

การสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับ

ประภาคาร/กระโจมไฟของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

Inventing Solar Energy Rotating Lantern for Lighthouses

and Light Beacons of Hydrographic Department, Royal Thai Navy

พันธ์นาค นาคบุปผา¹ ซานนท์ รักหนู² อัสนัย ไทรบุญจันทร์³ และ บุญญฤทธิ์ สุขเมือง⁴

Pannart Nakbubpa¹ Sanon Ragnhu² Atsanai Saibunchan³ and Boonyarit Sukmuang⁴

Received: August 2, 2021

Revised: December 13, 2021

Accepted: December 22, 2021

บทคัดย่อ

ตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์สำคัญในการเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างให้แก่ประภาคารและกระโจมไฟแต่มีราคาสูงและจะต้องจัดหาจากต่างประเทศเท่านั้น จึงเกิดความพยายามสร้างต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีราคาถูกลง เพื่อใช้ติดตั้งกับประภาคารและกระโจมไฟของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ในพื้นที่ที่มีแสงสว่างจากหลังรบกวน และมีความสำคัญในการเดินเรือ ทำให้การเดินเรือในน่านน้ำไทยเป็นไปด้วยความปลอดภัย ประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือแทนการจัดหาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง โดยต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

¹ผู้อำนวยการ กองอุตุนิยมวิทยา ศูนย์ข้อมูลข่าวกรองภูมิสารสนเทศอุทกศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

Director of Meteorological Division, Hydrographic Geospatial - Intelligence Center, Hydrographic Department.

E-Mail: nappash6t@gmail.com

²อาจารย์ กองวิชาวิศวกรรมอุทกศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Lecturer, Department of Hydrographic Engineering, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

E-Mail: sanono@yahoo.com

³อาจารย์ กองวิชาวิศวกรรมอุทกศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Lecturer, Department of Hydrographic Engineering , Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

E-Mail: ianasta@hotmail.com

⁴อาจารย์ กองวิชาวิศวกรรมอุทกศาสตร์ ฝ้ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Lecturer, Department of Hydrographic Engineering , Academic Branch, Royal Thai Naval Academy

E-Mail: boonyarit.tazz@gmail.com

มีความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) อยู่ระหว่าง 210,000 แกร์เทียน (Candela : cd) เมื่ออยู่ในลักษณะนิ่ง (Fixed) และ 136,000 - 206,000 แกร์เทียน เมื่อทำงานในลักษณะตะเกียงระบบเลนส์หมุน ซึ่งจะทำให้มีระยะเห็นของแสงไฟ (Luminous Range) 20 - 21.4 ไมล์ทะเล ตามความเข้มของการส่องสว่างเมื่อทำงาน มีความทนทานของการใช้งานในสภาพแวดล้อม เทียบเคียงได้กับมาตรฐาน IP 65 สามารถแยกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ 14 ชิ้น และมีน้ำหนัก 67 กิโลกรัม มีราคาต่อระบบประมาณ 400,000 บาท เมื่อคิดเฉพาะค่าวัสดุและครุภัณฑ์ แต่เมื่อประมาณการค่าใช้จ่ายทุกอย่างแล้วจะมีราคาประมาณ 600,000 – 700,000 บาทต่อระบบ ในขณะที่จัดหาจากต่างประเทศจะมีราคาระบบละ 2,500,000 - 3,400,000 บาท

คำสำคัญ: ตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์, ตะเกียงหมุน

Abstract

The solar energy rotating lantern is the main part of light source for lighthouses or light beacons but the lantern is expensive and has to be imported from other countries. Thus, the Hydrographic Department, Royal Thai Navy, efforts to invent a prototype of a low-cost solar energy rotating lantern for installing in the lighthouses or light beacons in the areas where are interfered with background light but important for navigation in Thai Waters. The invented lantern should save cost from importing the lantern abroad. At fixed state, the prototype of solar energy rotating lantern has luminous intensity at 210,000 candelas, and at rotating state is about 206,000 - 136,000 candelas. The Luminous Range is 20 - 21.4 nautical miles depending on operated Luminous Intensity. The lantern durability is compatible with the IP 65 standard. One unit of invented lantern is about 400,000 baht, 14 components and weight 67 kilograms, whereas the whole system is about 600,000 - 700,000 baht. It is significantly cheaper than imported solar energy rotating lantern system which is around 2,500,000 - 3,400,000 baht.

Keywords: Solar Energy Lantern, Rotating Lantern

1. บทนำ

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบเครื่องหมายทางเรือในน่านน้ำไทย ซึ่งมีประภาคารและกระโจมไฟเป็นเครื่องหมายทางเรือที่ก่อสร้างถาวรบริเวณชายฝั่งและเกาะในทะเลที่สำคัญ เพื่อช่วยในการเดินเรือบริเวณชายฝั่งและเกาะในทะเลให้มีความปลอดภัย ปัจจุบันประภาคารและกระโจมไฟทั้งหมดของกรมอุทกศาสตร์ใช้ตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์ในการส่องสว่างเป็นหลัก โดยตะเกียงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งตามประภาคารและกระโจมไฟต้องมีประสิทธิภาพสูง เห็นได้ชัดเจนในระยะไกลและมีความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) สูง เพื่อจะได้มีระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) ที่ไกล [1] ซึ่งจะช่วยให้การมองเห็นได้ในเวลากลางคืนแม้จะถูกรบกวนจากปัจจัยต่าง ๆ โดยเฉพาะแสงสว่างฉากหลัง (Background Light) เช่น ไฟถนน ป้ายนีออน ฯลฯ ซึ่งจะทำให้ระยะมองเห็นของไฟลดลงจากสภาวะปกติ

ตะเกียงแบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ (Rotating Lantern) ที่นำมาติดตั้งกับประภาคารหรือกระโจมไฟ จะพิจารณาติดตั้งในบริเวณประภาคาร/กระโจมไฟที่สำคัญ (Major Light) ซึ่งต้องการระยะมองเห็นไกลของแสงไฟประมาณ 20 ไมล์ทะเลขึ้นไป และมีความเข้มของการส่องสว่างประมาณ 70,000 - 100,000 แสงเทียน ขึ้นไป ซึ่งตะเกียงระบบเลนส์นิ่ง (Static Lantern) ที่ติดตั้งตามกระโจมไฟหรือ

ประการทั่วไป จะมีระยะเห็นได้ไกลประมาณ 10 – 13 ไมล์ทะเล และมีความเข้มของการส่องสว่างอยู่ระหว่าง 3,000 – 6,500 แสงเทียน อีกทั้งตะเกียงระบบเลนส์หมุนจะมีคุณลักษณะพิเศษ คือ แสงไฟจะส่องออกมาในลักษณะเป็นลำ (Pencil Beam) ดังรูปที่ 1 ประกอบกับการหมุน (Rotating) จะทำให้เกิดลักษณะไฟวับ (Flashing) หรือ ไฟที่มีลักษณะคาบสว่างสั้นกว่าคาบมืด และไฟวาบ (Occulting) หรือไฟที่มีลักษณะคาบสว่างยาวกว่าคาบมืด อยู่ด้วยกัน รวมทั้งการมีความเข้มของการส่องสว่างที่สูงจะทำให้ดวงไฟมีขนาดใหญ่สามารถเห็นได้ชัดเจนจากระยะไกลและสามารถแยกไฟของประภาคารหรือกระโจมไฟออกจากแสงสว่างฉากหลังได้ง่าย ในขณะที่ตะเกียงระบบเลนส์นิ่งจะมีแสงสว่างออกรอบตัวในลักษณะรูปพัด (Fan Beam) มีจังหวะการดับ – ติดของไฟตามลักษณะของไฟ (Light Characteristic) ที่ตั้งไว้ รวมทั้งมีความเข้มของการส่องสว่างไม่สูง จึงทำให้แยกดวงไฟของกระโจมไฟหรือประภาคารออกจากแสงสว่างฉากหลังได้ยากกว่าตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๑

