

สัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริด THE HYBRID-POWERED TRAFFIC LIGHTS

ศุภโชค สิงหะสุริยะ ธนากร วัดแสงศรี รินลดา โสภาคกุล หัตถยา คำภาชี และ อลงกรณ์ พรหมที*
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Supachok Singhasuriya Thanakorn Watsaengsri Rinlada Sopakul, Hattaya Kampasee
and Alongkorn Phromtee*

Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University

(Received: January 9, 2023; Revised: April 15, 2023; Accepted: April 20, 2023)

*ผู้ประสานงาน : อลงกรณ์ พรหมที อีเมล : promtee@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริด มีวัตถุประสงค์เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้กับภาคีรัฐบาลที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ โดยใช้พลังงานแสงแดด แปลงผ่านโซลาร์เซลล์ร่วมกับไฟฟ้า 220 VAC, งานวิจัยใช้แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด $2 \times 80 \text{ W} = 160 \text{ W}$, ออกแบบสัญญาณไฟจราจรแบบ 3 ทิศทาง ควบคุมด้วย Arduino Mega 2560 ใช้เสาหลักยึดโคมเพียงต้นเดียว และได้้นำตู้ควบคุมจริงมาใช้ในการทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหาย ชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริดที่สร้างขึ้นใช้แผงโซลาร์เซลล์แปลงไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้า 220 VAC ด้วย Grid Tie Inverter ขนาด 1000 W ยี่ห้อ SolarEpic สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบได้เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน

จากผลการทดลองพบว่า โคมสัญญาณไฟจราจร 1 ดวง บริโภคกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 10 W และทั้งระบบบริโภคกำลังไฟฟ้าสูงสุด 59.63 W จากการใช้โซลาร์เซลล์ร่วมกับไฟฟ้าจากการไฟฟ้า ผ่านทาง Grid Tie Inverter พบว่าสามารถใช้กำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ทดแทนได้ 60% แผงโซลาร์เซลล์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้เต็มที่ 160 W แต่จากการทดลองพบว่าผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียง 115.6 W เท่านั้น นอกจากนี้ได้ทดลองใช้หลอดไฟฟ้าขนาด $4 \times 200 \text{ W} = 800 \text{ W}$ เพื่อให้มีเตอร์ไฟฟ้าหมุน พบว่าเมื่อเปิดร่วมกับระบบโซลาร์เซลล์สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 26%

คำสำคัญ: โซลาร์เซลล์, พลังงานไฮบริด, ออนกริด

ABSTRACT

The research on hybrid-powered traffic lights aims to conserve electrical power. Solar cells combined with 220 VAC electrical power could provide the electricity. Three-way traffic lights with a single pole were designed and built using a solar cell with a panel of $2 \times 80 \text{ W} = 160 \text{ W}$. The system was controlled by an Arduino Mega 2560, and a control cabinet was employed to prevent damage of the devices. The solar cells that power the hybrid-powered traffic lights are transformed to 220 VAC by a 1000 W, named as Solar Epic Grid Tie Inverter. During the day, it can supply enough power to the system.

The experimental results showed that one traffic light consumed an average of 10 W of electricity, while all system consumed a maximum power of 59.63 W. Using a solar cell together with Electrical Authority via a Grid-Tie Inverter demonstrated that solar cells can provide 60% of the electricity. The solar panel was capable of providing 160 W of power. However, the experiment indicated that the panel could only provide 115.6 W of electricity. In addition, the $4 \times 200 \text{ W} = 800 \text{ W}$ light bulbs was tested for its capacity to rotate the electric meter. That means, when it turned on with the solar cell system, it can save about 26% of electricity.

Keywords: Solar cell, Hybrid Energy, On Grid.

