

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนบนรถคัมครองของโครงการระบบทางด่วน ชั้นที่ 2

อนุกุล ตันติมานันต์ *
ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการซ่อมบำรุงระบบไฟวับวาบ และไฟลูกศร อีกทั้งเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการใช้ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิมกับระบบโซล่าเซลล์ โดยทำการวิจัยกับรถคัมครองของโครงการระบบทางด่วนชั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) ของบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ มีความคุ้มค่ามากกว่า ไม่ว่าจะเป็นการทำให้ระบบไฟฟ้าที่จ่ายใช้งานมีความเสถียรมากกว่า การช่วยให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลดให้น้อยลง การใช้ระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบลดลง เพราะมีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อนเหมือนการใช้เครื่องยนต์ในการผลิตไฟฟ้าแบบเดิม ทำให้ต้นทุนในการดำเนินงานลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน จากการไม่ต้องใช้น้ำมันเบนซินคิดเป็นเงิน 91,728 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายประหยัดได้สุทธิหลังภาษีตามมูลค่าเงินปัจจุบันจากระยะเวลา 20 ปี เป็นเงิน 680,236.50 บาท อีกทั้งทำให้สามารถลดระยะเวลาในการที่ต้องทำงานซ่อมบำรุงลง รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการจัดเตรียมอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อม ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานได้มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพนักงานที่ต้องใช้รถยนต์คู่กาย ช่างซ่อมบำรุง เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซล่าเซลล์ สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเครื่องยนต์แบบเดิม รวมถึงการใช้เวลาในการตรวจสอบก่อนการใช้งานน้อยลง เพราะเป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อนในการทำงานเหมือนระบบเครื่องยนต์ นอกจากนี้ ระบบไฟวับวาบและไฟลูกศรที่เปลี่ยนมาใช้หลอด LED นั้นกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าระบบไฟเดิมที่ใช้ไส้หลอด โดยลดจากการที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า 50-75 แอมป์/DC เหลือ 8-10 แอมป์/DC

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากวิกฤตการณ์พลังงานที่เกิดขึ้นได้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย ซึ่งการแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์พลังงานของประเทศนั้น จึงมุ่งเน้นไปที่เรื่องของการอนุรักษ์การใช้พลังงานในทั้งภาครัฐและเอกชน อีกทั้งเพื่อเป็นการเร่งใช้พลังงานที่เป็นพลังงานทดแทน โดยสำหรับประเทศ

* นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

** อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ไทยนั้นพลังงานแสงอาทิตย์นับว่าเป็นพลังงานทดแทนที่มีความพร้อมในการนำมาใช้งานค่อนข้างสูง โดยเฉพาะมาใช้แทนพลังงานเชื้อเพลิง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ถือเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ไม่มีความเสี่ยงต่อโลกนี้ อีกทั้งการแปรรูปพลังงานไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ถือเป็นพลังงานสะอาด

การดำเนินการในด้านการกู้ภัย คุ่มครองรถยนต์ที่เสีย และการจัดการจราจรบนทางด่วน ของโครงการทางด่วนขั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) บริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) จะต้องมีการรถยนต์ (รถคุ่มครอง) ที่ติดตั้งไฟวับวบบและไฟลูกศร ซึ่งรถยนต์ดังกล่าวจะต้องใช้ระบบจ่ายไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 ในการผลิตไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าให้เปลี่ยนระบบวงจรไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟยังระบบไฟวับวบบและไฟลูกศร เมื่อมีการขึ้นไปทำงานบนทางด่วนทุกครั้ง ซึ่งต้องใช้รถคุ่มครองจำนวนมากดำเนินงานในโครงการระบบทางด่วนขั้นที่ 2 ทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งในการทำงานพบว่ามีปัญหา คือ ระบบการจ่ายไฟรวมถึงไฟวับวบบ ไฟลูกศร และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีการชำรุดเสียหายบ่อย จึงทำให้สูญเสียเวลาในการตรวจเช็ค การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงระบบการจ่ายไฟของไฟวับวบบ และไฟลูกศรที่มีการชำรุดบ่อย นอกจากนั้นยังสูญเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา อันหมายรวมถึงปริมาณงาน และระยะเวลาของการซ่อมบำรุงที่มากขึ้น โดยปัญหาดังกล่าวนอกจากจะทำให้ต้นทุนด้านค่าใช้จ่าย ระยะเวลา และปริมาณงานของการซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้น แต่ยังมีส่งผลต่อคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่มีสาระสำคัญเป็นอย่างมาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาถึงการนำระบบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้า เพื่อผลิตไฟฟ้าให้แก่ระบบไฟวับวบบและไฟลูกศรแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเบนซิน 91 เพื่อศึกษาหลักการซ่อมบำรุงระบบไฟวับวบบ และไฟลูกศร อีกทั้งเป็นการเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการใช้ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และสามารถนำมาสรุปเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างการใช้ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิมกับระบบโซล่าเซลล์