ปัจจุบันประภาคารหรือกระโจมไฟที่สำคัญของกรมอุทกศาสตร์ฯ มีจำนวน 24 แห่ง การติดตั้งตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๑ ที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาค่อนข้างสูงโดยราคาจะอยู่ระหว่าง 2,500,000 – 3,400,000 บาทต่อชุด ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ประกอบ จึงมีความเป็นไปได้น้อยที่จะจัดหาติดตั้งใช้งานได้ทุกแห่ง อีกทั้งปัจจุบันตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ตราอักษร Tideland รุ่น TRB - 400 (รูปที่ 1) ที่กรมอุทกศาสตร์ฯ มีใช้ในราชการก็มีอายุการใช้งานยาวนานเกินกว่า 10 ปีขึ้นไป และในปัจจุบันไม่สามารถหาอะไหล่มาทำการซ่อมบำรุงได้เนื่องจากบริษัทผู้ผลิตได้ยกเลิกสายการผลิตแล้ว กรมอุทกศาสตร์ฯ จึงได้ทำการวิจัยสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับประภาคาร/กระโจมไฟของกรมอุทกศาสตร์ฯ โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นใช้งานเองในราคาถูกทดแทนตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๑ ที่ใช้งานอยู่เดิม เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือ และเพิ่มความปลอดภัยในการเดินเรือของน่านน้ำไทยบริเวณเกาะและชายฝั่ง



รูปที่ 1 แสดงลักษณะแสงไฟเป็นลำ (Pencil Beam) ของตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๑ [2] (ซ้าย) และตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๑ ตราอักษร Tideland รุ่น TRB - 400 ที่ กรมอุทกศาสตร์ฯ มีใช้ในราชการ [3] (ขวา)

2. วัตถุประสงค์และขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบ เรือนตะเกียง เลนส์ ชุดแหล่งพลังงาน แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) และชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ไว้ใช้ในงาน เครื่องหมายทางเรือของกรมอุทกศาสตร์ฯ เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือ และพัฒนาองค์ บุคคลและองค์ความรู้ของกรมอุทกศาสตร์ ฯ ให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น

2.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

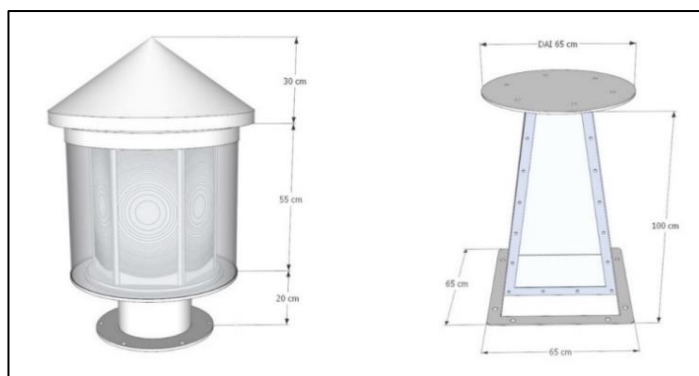
ดำเนินการวิจัยแบบวิเคราะห์ (Analytical Research) โดยการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งทาง ทฤษฎีและทางปฏิบัติ การวิเคราะห์จากทฤษฎีต่าง ๆ สูตรคำนวณ องค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง การศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากตำราของไทยและต่างประเทศ เอกสารทางราชการ และเอกชน คู่มือต่าง ๆ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และรวบรวมข้อมูลจากตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีใช้งานจริงของกรมอุทกศาสตร์ฯอยู่ในปัจจุบัน แล้วเปรียบเทียบหลักการและเหตุผลเพื่อนำมาสร้าง ต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ และเมื่อสร้างต้นแบบตะเกียง ฯ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ จะนำไปทดสอบการทำงานของต้นแบบตะเกียง ฯ ทั้งในที่ตั้งปกติและในภูมิประเทศจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสรุป ผลการวิจัยถึงประสิทธิภาพต้นแบบตะเกียง ฯ ที่สร้างขึ้นและการนำไปใช้ประโยชน์จนถึงการนำเข้าสู่ สายการผลิต รวมทั้งจะได้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานด้านเครื่องหมายทาง เรือของกรมอุทกศาสตร์ฯ ต่อไป

3. ส่วนประกอบ องค์ความรู้ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์

3.1 ส่วนประกอบของตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ของโครงการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

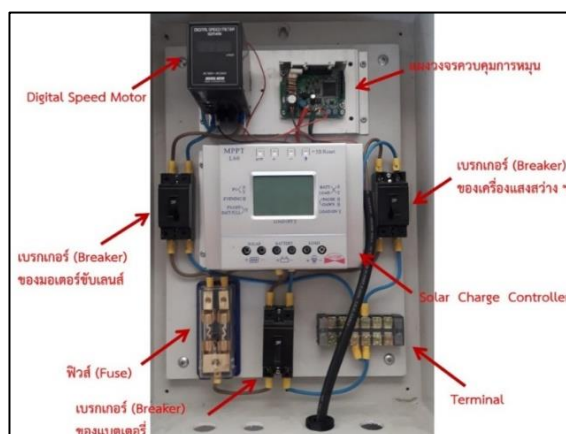
3.1.1 เรือนตะเกียง (Housing) เป็นส่วนที่บรรจุเลนส์ เครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสง มอเตอร์ขับเคลื่อน และชุดควบคุมการหมุนของเลนส์ไว้ใน โครงสร้างจากโลหะสแตนเลส เกรด 304 หนา 5 มม. ลักษณะรูป ทรงกระบอกปลายยอดแหลมมน สูงจากฐานถึงยอดเรือนตะเกียง 105 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 60 ซม. และมี ครอบนอกอะคริลิก หนา 5 มม. ครอบปิดด้านนอกของเลนส์ รายละเอียดตามรูปที่ 2 ซึ่งส่วนเรือนตะเกียงนี้ เมื่อประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกันแล้วจะมีน้ำหนักทั้งสิ้น 67 กก.

3.1.2 ฐานรองรับเรือนตะเกียง ทำด้วยโลหะสแตนเลส เกรด 304 หนา 5 มม. เป็นฐานลักษณะทรง สี่เหลี่ยมจัตุรัสฐานกว้างปลายบนสอบเข้า โดยมีฐานกว้างด้านละ 65 ซม. สูง 100 ซม. ด้านบนเป็นฐานรูป วงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 ซม. เพื่อรองรับเรือนตะเกียง ฯ ที่มาติดตั้ง โดยส่วนฐาน ฯ นี้จะใช้ติดตั้งพร้อม เรือนตะเกียง ฯ บนประภาคารหรือกระโจมไฟที่มีเนื้อที่ว่างเพียงพอ และส่วนอื่น ๆ ของประภาคารหรือ กระโจมไฟนั้นมีความแข็งแรงไม่เพียงพอที่จะติดตั้งเรือนตะเกียงได้ รายละเอียดตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะเรือนตะเกียง (Housing) (ซ้าย) และฐานรองรับเรือนตะเกียง (ขวา) [4]