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันการทำงานหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล้วนแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ [1] ถ้าหากใช้พลังงานไฟฟ้ามากเท่าไรพลังงานไฟฟ้าก็จะหมดสิ้นไปเร็วเท่านั้น เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ถ้าสามารถนำพลังงานรูปแบบอื่น ๆ มาแปรสภาพเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ก็จะสามารถทดแทนและประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ในช่วงเวลากลางวันนั้นจะมีแสงแดดที่เป็นพลังงานมหาศาล พลังงานแสงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลาร์เซลล์ [2,3] สำหรับสัญญาณไฟจราจรนั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ในช่วงเวลากลางวันและเปลี่ยนไปใช้ไฟ 220 VAC ในช่วงเวลากลางคืน

เพื่อต้องการประหยัดพลังงานและในตอนนี้ผู้คนหันมาสนใจพลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น แทนการใช้พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป [4,5] จึงได้มีการประดิษฐ์ชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริดที่

ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกันพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านทางแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อประหยัดค่าไฟฟ้าและนำประโยชน์จากพลังงานแสงแดดมาใช้ อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์แม้จะเป็นพลังงานที่เป็นพลังงานมหาศาลแต่แผงโซลาร์เซลล์นั้นก็มีความแพงและใช้พื้นที่ไม่น้อย[6] ทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการติดตั้งและคาดว่าในอนาคตจะพัฒนาระบบสัญญาณไฟจราจรให้ใช้พลังงานน้อยยิ่งกว่าในปัจจุบัน

2. ผลการศึกษา

จากงานวิจัยชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริด มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้เห็นการทำงานของสัญญาณไฟจราจรและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริงได้ ดังนั้นจึงได้ทดสอบประสิทธิภาพของสัญญาณไฟจราจรและการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกันระหว่างไฟจากโซลาร์เซลล์และไฟฟ้า 220 VAC ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ศูนย์การศึกษาสามพร้าว) โดยมีหัวข้อการทดลองดังนี้

1. การทดสอบสถานะการทำงานของสัญญาณไฟจราจร
2. การทดสอบสถานะ, วัฏกระแส, แรงดันและกำลังไฟฟ้าของชุดสัญญาณไฟจราจรโดยใช้เฉพาะไฟ 220 VAC เมื่อไม่เปิด Grid Tie Inverter
3. การทดสอบการใช้ไฟฟ้าร่วมกันระหว่างโซลาร์เซลล์กับไฟฟ้า 220 VAC
4. การทดสอบสถานะการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าในสภาวะเพิ่มโหลดหลอดไฟฟ้า 4x200 W = 800 W

2.1 การทดสอบสถานะการทำงานของสัญญาณไฟจราจร 3 จังหวะ



รูปที่ 1 ตรวจสอบสถานะของเวลาและการติดดับของหลอด LED

ตารางที่ 1 การทดสอบสถานะการทำงานของสัญญาณไฟจราจร 3 จังหวะ ที่ทำการตั้งเวลาไว้ 15, 5, 10 วินาที ตามลำดับ

ครั้งที่	วัน/เวลา ที่ทดลอง	สีหลอด LED	ระบบสัญญาณไฟจราจร 3 จังหวะ					
			โคมไฟจราจร ชุดที่ 1		โคมไฟจราจร ชุดที่ 2		โคมไฟจราจร ชุดที่ 3	
			เวลา (วินาที)	สถานะ (✓)	เวลา (วินาที)	สถานะ (✓)	เวลา (วินาที)	สถานะ (✓)
1	13/5/64 09.00 - 10.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
2	14/5/64 10.00 - 11.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
3	15/5/64 11.00 - 12.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
4	16/5/64 12.00 - 13.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
5	17/5/64 13.00 - 14.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
6	18/5/64 14.00 - 15.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	×
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
7	13/5/64 15.00 - 16.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
8	14/5/64 17.00 - 18.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
9	15/5/64 19.00 - 20.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓
10	16/5/64 20.00 - 21.00 น.	แดง	15	✓	15	✓	15	✓
		เหลือง	5	✓	5	✓	5	✓
		เขียว	10	✓	10	✓	10	✓

การทดสอบการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจร 3 จังหวะ ดำเนินการทดสอบ โดยตรวจสอบสถานะของเวลาและการติด-ดับ ของหลอด LED (แดง, เหลือง, เขียว) ตามคำสั่งที่โปรแกรม

