วารสารวิศวกรรมศาสตร์และวิจัยประยุกต์
Journal of Engineering and Applied Research
Research article
2(1), 37-43

การพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

พลากร พรหมเมศร์[1]* และ สุพิพัฒน์ พานิชธนาคม[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

รับบทความ 11 กรกฎาคม 2566
แก้ไขบทความ 3 ตุลาคม 2566
ตอบรับบทความ 19 ตุลาคม 2566

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาโคมฉายที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยนำไปใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการความสว่างในช่วงเวลากลางคืน พื้นที่การทำงานในสภาวะฉุกเฉินหรือในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักยังเข้าไปไม่ถึง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักในการทำงานของระบบซึ่งประกอบด้วย โคมฉายชนิดหลอดแอล.อี.ดี. ขนาด 50 วัตต์ ต่อร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ที่ขนาดความจุ 65 แอมแปร์-ชั่วโมง โดยมิได้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลักจากอาคารบ้านเรือนหรือระบบจำหน่ายแรงต่ำของการไฟฟ้า ซึ่งใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 250 วัตต์ ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า มีระบบควบคุมการอัดประจุที่สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ทั้งสิ้น 7 รูปแบบ วางอยู่บนโครงสร้างที่ทำจากเหล็กไร้สนิมมีล้อสามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังพื้นที่ที่ต้องการใช้งานได้และสามารถปรับความสูงของโคมฉายเพื่อให้สามารถปรับมุมลำแสงในการส่องสว่างตามความต้องการ

คำสำคัญ : โคมฉาย; พลังงานแสงอาทิตย์; แผงเซลล์แสงอาทิตย์

** ผู้ประพันธ์หลัก E-mail : palakorn.ep@gmail.com*

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และวิจัยประยุกต์
Journal of Engineering and Applied Research
Research article
2(1), 37-43

Development of a Mobile Solar Powered Spotlight

Palakorn Prommet[1]* and Supipat Panichtanakom[1]

[1] Department of Electrical Engineering Princess of Naradhiwas University Narathiwat 96000

Received 11 July 2023
Revised 3 October 2023
Accepted 19 October 2023

Abstract

This paper presents the development of a mobile solar powered spotlight. With the objective of designing and developing portable spotlight for practical use in areas that require illumination during the night, working in emergency conditions or in the event that the main electrical system is still inaccessible. By using solar energy as the main power source for the system operation, which consists of a flood light type L.E.D. 50 watts with a 12 volt battery with a capacity of 65 ampere-hours. It is not connected to the main power system from the house or the low voltage distribution system of the Electricity Authority, which uses a 250 watt polycrystalline solar panel is a source of electrical energy, there is a charge control system that can set a total of 7 types of work. Which is placed on a structure made of galvanized steel with wheels that can be moved to the desired area, and can adjust the height of the flood light, so that can adjust the beam angle to illuminate according to need.

Keyword : Flood Light; Solar Powered; Solar Panel

** Corresponding author E-mail : palakorn.ep@gmail.com*

1. บทนำ

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2566 โดยมีการคาดการณ์ว่าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสุทธิ 203,322 กิกะวัตต์-ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้น 3.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2565 โดยความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด จะอยู่ที่ 34,000 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 1,000 เมกะวัตต์ จากปี พ.ศ. 2565 โดยจากข้อมูลสถิติปี พ.ศ. 2566 จากช่วงเวลาที่มีการศึกษาที่ผ่านมา มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด (Peak) เมื่อวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2566 เวลา 15.43 น. อยู่ที่ 31,054 เมกะวัตต์ เนื่องจาก สภาพอากาศที่ร้อนเพิ่มขึ้นทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง สภาพเศรษฐกิจมีการขยายตัว ธุรกิจด้านการท่องเที่ยวและบริการกลับมาฟื้นตัว หลังจากสถานการณ์โรคติดต่อ COVID-19 คลี่คลายลง [1]

ในการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งภายในภายนอกอาคารและบ้านพักอาศัย พบว่า การใช้พลังงานด้านการส่องสว่าง (Lighting) จะใช้พลังงานสูงสุดถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด [2-4] ดังนั้น หากมีการบริหารจัดการด้านพลังงานในรูปแบบการส่องสว่างที่ดี จะสามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้เป็นอย่างมาก การพัฒนาเทคโนโลยีด้านการส่องสว่างทั้งภายในและภายนอกอาคารจึงมุ่งเน้นการให้แสงสว่างที่เหมาะสม และมีการใช้พลังงานต่ำ เช่น การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของวงจรไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ในอาคาร การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีหลอดไดโอดเรืองแสงกำลังงานสูง (High Power Light Emitting Diode, LED) หรือการใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบการส่องสว่างภายนอกอาคาร เป็นต้น