3.1.3 ตู้ควบคุมการทำงาน (Control Box) เป็นที่บรรจุอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อน (Digital Speed Motor) แผงวงจรควบคุมการหมุน อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโซลาร์เซลล์ (Solar Charge Controller) เบรกเกอร์ (Breaker) และ ฟิวส์ (Fuse) รายละเอียดตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงภายในตู้ควบคุมการทำงาน (Control Box) ของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ [4]

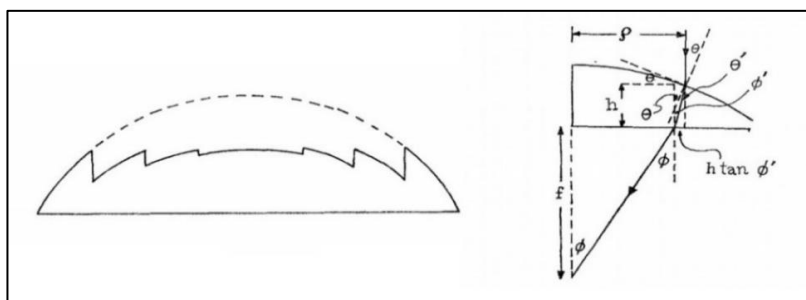
3.1.4 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) เป็นอุปกรณ์ให้กำเนิดแสงสว่างแก่ตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องแสงสว่าง LED (LED Light Source) (รูปที่ 4) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีความเข้มของการส่องสว่างสูงมาก ประมาณ 100,000 แรงเทียน ขึ้นไป มีอุณหภูมิต่ำเมื่อใช้งานประมาณ 25 – 30 °C มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มากกว่า 50,000 ชั่วโมง ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องเปลี่ยนหลอดไฟ (Lamp Changer) ที่ต้องสำรองหลอดไฟไว้หลายหลอด ทนทานต่อการกระแทกกระเทือน เมื่อเทียบกับหลอดไฟปกติทั่วไป มีเวลาตัดต่อไฟ (Switching) ที่เร็วมากและใช้พลังงานน้อยเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงสว่างประเภทอื่น เช่น หลอดไฟทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen) ซึ่งมีอายุการใช้งานจำกัดประมาณ 2,000 ชั่วโมง



รูปที่ 4 เครื่องแสงสว่าง LED (LED Light Source) ของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ
โดยในรูปใช้หลอดไฟ LED ขนาด 20 W [4]

3.1.5 เลนส์แบบเฟรสเนล (Fresnel Lens) เป็นเลนส์ที่สร้างจากวัสดุโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) มีลักษณะโปร่งใส แข็ง ทนแรงยืดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง [5] ในปัจจุบัน โพลีคาร์บอเนตได้ถูกนำไปใช้สร้างกระจกเลนส์โคมไฟหน้ารถยนต์ กระจกแว่นตา ใบพัดเรือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ และมักใช้ทำผลิตภัณฑ์แทนแก้วหรือกระจก [6] มีช่วงอุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง -40°C ถึง 120°C มีการส่งผ่านแสง 89% [7] ขนาดของเลนส์ 49.4×22 ซม.หนา 8.6 มม.

สำหรับคุณสมบัติของเลนส์แบบเฟรสเนลนั้น เป็นเลนส์ที่ได้รับการพัฒนาและออกแบบโดย Augustine - Jean Fresnel เพื่อนำไปใช้กับตะเกียงของประภาคาร โดยลดปัญหาเรื่องขนาดและน้ำหนักของเลนส์ขนาดใหญ่ ซึ่งสิ่งสำคัญที่สุดของเลนส์ คือ ผิวโค้งของเลนส์ที่ใช้หักเหแสง ทำให้เลนส์ดังกล่าวลักษณะพิเศษ คือ ใช้ผิวโค้งของเลนส์แบ่งเป็นโซนรูปวงแหวนและทำให้เป็นแผ่นแบน [8] ดังรูปที่ 5 เพื่อควบคุมแสงสว่างที่เกิดขึ้นให้พุ่งออกไปเป็นลำตามแนวนอน หรือแนวระดับ ซึ่งจะทำให้แสงสว่างส่องออกไปได้เป็นระยะทางไกล



รูปที่ 5 การใช้ผิวโค้งของเลนส์แบ่งโซนรูปวงแหวนและทำให้เป็นแผ่นแบน (ซ้าย) และ
รูปตัดขวางพร้อมรายละเอียดในการออกแบบเลนส์เฟรสเนล (ขวา) [7]

3.1.6 สำหรับต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ จะใช้เลนส์โพลีคาร์บอเนต จำนวน 6 แผ่น ประกอบกันเป็นตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่าตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ชนิด 6 แผ่น (6 Lens Carousel)

3.1.7 ระบบขับเคลื่อนเลนส์ ประกอบด้วย

- (1) มอเตอร์ขับเคลื่อนเลนส์ขนาดไม่น้อยกว่า 24 V 30 W ให้กำลังขับ 1/25 แรงม้า จำนวน 1 ตัว
- (2) แผงวงจรควบคุมการหมุนและเครื่องวัดความเร็วรอบของมอเตอร์แบบตัวเลข (Digital

Speed Motor)

3.1.8 ชุดแหล่งพลังงาน ประกอบด้วย

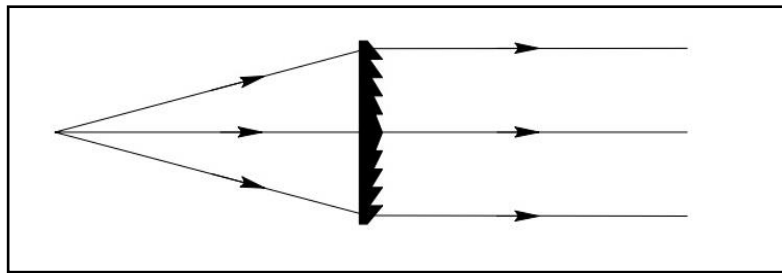
(1) แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 120 W เป็นแผงโซลาร์เซลล์ชนิด Mono - crystalline มีขนาดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 120 W แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 18 V และกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 A จำนวน 2 แผง

(2) Solar Charge Controller จำนวน 1 เครื่อง มีระบบควบคุมการชาร์จแบบ MPPT (Maximum Power Point Tracking) ระบบตัดการชาร์จเมื่อแบตเตอรี่ถูกประจุไฟฟ้าจนเต็มแล้ว (Overcharge Protection) และมีระบบป้องกันการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่มากเกินไป (Over Discharge)

(3) แบตเตอรี่ Maintenance Free ขนาด 12 V 100 A จำนวน 2 หม้อ เป็นแบตเตอรี่แบบ Maintenance Free ชนิด Sealed Lead Acid ที่ไม่ต้องเติมน้ำกรดและน้ำกลั่นตลอดอายุการใช้งาน สำหรับใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์

3.2 องค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.1 ตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์นั้น เลนส์ต้องหมุนอยู่ตลอดเวลาด้วยความเร็วคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืนและหมุนรอบไฟที่ติดเป็นไฟนิ่ง ไม่มีการดับ - ติดของไฟ ซึ่งมีความเข้มของการส่องสว่างสูงมาก ทำให้สามารถเห็นแสงไฟในระยะที่ไกลมากประมาณ 20 ไมล์ทะเลขึ้นไป และลำแสงสว่างที่ส่องออกไปจะมีลักษณะเป็นลำแสง (Pencil Beam) [9] เนื่องจากคุณสมบัติของเลนส์ที่ใช้เป็นเลนส์แบบเฟรสเนลซึ่งจะหักเหแสงจากแหล่งกำเนิดให้รวมกันพุ่งออกไปในแนวขนาน หรือแนวระดับ ตามรูปที่ 6 และสาเหตุที่เลนส์ต้องหมุนอยู่ตลอดเวลานั้นเนื่องจากเลนส์จะมีจุดรวมแสง (Focus) อยู่ที่กึ่งกลางตัวเลนส์ หากเลนส์หยุดนิ่งในเวลากลางวันจะทำให้แสงแดดที่ส่องมายังเลนส์มารวมตัวกันที่จุดรวมแสง และส่องผ่านไปยังภายในตัวตะเกียง ๆ ซึ่งจุดรวมแสงนี้เมื่อรวบรวมแสงเป็นจำนวนมากแล้วจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในตะเกียง ๆ และเป็นผลทำให้หลอดไฟและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ภายในตัวตะเกียง ๆ เสียหายได้