ไว้ โดยโปรแกรมควบคุมใช้ภาษาซีของ Arduino เพื่อควบคุมเวลา ซึ่งสีเขียวจะติดนานด้านละ 10 วินาที ส่วนสีเหลืองติดนาน 5 วินาที และ สีแดงติดนาน 15 วินาที

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า การแสดงสัญญาณไฟจราจรแต่ละดวงโคมนั้นมีความถูกต้องตามที่ตั้งค่าไว้ในโปรแกรมและสามารถนำไปใช้งานได้จริง(จับเวลาโดยใช้ฐานเวลาจากโทรศัพท์มือถือ Huawei mate 20x) แม้ว่าครั้งที่ 6 จะพบผิดพลาดเนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าชำรุด และได้ทำการเปลี่ยนใหม่ก็สามารถใช้งานได้ตามปกติและถูกต้อง

2.2 การทดสอบสถานะ, วัตกระแส, แรงดันและกำลังไฟฟ้าของชุดสัญญาณไฟจราจรโดยเฉพาะไฟฟ้า 220 VAC เมื่อไม่เปิด Grid Tie Inverter

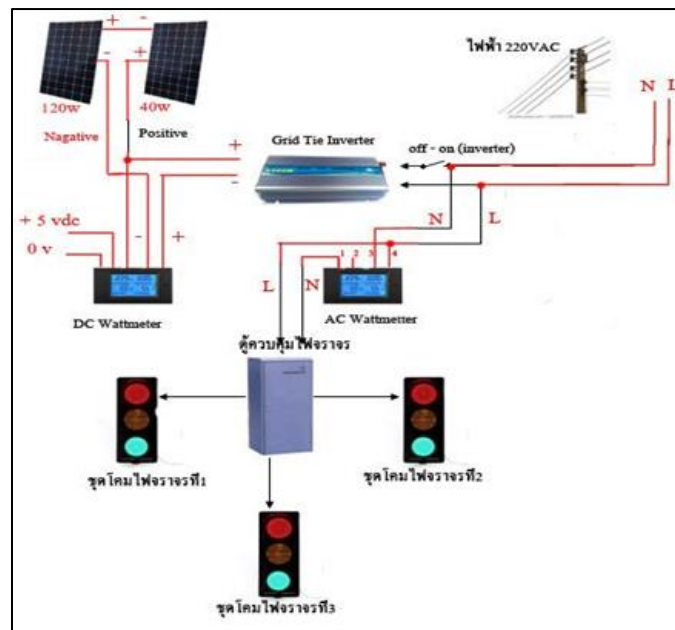
ตารางที่ 2 การทดสอบวัตกระแสดและแรงดันเมื่อไม่เปิด Grid Tie Inverter

วัน/เวลา ทดสอบ	สถานะที่แสดง	สถานะของการใช้ไฟ AC			
		แรงดัน (V)	กระแส (A)	ค่า PF	กำลังไฟฟ้า (W)
28/มิ.ย./64 09.00 – 10.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	224	0.34	0.54	41.64
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
29/มิ.ย./64 10.00 – 11.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	224	0.45	0.60	59.63
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
30/มิ.ย./64 11.00 – 12.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	219	0.45	0.60	59.63
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
1/ก.ค./64 12.00 – 13.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	219	0.45	0.60	59.63
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
2/ก.ค./64 13.00 – 14.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	224	0.34	0.54	41.64
	ค	224	0.30	0.49	32.86