ปัจจุบันมีการนำเสนอการพัฒนาหลอดไดโอดเรืองแสงในหลายลักษณะ ได้แก่ การนำวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ หรือชิ้นส่วนเก่าของคอมพิวเตอร์มาผ่านกระบวนการแปรรูป (Recycle) แล้วนำมาทำหลอดไดโอดเรืองแสงเพื่อลดค่าใช้จ่าย [5] หรือการนำเอาหลอดไดโอดเรืองแสงกำลังสูงมาต่อใช้งานร่วมกันแล้วทำเป็นชุดหลอดไฟสำหรับใช้งานทดแทนหลอดไฟที่ใช้งานในปัจจุบัน [6] หรือการควบคุมชุดหลอดไฟถนนชนิดไดโอดเรืองแสงแบบอัจฉริยะที่สามารถควบคุมความสว่างด้วยกล้องอินเตอร์เน็ตโพรโตคอล (Internet Protocol Camera) ร่วมกับโปรแกรมควบคุมและประมวลผล [7] อีกทั้ง มีการใช้เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับชุดโคมไฟไดโอดเรืองแสงที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [8] ซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาโคมฉายที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ที่ต้องการความสว่างในช่วงเวลาหรือพื้นที่งานที่กำหนด อีกทั้ง เป็นระบบแสงสว่างในสภาวะฉุกเฉิน หรือในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักของการไฟฟ้ายังเข้าไปไม่ถึง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักในการทำงานของระบบ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

โคมฉาย (Flood Light) เป็นโคมไฟที่นิยมติดตั้งภายนอกอาคาร ในพื้นที่สนามกีฬา หรือสิ่งที่ต้องการให้เห็นในเวลากลางคืน ในอดีตจะเป็นโคมไฟที่ใช้กับหลอดปล่อยประจุความเข้มสูง (High Intensity Discharge, HID) หลอดแสงจันทร์ หรือหลอดเมทัลฮาไลด์ ในบางกรณีอาจใช้ร่วมกับ

หลอดชนิดทังสเตนฮาโลเจน ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีหลอดไดโอดเรืองแสงอย่างรวดเร็ว จึงมีการประยุกต์ใช้งานหลอดไดโอดเรืองแสงในรูปแบบของโคมฉายมากขึ้น เนื่องจาก มีความอเนกประสงค์ น้ำหนักเบา ประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูง และประหยัดพลังงานมากกว่าโคมฉายที่ใช้หลอดแบบเดิม โดยยังสามารถนำไปใช้งานในรูปแบบเดิมได้เป็นอย่างดีและประยุกต์ใช้งานในการส่องสว่างในลักษณะอื่นได้หลากหลายมากขึ้น

2.1 แนวคิดในการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

ในการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาโคมฉายที่ให้ความสว่างภายนอกอาคารที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยนำไปใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการความสว่างในช่วงเวลากลางคืน ในการทำงานในสภาวะฉุกเฉิน หรือให้ความสว่างแก่ชุมชนพื้นที่ห่างไกลในกรณีที่ระบบไฟฟ้าหลักยังเข้าไปไม่ถึง จาก Figure 1 แสดงกรอบแนวคิด ส่วนประกอบ และระบบการทำงานของโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยโคมฉายแอล.อี.ดี. ขนาด 50 วัตต์ ทำงานร่วมกับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ที่ขนาดความจุ 65 แอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งจะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด

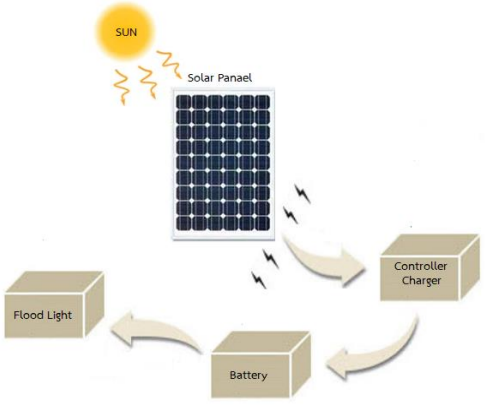

Figure 1 กรอบแนวคิดและระบบการทำงานของโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

250 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ร่วมกับระบบควบคุมการอัดประจุที่สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ทั้งสิ้น 7 รูปแบบ โดยวางอยู่บนโครงสร้างที่มีล้อสามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังพื้นที่ที่ต้องการใช้งานได้และสามารถปรับความสูงของโคมฉายเพื่อปรับมุมลำแสงในการส่องสว่างตามความต้องการ

2.2 งบประมาณค่าใช้จ่ายโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

โคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ โดยภาพรวม ประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบหลัก (1) โครงสร้างรองรับแผงแบบล้อเลื่อน (2) ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าและจัดการพลังงาน และ (3) โคมฉายปรับระดับ ซึ่งมีรายละเอียดต้นทุนต่อหน่วยในการจัดการและดำเนินงานตามรายละเอียด ดัง Table 1