รูปที่ 6 แสดงการทำงานของเลนส์แบบเฟรสเนล เมื่อแหล่งกำเนิดแสง (หลอดไฟ) อยู่ด้านหลังจะทำหน้าที่บังคับแสง (Collimator) ให้พุ่งออกเป็นลำขนาน เพื่อให้แสงส่องออกไปได้ในระยะทางไกล [10]

3.2.2 การกำหนดลักษณะไฟ (Light Characteristics) เนื่องจากตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ถูกออกแบบมาให้แสงไฟส่องสว่างออกมาในลักษณะเป็นลำและเลนส์มีการหมุนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในการหมุนของเลนส์และเรือนตะเกียง ๆ โดยระบบขับเคลื่อนเลนส์ที่ควบคุมจังหวะและความเร็วในการหมุนได้อย่างแน่นอน จะทำหน้าที่เสมือนเป็นเครื่องทำจังหวะไฟ (Flasher) ซึ่งสามารถกำหนดลักษณะไฟไปได้ด้วย ดังนั้นตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ของโครงการวิจัยฯ จึงสามารถตั้งลักษณะไฟโดยวิธีการคำนวณได้ 2 ลักษณะดังนี้

(1) การคำนวณลักษณะไฟแบบไม่มีการปิดที่เลนส์ตะเกียง (Non Blanking Panel) ทำได้โดยนำระยะเวลาการหมุนของเลนส์ตะเกียงใน 1 รอบหารด้วยจำนวนของเลนส์ตะเกียงทั้งหมด ก็จะได้คาบเวลาทั้งหมดของเลนส์แต่ละแผ่น (คาบเวลาสว่าง + มืด ของเลนส์แต่ละแผ่น) จากนั้นให้นำคาบเวลาทั้งหมดของเลนส์แต่ละแผ่นลบด้วยคาบเวลาสว่างของไฟที่ได้จากตารางคำนวณ ก็จะได้คาบเวลามืดของไฟในเลนส์แต่ละแผ่น เพียงเท่านี้ก็จะได้ลักษณะไฟตามที่ต้องการ ลักษณะไฟที่ได้จากการคำนวณโดยไม่มีการปิดที่เลนส์ตะเกียงเลนส์ใดเลนส์หนึ่งนั้น จะเป็นลักษณะไฟต่อเนื่องกันไปตลอด (ไฟวับเดียว หรือ Flashing)

(2) การคำนวณลักษณะไฟแบบมีการปิดที่เลนส์ตะเกียง (Blanking Panel) สำหรับวิธีการคำนวณลักษณะไฟแบบมีการปิดที่เลนส์ตะเกียง ให้คำนวณเช่นเดียวกันกับวิธีการคำนวณลักษณะไฟแบบไม่มีการปิดที่เลนส์ตะเกียง แต่สิ่งที่ต้องทำเพิ่มเติมคือหารระยะเวลาบริเวณที่ได้ทำการปิดเลนส์ตะเกียง (คาบมืด) อาจจะเป็น 1 หรือ 2 เลนส์ก็ตาม เมื่อหารระยะเวลาบริเวณที่ได้ทำการปิดเลนส์ตะเกียงได้แล้ว ก็ให้คำนวณบวกกับระยะเวลาของคาบมืดปกติ (คาบมืดของบริเวณที่ไม่มีการปิดเลนส์ตะเกียง) จำนวน 1 คาบ ก็จะได้ลักษณะไฟตามที่ต้องการ ลักษณะไฟที่ได้จากการคำนวณโดยการปิดที่เลนส์ตะเกียงเลนส์ใดเลนส์หนึ่งนั้นจะเป็นลักษณะไฟเป็นกลุ่ม ได้แก่ไฟวับหมู่หรือไฟวับหมู่ผสม (Group Flash) ดังตัวอย่าง การคำนวณลักษณะไฟของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ซึ่งติดตั้งใช้งานที่ประภาคารแหลมสิงห์ อ.แหลมสิงห์ จว.จันทบุรี ซึ่งลักษณะไฟที่กำหนด คือ FL (3)W 15s (ไฟวับเป็นหมู่ แต่ละหมู่ประกอบด้วยไฟ 3 วับสีขาว ทุกๆ 15 วินาที) จึงทำการปิดแผ่นเลนส์ (Blanking) 3 แผ่น ด้วยแผ่นอะคริลิกทึบแสงสีดำ เมื่อกำหนดให้ต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ หมุนด้วยความเร็ว 4 รอบ/นาที (4 RPM) หรือ 1 รอบใช้เวลา 15 วินาที

นำระยะเวลาการหมุนของเลนส์ตะเกียงใน 1 รอบ คือ 15 วินาที หารด้วย จำนวนเลนส์ทั้งหมด คือ จำนวน 6 เลนส์ ก็จะได้คาบเวลาทั้งหมดของเลนส์แต่ละแผ่น คือ 2.500 วินาที จากนั้นให้ลบออกด้วยคาบสว่างจากตาราง Effective Intensity (ตารางที่ 1) คือ 0.058 วินาที จะได้คาบมืดของเลนส์แต่ละแผ่น คือ 2.442 วินาที

ตารางที่ 1 ตาราง Effective Intensity ของตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ขนาด 400 มม. ชนิด 6 แผ่น [11]

6-Lens Carousel																
Lamp Size	Hor. Div. ¹ (deg)	Ver. Div. ² (deg)	Fix Int. ³ (cd)	Effective Intensity (E.I.) in White												
				120 sec 0.5 rpm	90 sec 0.666 rpm	72 sec 0.833 rpm	60 sec 1.0 rpm	48 sec 1.25 rpm	40 sec 1.5 rpm	30 sec 2.0 rpm	24 sec 2.5 rpm	20 sec 3.0 rpm	15 sec 4.0 rpm	12 sec 5.0 rpm	10 sec 6.0 rpm	8 sec 7.5 rpm
12W10W** On-Time	1.05°	1.47°	144,836	47,271 0.350	39,015 0.263	33,184 0.210	28,070 0.175	24,166 0.140	20,781 0.117	16,232 0.087	13,317 0.070	11,291 0.058	8,655 0.044	7,013 0.035	5,900 0.029	5,335 0.026
20W* On-Time	1.10°	1.55°	335,851	121,840 0.367	101,688 0.275	87,181 0.220	76,298 0.183	64,283 0.147	55,538 0.122	43,659 0.092	35,966 0.073	30,578 0.061	23,529 0.046	19,121 0.037	16,104 0.031	14,572 0.028
35W* On-Time	1.20°	1.70°	508,904	203,491 0.400	171,796 0.300	148,523 0.240	130,802 0.200	110,981 0.160	96,377 0.133	76,296 0.100	63,140 0.080	53,854 0.066	41,614 0.050	33,908 0.040	28,609 0.033	25,913 0.030
50W* On-Time	1.30°	1.90°	629,343	264,095 0.433	224,341 0.325	194,837 0.260	172,191 0.217	146,670 0.173	127,738 0.144	101,527 0.108	84,242 0.086	71,987 0.072	55,761 0.054	45,505 0.043	38,435 0.036	34,832 0.033
75W** On-Time	1.40°	2.00°	652,474	300,366 0.467	258,448 0.350	226,630 0.280	201,788 0.233	173,344 0.187	151,928 0.156	121,826 0.117	101,679 0.093	87,251 0.078	67,963 0.058	55,659 0.047	47,127 0.039	42,761 0.035
100W** On-Time	1.40°	2.16°	972,732	445,312 0.467	382,858 0.350	335,444 0.280	298,598 0.233	256,367 0.187	224,601 0.156	179,996 0.117	150,171 0.093	128,826 0.078	100,310 0.058	82,130 0.047	69,529 0.039	63,083 0.035
110W12V On-Time	1.40°	2.50°	996,468	446,064 0.467	382,275 0.350	334,120 0.280	296,859 0.233	254,324 0.187	222,450 0.156	177,867 0.117	148,172 0.093	126,977 0.078	98,724 0.058	80,757 0.047	68,323 0.039	61,969 0.035
70W***120VAC On-Time	1.90°	3.32°	1,277,613	679,689 0.633	598,449 0.475	534,212 0.380	482,429 0.317	421,295 0.253	373,911 0.211	305,249 0.158	257,891 0.127	223,255 0.106	175,983 0.079	145,232 0.063	123,629 0.053	112,407 0.048