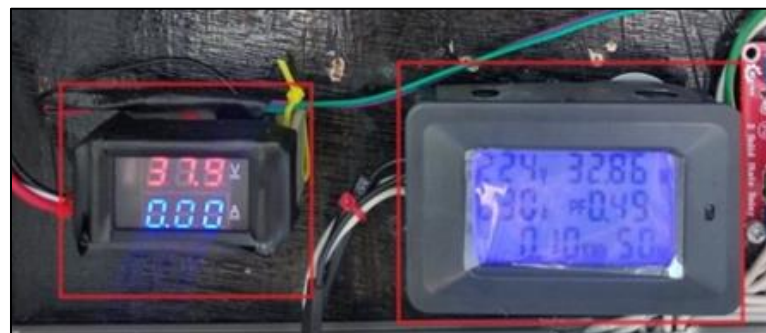
วัน/เวลา ทดสอบ	สถานะที่แสดง	สถานะของการใช้ไฟ AC			
		แรงดัน (V)	กระแส (A)	ค่า PF	กำลังไฟฟ้า (W)
3/มิ.ย./64 14.00 – 15.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	224	0.45	0.60	59.63
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
4/มิ.ย./64 15.00 – 16.00 น.	ก	219	0.17	0.57	21.89
	ข	219	0.45	0.60	59.63
	ค	224	0.30	0.49	32.86
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64
	ง	219	0.45	0.60	59.63
	จ	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	224	0.34	0.54	41.64

ก = เขียว1 แดง2 แดง3, ข = เหลือง1 แดง2 แดง3, ค = แดง1 เขียว2 แดง3, ง = แดง1 เหลือง2 แดง3, จ = แดง1 แดง2 เขียว3, ฉ = แดง 1 แดง 2 เหลือง3

หมายเหตุ : เมื่อไม่เปิด Inverter จะไม่มีแรงดันและกระแสอยู่ที่ Out put ของ Inverter , เฉลี่ยต่อ โคมใช้กำลังไฟฟ้า 10 W , ตู้ควบคุมเฉลี่ย 7 W , บริโภคกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่วัด 21.89 W สูงสุดที่วัดได้ 59.63 W



รูปที่ 2 วงจรการต่อระบบพลังงานไฮบริดโดยใช้เฉพาะไฟฟ้า 220 VAC



รูปที่ 3 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

2.3 การทดสอบการใช้ไฟฟาร่วมกันระหว่างโซล่าเซลล์กับไฟฟ้า 220 VAC

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการใช้ไฟฟาร่วมกับโซล่าเซลล์

วัน/เวลา ที่ทดสอบ	สถานะที่แสดง	สถานะของการใช้ไฟ DC			สถานะของการใช้ไฟ AC			
		แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	ค่า PF	กำลังไฟฟ้า (W)
28/มิ.ย./64 09.00 – 10.00 น.	ก	28.8	1.94	55.87	219	0.17	0.57	21.89
	ข	28.9	1.73	49.99	224	0.34	0.54	41.64
	ค	31.8	1.76	55.96	224	0.30	0.49	32.86
	ง	29.4	2.05	60.27	219	0.45	0.60	59.63
	จ	28.8	1.94	55.87	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	28.9	1.73	49.99	224	0.34	0.54	41.64
29/มิ.ย./64	ก	31.1	1.74	54.11	219	0.17	0.57	21.89