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มคุณภาพงาน จากการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยการใช้พลังงานทดแทนมาพัฒนาใช้งาน
2. ต้นทุนการดำเนินงานลดลง เนื่องจากงานซ่อมลดลง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การจ่ายกระแสไฟที่คงที่เป็นการถนอมเครื่องจักร ทำให้บำรุงรักษาง่าย

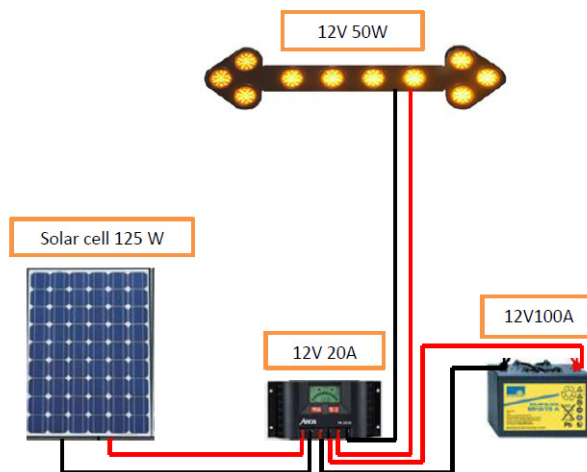
3. เพิ่มสามารถการทำงาน เพื่อให้ได้ปริมาณงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. ลดระยะเวลาในการทำงาน เพื่อให้เป็นไปตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

หลักการทำงานพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุมครองบนทางด่วนกรุงเทพเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ

การทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุมครองบนทางด่วนกรุงเทพเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟสามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 1 ซึ่งโครงสร้างของระบบประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 125 วัตต์ 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ เป็นอุปกรณ์แปลงรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้โดยผ่านเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์ เพื่อทำการชาร์จประจุให้แก่ แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ประมาณ 100 แอมแปร์ - ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืนสำหรับควบคุมการทำงานของไฟลูกศร,ไฟวับวาบหัวแก้งและไฟวับวาบท้ายรถที่ออกแบบสร้างโดยใช้หลอด LEDใช้ไฟทั้งหมดขนาดประมาณ 100 วัตต์ โดยการออกแบบของอุปกรณ์แต่ละส่วนสามารถพิจารณาได้ดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างพลังงานแสงอาทิตย์ใช้งานในรถปฏิบัติการคุมครองบนทางด่วนกรุงเทพเพื่อทดแทนเครื่องปั่นไฟ

การคำนวณการออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับออกแบบจะใช้ หลอด LED จำนวน 45-50 วัตต์กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน หลอด LED โดยพิจารณาได้จากสมการที่ 1

$$P_{Lamp} = V_{Battery} \times I_{Lamp} \quad (1)$$

ไฟลู่ออกแบบจะมีการใช้งาน 12 ชั่วโมง/วัน ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 วัน สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2

$$W_{Lamp} = P_{Lamp} \times \text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน} \quad (2)$$

สำหรับการคำนวณขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้งานร่วมกับคอมไฟถนนนั้น (1,4) สามารถคำนวณจากพลังงานของไฟลู่ออกที่ใช้ใน 1 วัน โดยกำหนดการใช้งานตอนกลางวัน 12 ชั่วโมง/วัน ได้จากสมการที่ 3 โดยแบตเตอรี่ที่คำนวณมีขนาด พิกัด 72 Ah เลือกใช้งาน แบตเตอรี่ขนาด 100 Ah

$$Ah = \left[\frac{W_{Lamp}}{\%DOD \times V_{Battery} \times \eta_{Battery}} \right] \quad (3)$$

เมื่อ

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Ah | : ขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah) |
| W_{Lamp} | : พลังงานไฟฟ้าของคอมไฟถนน (Wh) |
| DOD | : การคายประจุของแบตเตอรี่ (%) |
| $\eta_{Battery}$ | : ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (%) |

การคำนวณขนาดแผงโซล่าเซลล์

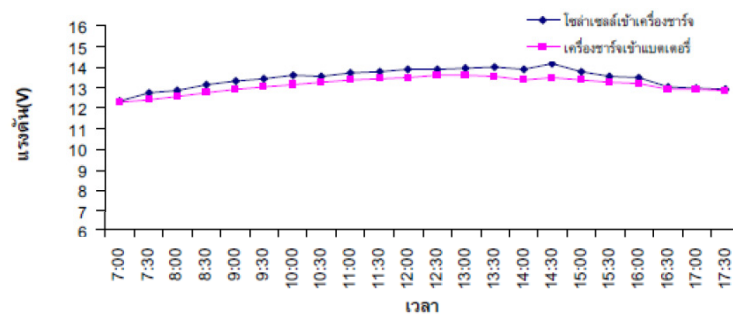
สำหรับใช้นั้นเนื่องจากในแต่ละวันความเข้มแสงจะไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของบริเวณที่ติดตั้งใช้งาน ดังนั้น ใน 1 วัน แผงโซล่าเซลล์จะรับแสงได้ประมาณ 8 ชั่วโมง ขนาดพิกัดของแผง โซล่าเซลล์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 โดยขนาดพิกัดของแผงโซล่าเซลล์ที่คำนวณมีขนาด 75 วัตต์ เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 125 วัตต์ 12 โวลต์ 10

แอมแปร์ และใช้ชุดชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 20 แอมแปร์ เพื่อควบคุมการชาร์จประจุ ให้แก่แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 100 แอมแปร์ – ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

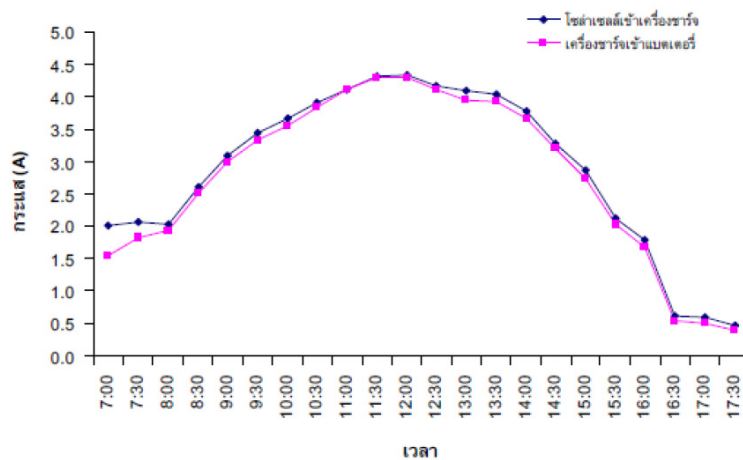
$$P_{solar-cell} = \frac{W_{Lamp}}{8h} \quad (4)$$