หาระยะเวลาที่ทำกาปิดเลนส์ตะเกียงไว้ 3 แผ่น ตามรูปที่ 7 นำคาบเวลาทั้งหมดของเลนส์แต่ละแผ่น คือ 2.500×3 (จำนวนแผ่นที่ปิดเลนส์ไว้) จะได้ 7.500 วินาที จากนั้นให้นำค่านี้นับด้วยคาบมืดปกติของเลนส์แผ่นหลังสุดที่เป็นเลนส์ปกติคือ 2.442 วินาที ก็จะได้ระยะเวลาของคาบมืดหลังสุด คือ 9.942 วินาที ดังนั้นลักษณะไฟ Fl (3) W 15s จะเท่ากับ $0.058 + 2.442 + 0.058 + 2.442 + 0.058 + 9.942 = 15$ วินาที



รูปที่ 7 การปิดแผ่นเลนส์ (Blanking) ของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ

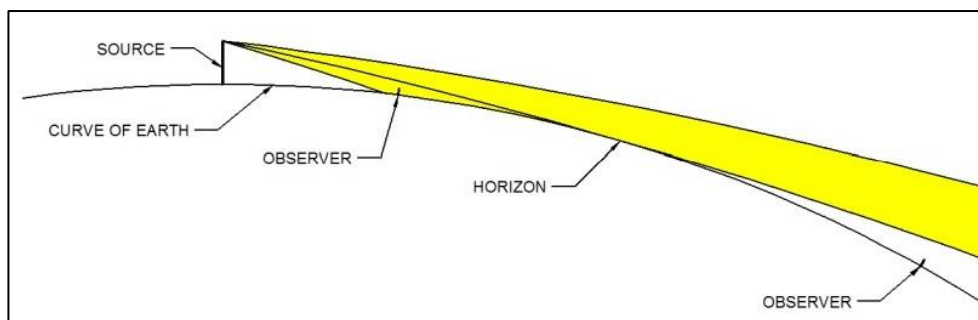
3.2.3 ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ สามารถจำแนกได้ตามนิยาม ดังนี้

(1) ระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟ (Nominal Range) โดยระยะกำหนด ๆ นี้ หมายถึง ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) เมื่อทัศนวิสัยอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Visibility) เท่ากับ 10 ไมล์ทะเล ซึ่งสมมูลกับแฟกเตอร์ค่าการส่งผ่านบรรยากาศ (Atmospheric Transmissivity) $T = 0.74$ ค่าระยะนี้โดยปกติเป็นค่าทางการที่ใช้ตีพิมพ์ลงในบรรณสารการเดินเรือ เช่น แผนที่ หรือทำเนียบไฟเป็นต้น ทั้งนี้การให้ค่าระยะกำหนด (Nominal Range) ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าไฟที่ตรวจนั้นมีฉากหลังที่มีดสนิทและไม่มีแสงที่เป็นฉากหลังรบกวนเลย [12] สำหรับระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟ (Nominal Range) นั้น สามารถแปลงค่าจากความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) มาเป็นระยะกำหนด ๆ ในหน่วยไมล์ทะเล (Nautical Miles) ได้ โดยใช้ตารางการแปลงค่าระยะกำหนดจากความเข้มของการส่องสว่างสำหรับการตรวจไฟในเวลากลางคืนของสมาคมประภาคารระหว่างประเทศ (IALA Conversion Table for Luminous Intensity and Nominal Range for Night Observations) ตารางที่ 2

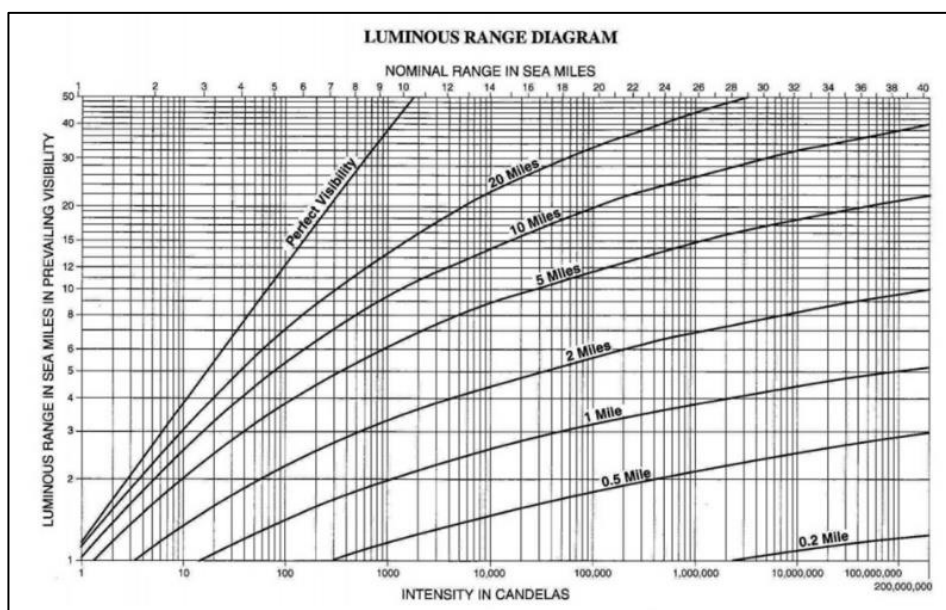
ตารางที่ 2 IALA Conversion Table for Luminous Intensity and Nominal Range for Night Observations [13]

Nominal Range (nautical miles)	Luminous Intensity (candela)	Nominal Range (nautical miles)	Luminous Intensity (candela)
1	0.9	12	3600
1.5	2.4	13	5700
2	5	14	8900
2.5	9	15	14000
3	15	16	21000
3.5	24	17	32000
4	36	18	49000
4.5	53	19	73000
5	77	20	110000
6	150	21	160000
7	270	22	240000
8	480	23	360000
9	820	24	520000
10	1400	25	770000
11	2200	26	1100000