10.00 –11.00 น.	ช	28.9	1.78	51.44	224	0.34	0.54	41.64
	ค	30.8	1.79	55.13	224	0.30	0.49	32.86
	ง	26.5	1.76	46.64	219	0.45	0.60	59.63
	จ	31.1	1.74	54.11	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	28.9	1.78	51.44	224	0.34	0.54	41.64
30/ม.ย./64 11.00 –12.00 น.	ก	28.2	1.48	41.73	219	0.17	0.57	21.89
	ช	32.0	1.33	42.56	224	0.34	0.54	41.64
	ค	29.4	1.47	43.21	224	0.30	0.49	32.86
	ง	30.3	1.43	43.32	219	0.45	0.60	59.63
	จ	28.2	1.48	41.73	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	30.0	1.33	39.90	224	0.34	0.54	41.64
1/ก.ค./64 12.00 –13.00 น.	ก	30.0	1.85	55.50	219	0.17	0.57	21.89
	ช	29.9	1.88	56.21	224	0.34	0.54	41.64
	ค	30.8	1.80	55.44	224	0.30	0.49	32.86
	ง	28.5	1.76	50.16	219	0.45	0.60	59.63
	จ	30.0	1.85	55.50	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	29.9	1.88	56.21	224	0.34	0.54	41.64
2/ก.ค./64 13.00–14.00 น.	ก	28.0	1.58	44.24	219	0.17	0.57	21.89
	ช	31.0	1.46	45.26	224	0.34	0.54	41.64
	ค	29.5	1.47	43.36	224	0.30	0.49	32.86
	ง	32.3	1.63	52.64	219	0.45	0.60	59.63
	จ	28.0	1.58	44.24	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	32.0	1.46	46.72	224	0.34	0.54	41.64
3/ก.ค./64 14.00–15.00 น.	ก	29.2	1.76	51.39	219	0.17	0.57	21.89
	ช	31.5	1.87	58.90	224	0.34	0.54	41.64
	ค	30.1	1.78	53.57	224	0.30	0.49	32.86
	ง	31.9	1.75	55.82	219	0.45	0.60	59.63
	จ	29.2	1.76	51.39	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	31.5	1.87	58.90	224	0.34	0.54	41.64
4/ก.ค./64 15.00-16.00 น.	ก	27.8	1.94	53.93	219	0.17	0.57	21.89
	ช	29.9	1.73	51.72	224	0.34	0.54	41.64
	ค	31.8	1.70	54.06	224	0.30	0.49	32.86
	ง	29.5	2.07	61.05	219	0.45	0.60	59.63
	จ	27.8	1.94	53.93	219	0.17	0.57	21.89
	ฉ	29.9	1.73	51.72	224	0.34	0.54	41.64

จากการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์เมื่อเปิด Grid Tie Inverter และอาศัยไฟฟ้า 220 VAC เพื่อเลี้ยง Grid Tie Inverter , พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากโซล่าเซลล์สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้จริง

ตารางที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้พลังงานร่วมกันและกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ

วัน/เวลา ทดสอบ	กำลังไฟฟ้า DC (Watt) A	กำลังไฟฟ้า AC (Watt) B	ผลต่าง (Watt) A-B	วัน/เวลา ทดสอบ	กำลังไฟฟ้า DC (Watt) A	กำลังไฟฟ้า AC (Watt) B	ผลต่าง (Watt) A-B
28/มิ.ย./ 64 09.00-10.00 น.	55.87	21.89	33.98	30/มิ.ย./64 11.00-12.00 น.	41.73	21.89	19.84
	49.99	41.64	8.35		42.56	41.64	0.92
	55.96	32.86	23.1		43.21	32.86	10.35
	60.27	59.63	0.64		43.32	59.63	-16.3
	55.87	21.89	33.98		41.73	21.89	19.84
	49.99	41.64	8.35		39.90	41.64	-1.7
29/มิ.ย./64 10.00-11.00 น.	54.11	21.89	32.22	1/ก.ค./64 12.00-13.00 น.	55.50	21.89	33.61
	51.44	41.64	9.8		56.21	41.64	14.57
	55.13	32.86	22.27		55.44	32.86	22.58
	46.64	59.63	-12.9		50.16	59.63	-9.47
	54.11	21.89	32.22		55.50	21.89	33.61
	51.44	41.64	9.8		56.21	41.64	14.57

ตารางที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้พลังงานร่วมกันและกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

วัน/เวลา ทดสอบ	กำลังไฟฟ้า DC (Watt) A	กำลังไฟฟ้า AC (Watt) B	ผลต่าง (Watt) A-B	วัน/เวลา ทดสอบ	กำลังไฟฟ้า DC (Watt) A	กำลังไฟฟ้า AC (Watt) B	ผลต่าง (Watt) A-B
2/ก.ค./64 13.00-14.00 น.	44.24	21.89	22.35	4/ก.ค./64 15.00- 16.00 น.	53.93	21.8	32.0
	45.26	41.64	3.62		51.72	41.6	10.0
	43.36	32.86	10.5		54.06	32.8	21.2
	52.64	59.63	-6.99		61.05	59.6	1.42
	44.24	21.89	22.35		53.93	21.8	32.0
	46.72	41.64	5.08		51.72	41.6	10.0
3/ก.ค./64 14.00-15.00 น.	51.39	21.89	29.5	รวม	2155	1536	618
	58.90	41.64	17.26	เฉลี่ย	51.31	36.5	14.7
	53.57	32.86	20.71				
	55.82	59.63	-3.81				
	51.39	21.89	29.5				
	58.90	41.64	17.26				