การทดสอบ

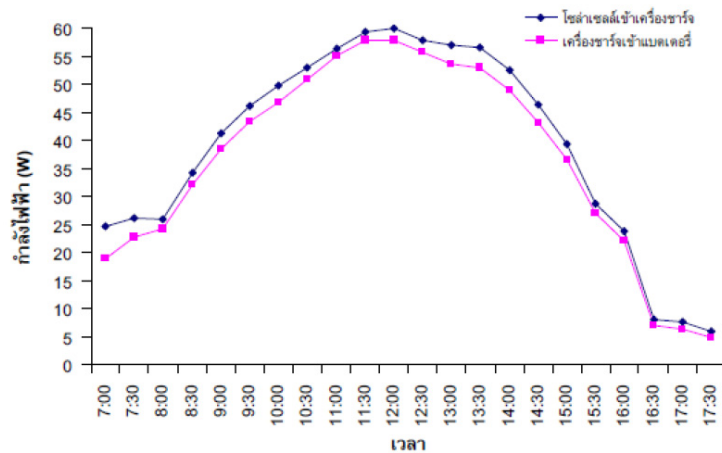
การทดสอบการทำงานของพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการทดสอบที่ออกแบบการสร้า นั้น ประกอบด้วยการทดสอบการทำงานของเครื่องชาร์จประจุแก่แบตเตอรี่ช่วงเวลา 7.00 -17.30 น และการทดสอบการทำงานของโคมไฟถนน ผลการทดสอบสามารถพิจารณาได้ดังภาพที่ 5-10



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าขณะชาร์จแบตเตอรี่กับเวลา

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการเป็นตัวประเมินว่า โครงการนั้นมีความเหมาะสมในการลงทุนหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินนั้นมีความสำคัญมากในการตัดสินใจลงทุนโครงการ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันผลการประหยัดต้นทุน พลังงานจากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) จากสมการที่ 5

$$\sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (5)$$

เมื่อ

- n = อายุของโครงการ (ปี)
- ES_t = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n
- I₀ = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ
- I = อัตราลดค่า

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และ ขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

5. ผลการการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้มีการเสนอให้ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันเบนซิน เพื่อใช้สำหรับระบบวงจรไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟยังระบบไฟวิบบาว และไฟลูกศร ที่ติดตั้งบนรถคัมครอง ซึ่งใช้สำหรับในการกู้ภัย คัมครองรถยนต์ที่เสีย และการจัดการจราจรบนทางด่วนชั้นที่ 2 (ทางพิเศษศรีรัช) โดยส่วนหนึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงระบบไฟลูกศรและไฟวิบบาวทำยรจากระบบไฟหลอดมาเป็นระบบไฟหลอด LED ซึ่งจากผลการศึกษาทดลองปรากฏผลโดยสรุป ดังนี้

การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ มีความคุ้มค่ามากกว่า ไม่ว่าจะเป็นการทำให้ระบบไฟฟ้าที่จ่ายใช้งานมีความเสถียรมากกว่าระบบไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ การช่วยให้สามารถลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงลดลง ระยะเวลาในการบำรุงรักษาระบบลดลง เพราะมีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนระบบไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ในการผลิตไฟฟ้า ส่งผลให้มีต้นทุนในการดำเนินงานลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากการไม่ต้องใช้น้ำมันเบนซิน โดยสามารถคิดเป็นจำนวนเงิน 91,728.-บาทต่อปี หรือสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิหลังภาษีตามมูลค่าเงินปัจจุบันจากระยะเวลา 20 ปี เป็นจำนวนเงิน 680,236.50.-บาท ซึ่งทำให้สามารถลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงลง รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการจัดเตรียมอะไหล่เพื่อซ่อมบำรุง อีกทั้งเวลาของช่างที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุงที่ลดลงกว่าการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์มาก อีกทั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเครื่องยนต์แบบเดิม เนื่องจากมีการทำงานจ่ายไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ และทำให้มีการซ่อมบำรุงที่น้อยมาก รวมถึงการใช้เวลาในการตรวจสอบก่อนการใช้งานน้อยลง เพราะเป็นระบบที่ไม่มีความซับซ้อนในการทำงานเหมือนระบบเครื่องยนต์ จึงส่งผลให้พนักงานที่ต้องใช้รถยนต์กู้ภัย หรือช่างซ่อมบำรุงสามารถนำเวลาที่เหลือไปปฏิบัติงานด้านอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ระบบไฟวิบบาวและไฟลูกศรที่เปลี่ยนมาใช้หลอด LED นั้นกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า ระบบไฟเดิมที่ใช้ไส้หลอด โดยลดจากการที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า 50-75 แอมป์/DC เหลือ 8-10 แอมป์/DC