(2) ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) โดยระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟนี้ คือ ระยะทางมากที่สุดที่สัญญาณไฟดวงหนึ่ง ๆ สามารถเห็นได้โดยสายตาของผู้ตรวจ ณ เวลาหนึ่งๆ ซึ่งหาได้จากทัศนวิสัยอุตุนิยมวิทยาที่เป็นอยู่ในขณะนั้น ทั้งนี้โดยไม่นำสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มาพิจารณาด้วย คือ สูงไฟสูงตาผู้ตรวจ หรือความโค้งของโลก [13] ตามรูปที่ 8 โดย Luminous Range นี้สามารถหาได้โดยใช้ Luminous Range Diagram (รูปที่ 9) โดยอาศัยทัศนวิสัยทางอุตุนิยมวิทยาในขณะนั้น



รูปที่ 8 แสดงความโค้งของโลก (Curve of Earth) ที่จะบดบังทัศนวิสัยของผู้ตรวจ [13]



รูปที่ 9 Luminous Range Diagram [14]

หมายเหตุ จากข้อมูลสถิติทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ฯ พบว่าทัศนวิสัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ 10 ไมล์ทะเล ($T = 0.74$) เป็นค่าที่สอดคล้องกับความเป็นจริงกับทัศนวิสัยจริงในน่านน้ำไทย

(3) ระยะเห็นไกลสุดของวัตถุหรือระยะภูมิศาสตร์ (Geographical Range) หมายถึง ระยะทางมากที่สุดซึ่งวัตถุหรือแหล่งกำเนิดแสงน่าจะมองเห็นได้ภายใต้สภาวะทัศนวิสัยสมบูรณ์ โดยถูกจำกัดไว้เพียงด้วยความโค้งของโลก การหักเหของแสงในบรรยากาศ และความสูงของทั้งผู้ตรวจและไฟ [13]

3.2.4 ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) ของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน พลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าแตกต่างกันออกไปตามรอบการหมุนต่อนาที (Round Per Minutes : RPM)

ซึ่งจากการวิจัยได้ตรวจวัดความเข้มของการส่องสว่างโดยใช้เครื่องวัดแสงระบบดิจิทัล (Digital Light Meter) ดังรูปที่ 10 ที่ความเร็วของรอบการหมุนต่าง ๆ กัน โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ความเข้มของการส่องสว่างของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเร็วในการหมุน (รอบต่อนาที หรือ RPM) ต่าง ๆ [4]

ความเข้มของ การส่องสว่าง (Luminous Intensity)	รอบในการหมุนของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ต่อนาที (RPM)						
	ไฟนิ่ง (Fixed) (ไม่มีการหมุน)	0.5 รอบ/นาที (0.5 RPM) หรือใช้เวลา 120 วินาที/รอบ	0.667 รอบ/นาที (0.667 RPM) หรือใช้เวลา 100 วินาที/รอบ	1 รอบ/นาที (1 RPM) หรือใช้เวลา 60 วินาที/รอบ	2 รอบ/นาที (2 RPM) หรือใช้เวลา 30 วินาที/รอบ	3 รอบ/นาที (3 RPM) หรือใช้เวลา 20 วินาที/รอบ	4 รอบ/นาที (4 RPM) หรือใช้เวลา 15 วินาที/รอบ
Foot Candle(fc)	19,486.32	19,099.33	18,593.19	18,323.67	15,824.29	13,646.29	12,627.95
แรงเทียน (cd) ซึ่งเท่ากับ $fc \times 10.764$ ที่ระยะห่าง 1 ม.	209,750.70	205,585.22	200,137.15	197,235.95	170,332.61	146,888.62	135,927.24



รูปที่ 10 การตรวจวัดความเข้มของการส่องสว่างของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ โดยใช้เครื่องวัดแสงระบบดิจิทัล [4]

ตารางที่ 4 ตารางการแปลงความเข้มของการส่องสว่าง เป็นระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟ (Nominal Range) ในทัศนวิสัยกลางคืน (Night Time) โดยความเข้มของการส่องสว่างมีหน่วยเป็นแรงเทียน [15]

Table 1 Night time nominal range table (rounded off to the nearest nautical mile)

Luminous intensity	Nominal range (rounded)	Luminous intensity	Nominal range (rounded)	Luminous intensity	Nominal range (rounded)
candelas (cd)	nautical miles (M)	kilocandelas (10^3 cd)	nautical miles (M)	Megacandelas (10^6 cd)	nautical miles (M)
1 - 2	1	0.633 - 1.06	9	0.927 - 1.35	26
3 - 9	2	1.07 - 1.75	10	1.36 - 1.96	27
10 - 23	3	1.76 - 2.84	11	1.97 - 2.84	28
24 - 53	4	2.85 - 4.53	12	2.85 - 4.11	29
54 - 107	5	4.54 - 7.13	13	4.12 - 5.93	30
108 - 203	6	7.14 - 11.1	14	5.94 - 8.53	31
204 - 364	7	11.2 - 17.1	15	8.54 - 12.2	32
365 - 632	8	17.2 - 26.1	16	12.3 - 17.5	33
		26.2 - 39.7	17	17.6 - 25.1	34
		39.8 - 59.9	18	25.2 - 35.9	35
		60.0 - 89.8	19	36.0 - 51.2	36
		89.9 - 133	20	51.3 - 72.9	37
		134 - 198	21	73.0 - 103	38
		199 - 293	22	104 - 147	39
		294 - 432	23	148 - 209	40
		433 - 634	24		
		635 - 926	25		

ซึ่งจากตารางที่ 4 แสดงความเข้มของการส่องสว่างตั้งแต่ 134,000 - 198,000 แรงเทียน ซึ่งเป็นความเข้มของการส่องสว่างตั้งแต่ 4 รอบ/นาที่ จนถึง 1 รอบ/นาที่ อันเป็นรอบการหมุนส่วนใหญ่ที่ใช้งานของตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ และมีระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟอยู่ที่ 21 ไมล์ทะเล

4. การทดลองนำไปใช้งาน

4.1 ในการทดลองใช้งานจริงได้นำไปติดตั้งทดลองที่อาคารแหลมสิงห์ ต.บางกะไชย อ.แหลมสิงห์ จ.จันทบุรี ตั้งแต่ 21 พฤศจิกายน 2562 จนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะอากาศเป็นตัวแทนพื้นที่ชายฝั่งทะเลและเกาะในน่านน้ำไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ติดตั้งประภาคารและกระโจมไฟของกรมอุทกศาสตร์ฯ ทั้งหมดได้ โดยมีลักษณะอากาศร้อนชื้น ฝนตกชุก ตั้งอยู่ไม่ห่างจากกรมอุทกศาสตร์ฯ และมีเจ้าหน้าที่ประภาคารแหลมสิงห์ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลการทำงานของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนฯ ได้อย่างต่อเนื่อง

4.2 ข้อมูลการทำงาน (บันทึกโดยเจ้าหน้าที่ของประภาคารแหลมสิงห์ตั้งแต่วันที่ 21 พฤศจิกายน 2562 จนถึงปัจจุบัน)

4.2.1 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องไว้ตะเกียง ๆ โดยเฉลี่ย 41.0 °C และภายนอกโดยเฉลี่ย 37.4 °C (อุณหภูมิภายในห้องไว้ตะเกียง ๆ สูงกว่าภายนอกโดยเฉลี่ย 3.6 °C)

4.2.2 การทำงานของแบตเตอรี่ ใช้แบตเตอรี่ Seal Lead Acid ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 หม้อต่ออนุกรมกัน ได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 26.8 V กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 2.7 A ซึ่งพอเพียงต่อการทำงานของ