ใช้กำลังไฟฟ้าจริง 1536 W, ใช้กำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้า 618 W, ผลิตได้ 2155 W , ประหยัด
กำลังไฟฟ้าได้ 60%



รูปที่ 4 ชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริดที่สมบูรณ์

2.4 การทดสอบสถานะการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าในสถานะเพิ่มโหลดหลอดไฟฟ้า 4x200 W = 800 W

ตารางที่ 6 การทดสอบสถานะการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าในสถานะเพิ่มโหลดหลอดไฟฟ้า ขนาด 4x200 W=800 W

ทดสอบ ครั้งที่	จำนวนการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าเมื่อไม่ได้เปิด Grid Tie Inverter (รอบ/นาที) (A)	จำนวนการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าเมื่อ เปิด Grid Tie Inverter (รอบ/นาที) (B)
1	10	8
2	10	8
3	10	7
4	10	7
5	10	7
เฉลี่ย	10	7.4
$\frac{A - B}{\text{ค่าเฉลี่ยรอบทั้งหมด}} = \text{ประสิทธิภาพไฟฟ้าที่สามารถลดได้}$ $\frac{10 - 7.4}{10} \times 100 = 26\%$		

3. สรุปผลการทดลอง

3.1 จากการทดลองสถานะการทำงานของสัญญาณไฟจราจร เป็นระยะเวลา 4 วัน คือ วันที่ 13/มิ.ย./64 – 16/มิ.ย./64 ตั้งแต่เวลา 09.00 – 21.00 น. รวมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งสถานะการทำงานทั้งหมดมีความถูกต้อง 100%

3.2 ชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริดสามารถใช้งานได้จริงและประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ 60% ,ระบบทั้งหมดใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 59.63W (เฉพาะไฟฟ้า 220 VAC), กำลังไฟฟ้าจริงจากโซลาร์เซลล์ผลิตได้สูงสุด 115.6W ที่วัดแรงดัน 34 V และ กระแส 3.4A

3.3 ชุดสัญญาณไฟจราจรพลังงานไฮบริดใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียวไม่ได้ ต้องอาศัยไฟฟ้า 220 VAC ด้วย เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับ Grid Tie Inverter จึงจะสามารถใช้งานได้

3.4 ระบบพลังงานไฮบริดเมื่อเพิ่มโหลดหลอดไฟขนาด 800W พบว่าสามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ 26%

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดและสถานที่สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Albagul, A., Hrairi, M., Wahyudi and Design, M.F. (2006). Development of Sensor Based Traffic Light System. **American Journal of Applied Sciences**, 3, 1745-1749.
- [2] Sun, W. and Mouskos. K.C. (2000). Network-wide traffic responsive signal control in urban environments. In **Proceedings of 4th Intl. Conf. Computational Intelligence & Neurosciences**, USA.
- [3] Transportation Research Board. Design Guidance for High-Speed to Low-Speed Transition Zones for Rural Highways. **National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)**. 2012. Report 737, USA.
- [4] ดนัย พรหมชาติ และประสิทธิ์ จีสงวนพรสุข. (2559). ระบบช่วยตัดสินใจสำหรับเลือกวิธีควบคุม การจราจรของทางแยก. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 11(3), 9-16.

- [5] สันติ นันทจันทร์. (2552). **ชุดจำลองสัญญาณไฟจราจรและนับจำนวนรถยนต์**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] ศิวกร อมตวีระกุล. 2556. **วิธีลดความล่าช้าที่ทางแยกเดียวด้วยการปรับรอบสัญญาณไฟจราจร** (กรณีศึกษา: แยกกา นันธารทิพย์ ถ.พุทธบูชา). **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา แห่งชาติครั้งที่ 19**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.