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาต่อโดยใช้เครื่องแปลงไฟ (Inverter) จากไฟฟ้า 12 V DC เป็น 220 V AC เพื่อใช้กับเครื่องมืออื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการจราจรและงานกู้ภัยบนทางด่วนต่อไป

2. ควรมีการศึกษาการเพิ่มศักยภาพของแบตเตอรี่ที่จะช่วยให้มีการใช้งานได้นานและทนทานต่อการใช้งานกลางแจ้งหรือวิธีการถนอมการใช้งานแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งาน

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อยอดงานวิจัยนี้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการนำพลังงานจากเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่ต้องใช้งานอยู่แล้วมาช่วย เสริม/เพิ่มประสิทธิภาพผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาไม่สามารถใช้แผงโซลาร์เซลล์ได้

4. การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเป็นโครงไฟลูกศรจากการใช้วัสดุที่เป็นแผ่นพลาสติกอะคริลิกซึ่งไม่ทนต่อการถูกแสงแดด/ฝน ซึ่งหากแตกจะมีผลต่อแผงวงจรของหลอด LED เป็นวัสดุชนิดอื่นที่มีความทนทานและสามารถกันน้ำได้ เช่น แผ่นสังกะสีเคลือบ เหล็ก แผ่นสแตนเลส หรือเหล็กแผ่นเคลือบ เป็นต้น

5. ควรมีการศึกษาพัฒนาอุปกรณ์เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ไม่ว่าจะเป็นหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า แผงวงจรตัวคอนโทรลเลอร์ให้มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น วงจรควบคุมหลอด LED ที่มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

6. การศึกษาเพิ่มเติมต่อยอดงานวิจัย ในการนำระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์นี้ไปใช้เพิ่มเติมกับรถยนต์ชนิดอื่น ๆ ที่ต้องใช้ไฟฟ้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากไฟปกติที่มีของรถยนต์ เพื่อช่วยลดการสึกหรอรวมถึงพลังงานของเครื่องยนต์ เพื่อให้เกิดการช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมประเทศลง ซึ่งจะประโยชน์ต่อประชาชนส่วนรวมแล้วยังเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อมลภาวะจากการใช้พลังงานและเป็นการส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศและของโลกให้ดีขึ้นอีกด้วย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2548). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ชัคเชสมิเดีย จำกัด.

สุวิทย์ มูลคำ (2550). กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร: หจก.ภาพพิมพ์.

- กุสุมา สุนประชา. (2546). การพัฒนาระบบการบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษาสำหรับ
อุตสาหกรรมปิโตรเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เฉลิม สัมพันธ์ธนรักษ์. (2546). การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วน
รถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชัยยศ วัชรอยู่. (2532). การปรับปรุงระบบซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมทอผ้า.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติกานต์ เลิศศรี. (2550). การศึกษาความเป็นไปได้ของธุรกิจร้านอาหาร กรณีศึกษาธุรกิจ
ร้านอาหารที่เน้นอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพบริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
รายงานการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศาสตรบัณฑิต
และสุขภาพ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พงศกร แสงผ่องแผ้ว. (2539). การวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีการป้องกันการชำรุดของ
เครื่องจักรในสายการผลิตโซ่กอล์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรม
อุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชิต สอนดงบัง. (2546). การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบลำเลียงในอุตสาหกรรมการ
ผลิตอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต.
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พูนเพิ่ม วารรัตน์. (2552). การประยุกต์ใช้ระบบซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเครื่อง MULTIMETER
ในกระบวนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของกองทัพเรือ. วิทยานิพนธ์วิทยาศา
สตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร:
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ภูวดล ชลกล้า. (2546). การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบจ่ายน้ำมันลงรถบรรทุกสำหรับ
คลังน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วินัย หล้าวงษ์. (2546). การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรใน
กระบวนการผลิตจนวนความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขา
วิศวกรรมระบบการผลิต กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี.