Table 1 รายละเอียดต้นทุนต่อหน่วยโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	งบประมาณ จำนวนเงิน (บาท)
1. โครงสร้างรองรับแผง	1,675
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์	3,400
3. อุปกรณ์ควบคุมการอัดประจุ	380
3. แบตเตอรี่	2,590
4. โคมฉาย	600
5. สายไฟฟ้าและกล่องควบคุม	550
รวม (บาท)	**9,195**

ในงานวิจัยการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดต้นทุนโดยเฉลี่ย คิดเป็นเงิน 9,195 บาท แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ โครงสร้างรองรับแผงแบบล้อเลื่อน ระบบผลิตไฟฟ้าและจัดการพลังงาน และโคมฉายแบบปรับระดับ จากฐานข้อมูลราคาในท้องตลาดจากต่างประเทศของโคมฉายแบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีส่วนประกอบและการทำงานที่ใกล้เคียงกัน งานวิจัยการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น

มีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกันโดยภาพรวมและความสามารถในการทำงาน คิดเป็นจำนวนเงิน 50,000 – 60,000 บาท [9-11] หากแต่ งานวิจัยการพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์นี้ใช้วัสดุที่สามารถหาได้ในประเทศ โดยประสิทธิภาพการทำงานของระบบจากการทดสอบสามารถทำงานได้ในลักษณะเดียวกัน

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มทำการออกแบบพัฒนา และทดสอบระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ในห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และทดสอบใช้งานภายในพื้นที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ดังภาพที่ 2 โดยจะใช้ระยะเวลาในการอัดประจุจนเต็มได้ในเวลา 3 ชั่วโมง สามารถใช้งานโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นได้ในทุกพื้นที่ที่ต้องการความสว่าง ซึ่งสามารถเปิดใช้งานได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 13 ชั่วโมง ต่อการอัดประจุหนึ่งครั้งและมีความสว่างเพียงพอต่อการใช้งาน

Figure 2 การติดตั้งและทดสอบโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบหาประสิทธิภาพโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ มี 2 ขั้นตอน คือ 1) ทดสอบระยะเวลาในการอัดประจุของแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน ดัง Table 2 และ 2) ทดสอบระยะเวลาในการเปิดใช้งานจริง ซึ่งทำการทดสอบโดยการเปิดใช้งานโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์และไม่ทำการอัดประจุจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาประสิทธิภาพและระยะเวลาการทำงาน ซึ่งทำการเก็บข้อมูลการทำงานทั้งก่อนและหลังเปิดใช้งาน โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน เช่นเดียวกัน ดัง Table 3

Table 2 ระยะเวลาในการอัดประจุของแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

	ระดับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)							ค่าเฉลี่ย
เวลา/วันที่	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	แรงดันไฟฟ้า (V)
10.00 น.	10.43	9.80	10.20	9.70	9.95	10.34	10.24	10.09
10.30 น.	9.76	9.80	10.11	9.70	10.43	10.44	10.30	10.07
11.00 น.	11.90	11.45	11.98	11.80	11.65	11.79	11.81	11.76
11.30 น.	11.89	11.58	11.90	11.84	11.75	11.81	11.83	11.80
12.00 น.	12.70	12.72	12.71	12.70	12.67	12.56	12.68	12.67
12.30 น.	12.71	12.72	12.71	12.71	12.69	12.65	12.71	12.70
13.00 น.	12.71	12.73	12.71	12.72	12.71	12.70	12.72	12.71
13.30 น.	12.72	12.73	12.72	12.72	12.71	12.71	12.72	12.71
14.00 น.	12.72	12.73	12.72	12.72	12.73	12.73	12.72	12.72
14.30 น.	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.72	12.72

Table 3 ระยะเวลาก่อนและหลังเปิดใช้งานโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์

วันที่	ช่วงเวลาก่อนเปิดใช้งานโคมไฟ	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)	ช่วงเวลาหลังโคมไฟหยุดทำงาน	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่หลังหยุดทำงาน (V)
วันที่ 1	18.15 น.	12.52	7.21 น.	10.54
วันที่ 2	18.15 น.	12.42	7.32 น.	10.42
วันที่ 3	18.15 น.	12.42	7.24 น.	10.51
วันที่ 4	18.15 น.	12.51	7.22 น.	10.43
วันที่ 5	18.15 น.	12.45	7.31 น.	10.52
วันที่ 6	18.15 น.	12.43	7.21 น.	10.55
วันที่ 7	18.15 น.	12.53	7.34 น.	10.48

