX	Average	PEA/ Load
(Watt)	(Watt)	(Watt)	(Watt)	%	(Watt)	(Watt)	(Watt)	%
54.10	46.00	51.60	48.38	89.42	2.50	8.10	5.70	10.53
105.00	96.20	103.00	100.00	95.23	1.00	12.30	5.30	5.05
158.00	145.70	157.40	151.20	95.69	0.60	12.30	6.80	4.30
210.80	195.20	209.30	204.20	96.86	1.50	15.60	6.60	3.13
254.30	247.60	250.40	249.60	98.15	2.30	6.70	4.70	1.84
317.10	309.50	314.40	310.90	98.07	2.70	16.40	6.15	1.98

จากตารางที่ 7 เมื่อนำค่าต่าง ๆ จากการทดลองระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับกับโหลดขนาด 50 W, 100 W, 150 W, 200 W, 250 W, และ 300 W พบว่าระบบสามารถควบคุมการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยน้อยกว่าพลังงานที่ใช้งานจริง และใช้พลังงานจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่า 10% จากพลังงานทั้งหมดที่ใช้งานจึงทำให้ระบบไม่มีพลังงานย้อนกับไปยังระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและสำรวจระบบผลิตพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กแบบเชื่อมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า พบว่าขณะไม่มีการใช้พลังงานจะมีพลังงานไฟฟ้าจ่ายย้อนกลับไปที่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ซึ่งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่มีจำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันนี้จะไม่มีอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมกำลังการผลิตไฟฟ้า และทำให้เกิดการหมุนย้อนกลับของกิโลวัตต์ไปยังระบบจำหน่วยของการไฟฟ้าได้ ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นสิ่งที่ผิดกฎหมาย จากปัญหาของระบบออนกริดที่ใช้ร่วมกับระบบของการไฟฟ้าดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะคิดค้นและออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการคุมกำลังไฟฟ้าเพื่อไม่ให้พลังงานไฟฟ้าจ่ายย้อนกลับไปยังระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยใช้ Arduino ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ผลิตหลังงานจากอินเวอร์เตอร์ไม่ให้มากกว่าพลังงานของโหลดที่กำลังใช้งาน และจะใช้พลังงานอีกส่วนจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จากการทดลองระบบพบว่า การใช้โหลดขนาด 54.10 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 48.38 W มีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 51.60 W น้อยสุดอยู่ที่ 46.00 W ที่โหลดขนาด 105 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 100.00 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 103.00 W น้อยที่สุด 96.20 W ที่โหลดขนาด 158.00 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 151.20 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 157.40 W น้อยที่สุด 145.70 W ที่โหลดขนาด 210.80 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 204.20 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 209.30 W น้อยที่สุด 195.2 W ที่โหลดขนาด 254.30 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 249.60 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 250.40 W น้อยที่สุด 247.60 W และที่โหลดขนาด 317.10 W ระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 310.90 W และมีค่ากำลังไฟฟ้ามากที่สุด 314.40 W น้อยที่สุด 309.50 W

สังเกตได้ว่าระบบออนกริดแบบไม่จ่ายย้อนกลับจะผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เท่ากับโหลดและใช้พลังงานจากการไฟฟ้ามาร่วมน้อยกว่า 10% ในระบบทำให้พลังงานของโซล่าเซลล์ระบบออนกริดไม่เกิดการจ่ายย้อนกลับไปที่ระบบจำหน่าย

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. (2566). *สถานการณ์พลังงาน.* สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://www.energy.go.th/th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2566). *พลังงานทดแทน*. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://www.dede.go.th/more_news.php?cid=34&filename=index

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2566). *พลังงานแสงอาทิตย์*. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://webkc.dede.go.th/testmax/node/822

นครินทร์ รินพล. (2558). *คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพฯ: อีโค่แพลนเน็ต.

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2554). *การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตัวเอง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ปทุมธานี: สกายบุ๊ก.

WANG Xiao-dong, DAI Xiang and LI Zhi-wei. (2011). Research on complex power grid cascading failure with generalized stochastic Petri net. *Power System Protection and Control*, 39(14), pp. 113-119.

William S. K., Daniel F. P., Asrilani S., & Indra H. T. (2018). Design and Implementation of Battery Management System for On-grid System. In *2018 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications* (pp.179-183). Bandung, Indonesia.