- สหัส นิลกำแหง. (2552). การลดขั้นตอนกระบวนการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องยนต์โดยใช้วิธีการศึกษาการทำงานบริษัท ทำอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการจัดการทางวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- เสน่ห์ บุญรำไพ. (2544). การศึกษาเพื่อลดเวลาในการผลิต กรณีศึกษาสายการผลิตพู่เส้น บริษัท ที บี เค กรุงเทพ จำกัด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหกรรม). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อุไรวรรณ พูลสิน. (2545). การอนุรักษ์พลังงานในอาคารนอกชายอาคารควบคุมสองแห่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เอกชัย ตั้งบุญธินา. (2534). การเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรในโรงงานผลิตแผ่นพื้นรองเท้าโดยการปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. (2543). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริวรรณ ฉายศิริ. (2553). ศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- “พลังงานทดแทน คืออะไร?” สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2554 จาก <http://dekrakban.igetweb.com/index.php?mo=3&art=415938>
- กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). “เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).” สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2554 จาก <http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>
- กองวิจัยและพัฒนา กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร. “พลังงานแสงอาทิตย์.” สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2554 จาก <http://www.thaienv.com/content/view/799/47/>

ชาย ชีวะเกตุ และ ชนานัญ บัวเขียว. (2543, กรกฎาคม-กันยายน). “การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์.” สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 49. สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2554 จาก

<http://www.eppo.go.th/vrs/VRS49-09-Solar.html>

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, “เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) ใน การจัดทำระบบการจัดการคุณภาพร่วมกับกระบวนการผลิตที่ดีเพื่อความปลอดภัยของอาหารในอุตสาหกรรมอาหาร” สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2554 จาก <http://www.nubi.nu.ac.th/webie/7qctool.html>

นโยบายแผนและแนวทางวิจัยพัฒนาพลังงานทดแทน พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ พ.ศ. 2540-2544” โดยคณะทำงานพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้คณะกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ภาษาต่างประเทศ

BOOKS

Mizuno S. (1988). Management for Quality Improvement Productivity. Cambridge, MA.

“Policy Option to accelerate Grid-Connected PV Market” Solar 97 Conference

Washington DC 1997, by Howard Wenger (hwenger@PacificEnergy.com) and Christy Herig (herigc@tcptink.nrel.gov).

“PV as a Global Energy Source” By Prof. Jurgen Schmid, presented as the Dey Note Speech 2ND World Conference and Exhibition on Solar Energy Conversion Vienna July 6, 1998.

“Renewable Energy World” Vol.2 No.6 November 1999, James & James LTD, UK.

David J. Spiers Helsinki. (1989). “Solar Electricity and Solar Fuels.” University of

Donald E. Dsborn. “Sustained Oderly Development and Commercialization of Grid Connected Photovoltaics: SMUD as a Case Example” By Sacramento Municipal district (SMUD) Draft Report.

Electric Components Sales Dept. Sharp Corporation Japan. “Sharp Solar Cells for Terrestrial”.

James E.Rannel Director Office of PV and Wind Technologies, US DOE. “Trends in PV Technology Development-Future Implication” .

National Photo Voltaic Program, US Department of Energy (US DOE). “Program Plan for 1996-2000”

National Photovoltaic Program, US Department of Energy (US DOE). “Five Year Research Plan 1987–1991”.

Paul D. Maycock Editor “PV News Vol.18/2 Feb. 1999” .

Tuomo Suntola. “Solar Energy for Large–Scale Generation.” Microchemistry Ltd. Finland