ต้นแบบตะเกียง ฯ (ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1.67 A เมื่อทำงานในเวลากลางคืน แต่ในเวลากลางวันจะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยมากประมาณ 0.1 A) และมีประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่โดยเฉลี่ย 89.30 % อีกทั้งสภาพของแบตเตอรี่เป็นปกติ ไม่แตกร้าว หรือบวมพอง

4.2.3 การทำงานของโซลาร์เซลล์ ใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 W 18 V 5 A จำนวน 2 แผง มาต่ออนุกรมกัน ได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 39.80 V และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 2.8 A ซึ่งพอเพียงสำหรับการทำงานของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ อีกทั้งสภาพของแผงโซลาร์เซลล์เป็นปกติ ไม่แตกร้าว หรือชำรุดเสียหาย

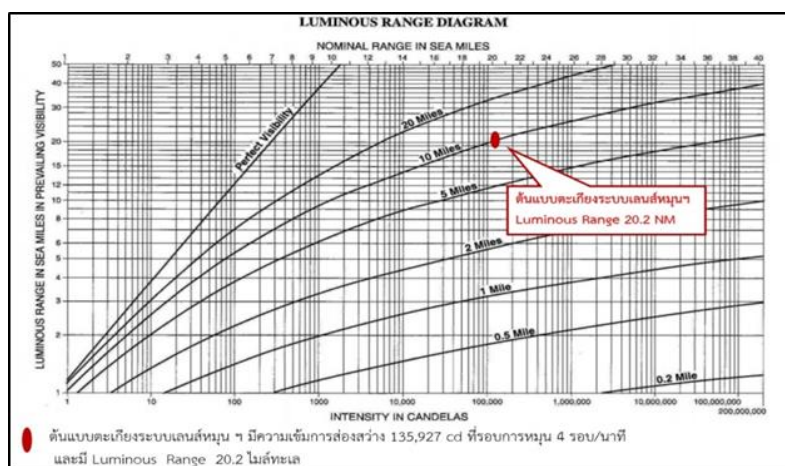
4.2.4 การทำงานของเครื่องแสงสว่าง LED (LED Light Source) เป็นปกติ โดยแสงสว่างชัดเจน ไม่ดับ หรือแสงสว่างไม่เด่นชัด

4.2.5 เลนส์ทั้งที่เป็นเลนส์ปกติ (โพลีคาร์บอเนต) และแผ่นปิดเลนส์ (แผ่น Blanking ซึ่งทำด้วยแผ่นอะคริลิกทึบแสงสีดำ) อยู่ในสภาพปกติ โดยเฉพาะเลนส์โพลีคาร์บอเนตไม่แตกร้าว คดงอ หรือเปลี่ยนสี

4.3 ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟจากต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ ที่ความเร็วในการหมุน 4 รอบ/นาที (4 RPM) มีความเข้มของการส่องสว่าง 135,927 แสงเทียน จากตรวจวัดความเข้มของการส่องสว่างโดยใช้เครื่องวัดแสงระบบดิจิตอล สามารถแบ่งออกได้เป็น

4.3.1 ระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟ (Nominal Range) อยู่ที่ 21 ไมล์ทะเล จากความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) 135,927 แสงเทียน ที่ความเร็วในการหมุน 4 รอบ/นาที (4 RPM) ตารางที่ 4

4.3.2 ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) อยู่ที่ 20.2 ไมล์ทะเล จากความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) 135,927 แสงเทียน ที่ทัศนวิสัยทางอุตุนิยมวิทยา 10 ไมล์ทะเล หรือ $T = 0.74$ โดยใช้ Luminous Range Diagram ตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) ของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ฯ [4]

4.3.3 ระยะเวลาศาสตร์ (Geographic Range) มีระยะแตกต่างกันออกไปตามความสูงของผู้ตรวจ โดยประการแหลมสิ่งที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางถึงศูนย์กลางตะเกียงระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ติดตั้ง หรือสูงวัตถุ (H_m) เท่ากับ 83 ม. ในขณะที่ผู้ตรวจซึ่งอยู่บนเรือต่าง ๆ จะมีสูงตาของผู้ตรวจ (H_o) แตกต่างกันไป เช่น เรือหลวงสุริเยะ จะมีสูงตาผู้ตรวจประมาณ 6 ม. เรือหลวงกันตัง ประมาณ 4.5 ม. เรือ ต.235 236 และ 270 ประมาณ 3 ม. และเรือยนต์รับจ้างจะมีสูงตาผู้ตรวจประมาณ 2.5 ม. ซึ่งสามารถแสดงระยะเวลาศาสตร์ของการวิจัย ๆ จากการคำนวณตามสูตรในข้อ 3.2.3 ได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาศาสตร์ และระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟจากการตรวจสอบ (Observed Range) ของการวิจัย ๆ

ลำดับ	พาหนะ/เวลาในการตรวจสอบ	ระยะเวลาศาสตร์ (Geographic Range : Rg)			ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟจากการตรวจสอบ (Observe Range) (ไมล์ทะเล)	หมายเหตุ
		สูงตาผู้ตรวจ (H_o) (ม.)	สูงวัตถุ (H_m) (ม.)	ระยะเวลาศาสตร์ (ไมล์ทะเล)		
1.	เรือยนต์รับจ้าง 21 พ.ย.62 เวลา 1810 - 1848	2.5	83	21.70	20.08	
2.	เรือ ต.235 29 พ.ย.62 เวลา 1800 - 1825	3	83	22.01	19	
3.	ร.ล.กันตัง 6 ธ.ค.62 เวลา 1800 - 1850	4.5	83	22.80	20	
4.	เรือ ต.236 26 ม.ค.63 เวลา 1900 - 1935	3	83	22.01	16.3	ทัศนวิสัย 5 - 8 ไมล์ทะเล
5.	ร.ล.สุริเยะ 26 ม.ค.63 เวลา 2230 - 2315	6	83	23.47	23.4	ทัศนวิสัย 10 - 12 ไมล์ทะเล
6.	เรือ ต.270 7 พ.ค.63 เวลา 2200 - 2230	3	83	22.01	20	มีฝนบางพื้นที่ ทัศนวิสัย 8 - 10 ไมล์ทะเล
เฉลี่ย				22.33	19.80	

4.4 สามารถสรุปผลการทำงานของต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ของโครงการวิจัย ๆ ได้ดังนี้

4.4.1 จากการทำงานในสภาวะตามธรรมชาติเป็นระยะเวลาเกินกว่า 1 ปี พบว่าต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ สามารถใช้งานได้ตามปกติ โดยไม่มีข้อขัดข้องหรือเสียหายตลอดการใช้งาน อีกทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ อาทิ เครื่องแสงสว่างไดโอดเปล่งแสง เลนส์ แบตเตอรี่ แผงโซลาร์เซลล์อยู่ในสภาพปกติ รวมทั้งภายในเรือนตะเกียง ๆ (Housing) ไม่มีไอน้ำ หรือฝุ่นผงเข้าไปในเรือนตะเกียง ๆ สามารถเทียบเคียงได้กับมาตรฐาน IP 65 [16] รวมทั้งส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ครอบนอกอะคริลิคโครงสร้างและการต่อเชื่อมจุด

4.4.2 ระยะเห็นได้ไกลของแสงไฟ (Luminous Range) อยู่ที่ 20.2 ไมล์ทะเล จากความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) 135,927 แสงเทียน ที่ทัศนวิสัยทางอุตุนิยมวิทยา 10 ไมล์ทะเล หรือ $T = 0.74$ ของรอบการหมุน 4 รอบ/นาที (4 RPM) โดยมีระยะกำหนดในการเห็นแสงไฟ (Nominal Range) อยู่ที่ 21 ไมล์ทะเล และจากการตรวจสอบของเรือต่าง ๆ ในทะเล จะมีระยะเห็นได้จริงของแสงไฟ (Observe Range) อยู่ระหว่าง 16 – 23 ไมล์ทะเล หรือเฉลี่ยอยู่ที่ระยะ 19.80 ไมล์ทะเล