จาก Table 2 แสดงค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า เทียบกับช่วงเวลาในการอัดประจุที่ระบบสามารถทำการอัดประจุจนเต็ม โดยเริ่มทำการอัดประจุแบตเตอรี่ตั้งแต่เวลา 10.00 น. ไปจนถึงเวลา 14.30 น. ผลการทดสอบพบว่าสามารถอัดประจุแบตเตอรี่จนเต็มได้ภายในเวลา 3 ชั่วโมง โดยค่าเฉลี่ยของแรงดันที่วัดได้จากแบตเตอรี่ในช่วงเวลา 10.00 น. อยู่ที่ 10.08 โวลต์ ในช่วงเวลา 11.00 น. อยู่ที่ 11.78 โวลต์ และในช่วงเวลา 12.00 – 14.30 น. จะมีค่าเฉลี่ยแรงดันอยู่ที่

12.70 โวลต์ โดยตั้งแต่เวลา 12.00 – 14.30 น. ค่าแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าคงที่ไม่เพิ่มขึ้นเนื่องจากใกล้เต็มความจุของแบตเตอรี่

จาก Table 3 แสดงช่วงเวลาในการใช้งานของระบบโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ โดยผลการทดสอบ สามารถเปิดใช้งานได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 13 ชั่วโมงต่อการอัดประจุแต่ละครั้ง ช่วงเวลาที่กำหนดให้เริ่มทำงานตั้งแต่ 18.15 น. ถึง 07.20 น. ของเช้าวันถัดไป และความสว่างที่ได้จากโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ยังเพียงพอต่อการใช้งานตามที่ช่วงเวลาที่กำหนด

4. สรุป

การพัฒนาโคมฉายแบบเคลื่อนที่พลังงานแสงอาทิตย์ ในการใช้งานจริงสามารถทำการอัดประจุแบตเตอรี่จนเต็มได้ภายในเวลา 3 ชั่วโมง โดยช่วงเวลาในการใช้งาน สามารถเปิดใช้งานได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 13 ชั่วโมงต่อการอัดประจุแต่ละครั้ง ช่วงเวลาที่กำหนดให้เริ่มทำงาน ตั้งแต่ 18.15 น. ถึง 07.20 น. ซึ่งยังสามารถตั้งช่วงเวลาในการทำงานได้ถึง 7 รูปแบบ ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน โดยความสว่างเพียงพอต่อการใช้งานตามที่กำหนด อาจมีความจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างให้มีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา การเคลื่อนที่อย่างเหมาะสมปรับปรุงกลไกในการยึดหดเสาและปรับมุมโคมฉายได้อย่างอัตโนมัติ รวมไปจนถึงเพิ่มจำนวนของโคมฉายให้มีจำนวนมากขึ้นเพื่อเพิ่มความสว่างในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท เทคโนโลยี มีเดีย จำกัด. (2566, เมษายน 24). สนพ. คาดการณ์การใช้พลังงานปี’ เพิ่มขึ้น 2.8% จากการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. GREEN NETWORK. https://*greennetworkthailand.com*

[2] Brodrick, J.. (2007). Next-generation lighting initiative at the U.S. department of energy: catalyzing science into the marketplace. Journal of display technology, 3(2), 91-97.

[3] Broeckl, H. V. D., Sauerlander, G., & Wendt, M. (2007). Power driver topologies and control schemes for LEDs. Applied Power Electronics Conferrence, Twenty Second Annual IEEE. (pp. 1319–1325).

[4] Energy Efficiency & Renewable Energy. Buildings energy data book. http://www.buildingsdata-book.eren.doe.gov

[5] Magdy, K., & Maged, N. F. N. (2017). Fabrication of LED flood light from recycle material with high quality. IEEE 5th International Conference on Advanced Control Circuits and Systems. (pp. 245–250).

[6] Chanwit, T., & Chalermchat, M. (2008). A Study of lighting design performance using high power LED [Unpublished Research Report]. King Mongkut’s University of Technology North Bangkok.

[7] Atthapol, N., Chaiyan J., & Chanon, W. (2016). Intelligent illumination control for road lighting using internet protocol camera [Unpublished Research Report]. King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang.

[8] Arnont, S. (2015). Intelligent street lighting control for energy saving. RMUTI Journal Science and Technology, 8(1), 127-139.

[9] Trade India. (2021, July 10). Mobile Solar Light Tower.https://www.tradeindia.com/manufacturers/mobile-solar-light-tower.html.

[10] LARSON ELECTRONIC. (2023, July 10). Portable Solar Light Tower. https://www. https://www.larsonelectronics.com/product/145937/rental-portable-solar-light-tower-30-mast-7-5-trailer-12v-200ah-battery-bank-1-jbox.

[11] TIANHEMAST. (2014). Solar LED Light Tower. https://www.tianhemast.com/solar-led-light-tower.html.