4.4.3 ต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุน ๆ ยังมีข้อดีอีกหลายประการ กล่าวคือ มีน้ำหนักเบา ใช้พลังงานน้อย สามารถถอดแยกชิ้นส่วนย่อยได้หลายชิ้น จึงสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย วัสดุอุปกรณ์ส่วนใหญ่สามารถจัดหาได้จากในประเทศยกเว้นเครื่องแสงสว่าง LED ที่ต้องจัดหาจากต่างประเทศ และสามารถประหยัดงบประมาณของกองทัพเรือ กล่าวคือเฉพาะในส่วนวัสดุอุปกรณ์จะมีราคาประมาณ 400,000 บาท ต่อระบบ ซึ่งเมื่อรวมประมาณการค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ทั้งสิ้นแล้วจะมีราคาประมาณ 600,000 - 700,000 บาท ต่อระบบ ในขณะที่หากจัดหาจากต่างประเทศทั้งระบบจะมีราคาอยู่ที่ 2,500,000 - 3,400,000 บาท

5. สรุป

ผลจากการวิจัยของคณะทำงานโครงการวิจัย ฯ ประสบความสำเร็จตามความมุ่งหมาย สามารถสร้างต้นแบบตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์ได้สำเร็จและนำไปใช้ได้จริง โดยในปัจจุบันต้นแบบตะเกียงฯ ได้ผ่านการรับรองมาตรฐานผลงานวิจัยจากคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานยุทธโธปกรณ์ กองทัพเรือ (กมย.ทร.) แล้ว เมื่อ 26 สิงหาคม 2563 โดยมีความเหมาะสม ความเป็นไปได้ และมีความคุ้มค่า สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับผลิตใช้งานในกองทัพเรือเป็นตะเกียงดวงหลักของประภาคารและกระโจมไฟของกรมอุทกศาสตร์ โดยมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการจัดหาจากต่างประเทศ แต่มีราคาต่ำกว่า 3 – 4 เท่าตัว ซึ่งจะช่วยในการเดินเรือบริเวณชายฝั่งและเกาะในทะเลของน่านน้ำไทยเป็นไปด้วยความปลอดภัยยิ่งขึ้น จากดวงไฟที่มีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจนจากระยะไกลและสามารถแยกไฟออกจากแสงสว่างจากหลังได้ง่าย รวมทั้งเมื่อนำไปต่อเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ระบบควบคุมติดตามระยะไกลและสารสนเทศเครื่องหมายทางเรือ (Automatic Identification System: AIS) ที่ติดตั้งกับเครื่องหมายช่วยการเดินเรือ (AIS AtoN) หรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณระบบ AIS (AIS Repeater AtoN) ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับสถานะของเครื่องหมายทางเรือตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ที่ต้องการไปยังเรือที่ติดตั้งอุปกรณ์ระบบ AIS หรือสถานีควบคุมของกรมอุทกศาสตร์ฯ ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทัพเรือ, กรมอุทกศาสตร์. คู่มือเครื่องหมายทางเรือ (NAVGUIDE). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กองสร้า
แผนที่ กรมอุทกศาสตร์; 2560.
- [2] Heller D. Lighthouse and Light Beams [Internet]. [place unknown]: [publisher
unknown]; 2008 [updated 2018 Oct 22; cited 2021 May 11]. Available from:
[https://www.danheller.com/images/California/Mendocino/Lighthouse/Nite/Slidesho
w/img7.html](https://www.danheller.com/images/California/Mendocino/Lighthouse/Nite/Slideshow/img7.html)
- [3] Tideland Signal Corporation. TRB-400 MaxLumina® Rotating Beacon, p2 [Internet].
Houston: Tideland Signal Manufacturing LLC; 2016 [cited 2021 April 10]. Available
from: www.tidelandsignal.com
- [4] กองทัพเรือ, กรมอุทกศาสตร์. การสร้างตะเกียงระบบเลนส์หมุนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้กับ
ประภาคาร/กระโจมไฟของ อศ. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.).
กรุงเทพฯ: กรมอุทกศาสตร์; 2562.
- [5] เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ท.]: [ม.ป.พ.]; 2021 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10
เม.ย. 64]. จาก: [https://sites.google.com/site/plastic9911/kar-thdsxb-khwam-khaeng-
hardness-test/withi-kar-thi-tha-helk-dad-thx](https://sites.google.com/site/plastic9911/kar-thdsxb-khwam-khaeng-hardness-test/withi-kar-thi-tha-helk-dad-thx)
- [6] Polycarbonate คืออะไร [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ท.]: [ม.ป.พ.]; 2014 [สืบค้นเมื่อวันที่ 10 เม.ย. 64].
จาก: <http://www.glassessport.com/articles/526831/Polycarbonate.html>
- [7] เกี่ยวกับโพลีคาร์บอเนต [อินเทอร์เน็ต]. [ม.ป.ท.]: [ม.ป.พ.]; 2021 [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ต.ค. 64].
จาก: [http://www.sunasia.com.tw/th/page/-Polycarbonate/about-
polycarbonate.html#T01](http://www.sunasia.com.tw/th/page/-Polycarbonate/about-polycarbonate.html#T01)
- [8] บัญชา พนเจริญสวัสดิ์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 สาขา
วิทยาศาสตร์ 27-29 มกราคม 2529 ณ อาคารศูนย์เรียนรวม วิทยาเขตบางเขน: ทฤษฎีเลนส์เฟรสเนล
(Fresnel Lense Theory). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2529.
- [9] สายันต์ เจริญผล, นาวาโท. ตะเกียงระบบพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ: กองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์;
2540.
- [10] Fresnel Technologies. Fresnel Lenses [Internet]. Texas: Fresnel Technologies; 1996-
2014 [cited 2021 April 10]. Available from: <https://www.fresneltech.com/fresnel-lenses>
- [11] Tideland Signal Corporation. TRB-400 MaxLumina® Rotating Beacon, p3 [Internet].
Houston: Tideland Signal Manufacturing LLC; 2016 [cited 2021 April 10]. Available
from: www.tidelandsignal.com
- [12] กองทัพเรือ, กรมอุทกศาสตร์. คู่มือเครื่องหมายทางเรือ (NAVGUIDE). กรุงเทพฯ: กองสร้างแผนที่
กรมอุทกศาสตร์; 2560.

-
- [13] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouses Authorities (IALA). IALA Navguide aids to navigation manual. 7th ed. France: IALA-AISM; 2014.
- [14] Willemsen D. Nominal to luminous range [Internet]. [place unknown]: [publisher unknown]; 2021 [updated 2021 Jan 26; cited 2021 Apr 10]. Available from: <https://www.sailingissues.com/light/luminous-range-diagram.html>
- [15] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouses Authorities (IALA). IALA Recommendation, R0202 (E200-2) Marine Signal Lights - Calculation, Definition and Notation of Luminous Range. 2.1st ed. France: IALA-AISM; 2017.
- [16] โอเมก้า เมชเซอร์ริง อินสทรุเม้นท์. มาตรฐาน IP [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: โอเมก้า เมชเซอร์ริง อินสทรุเม้นท์; 2560. [ปรับปรุงข้อมูลเมื่อวันที่ 15 ม.ค. 2560; สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เม.ย. 64]. จาก: <https://www.omi.co.th/th/article/มาตรฐาน-ip>