

การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซลาร์เซลล์เปรียบเทียบกับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

Energy Cost Analysis of Battery Solar Cell Charging and Battery Charging

สุวิมล เสนีวงศ์ ณ อยุธยา¹, วณชาติ บริสุทธิ¹ และ วิโรจน์ จินดารัตน์²*

¹กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

²กองบูรณะและบำรุงรักษา กรมโยธาธิการและผังเมือง แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

*ติดต่อ: E-mail: joysuwimon1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของระบบชาร์จแบตเตอรี่เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานต่อไป โดยศึกษาเปรียบเทียบระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซลาร์เซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ การวิเคราะห์พิจารณาเงินลงทุนต่างๆ ควบคู่ไปกับระยะเวลาคืนทุน ข้อมูลที่ใช้ได้จากกรมโยธาธิการและผังเมือง ผลการศึกษาพบว่าในปีแรกเงินลงทุนจัดหาอุปกรณ์ของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่มีค่าสูงกว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ถึง 3.34 เท่า โดยระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่ไม่คุ้มทุนเมื่อใช้งานสามปีแรกแต่คุ้มทุนเมื่อใช้งานปีที่ 4 โดยมีระยะเวลาคืนทุนที่ค่อนข้างสูงและจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อจำนวนปีที่ใช้งานเพิ่มขึ้น ซึ่งปีที่ 12 จะมีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุดและระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่ปีที่ 20 ส่วนระยะเวลาคืนทุนของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ไม่สามารถพิจารณาได้เมื่อการใช้งานสี่ปีแรก พิจารณาระยะเวลาคืนทุนได้ในปีที่ 5 และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปีที่ 20 เมื่อพิจารณาการใช้งานที่ 5 ปีพบว่าระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่มีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยกว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ถึงแม้ว่าค่าลงทุนจัดหาอุปกรณ์ทั้งหมดจะสูงกว่าแต่ไม่มีค่าไฟฟ้าจึงทำให้เกิดความคุ้มค่าในการใช้งาน

คำหลัก: ต้นทุนด้านพลังงาน ระบบชาร์จแบตเตอรี่ โซลาร์เซลล์ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ระยะเวลาคืนทุน

Abstract

For this research, energy cost analysis of battery charging system is investigated. The idea behind this work can be used as guidance for special design of application processes. By battery solar cell charging and battery charging are compared both of initial investment and payback period. The data from Department of Public Works and Town & Country Planning is used. In the first year, initial investment of battery solar cell charging is higher than battery charging for 3.34 times. For the first three years, battery solar cell charging is not cost effective, by payback period is high when it is used for 4 years and payback period is gradually decreased when usability is increased. For 12 years, payback period is lowest and it gradually increases until 20 years. Furthermore, battery charging is not cost effective when consider for the first four years, by payback period is gradually increased from 5 to 20 years. For payback period of 5 years, battery solar cell charging is lower than battery charging. By initial

ETM-76

investment of battery solar cell charging is higher than battery charging but electricity cost is neglected so battery solar cell charging is worthwhile useful.

Keywords: Energy Cost Analysis, Battery Charging System, Solar Cell, Battery Charging, Payback Period

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกได้เข้าขั้นวิกฤต เนื่องจากอัตราความต้องการพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นสวนทางกับปริมาณทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ประเทศไทยมีความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีความต้องการใช้พลังงานสูงขึ้น ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากกลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมัน พลังงานร้อยละ 80% ที่ประเทศไทยใช้อยู่เป็นพลังงานประเภทที่ใช้แล้วหมดไปหรือพลังงานสิ้นเปลือง (Nonrenewable Energy) เช่น น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติซึ่งนับวันจะหายากและมีราคาแพงขึ้น หากพิจารณาทางเศรษฐกิจประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานครึ่งหนึ่งของการใช้พลังงานในประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยนำเข้าพลังงานมีมูลค่ารวมเก้าแสนหนึ่งหมื่นสองพันล้านบาท ในขณะที่ประเทศไทยสามารถส่งออกผลผลิตภาคการเกษตรได้ประมาณสองแสนหกหมื่นล้านบาทเท่ากับว่าประเทศไทยต้องขายสินค้าภาคการเกษตรเกือบ 3 ปีถึงจะเทียบเท่าการนำเข้าน้ำมัน [1] ซึ่งยังไม่นับค่าเครื่องจักร ค่าเทคโนโลยีหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่นำเข้าจากต่างประเทศอีกด้วย

การใช้พลังงานในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้หลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนาการใช้พลังงานทดแทน ถ้ากล่าวถึงพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุดและเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อกล่าวถึงพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) เป็นพลังงานตามธรรมชาติที่ใช้ในชีวิตประจำวัน หลายปีมานี้มีนักวิจัยหลายกลุ่มศึกษาการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการ

เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์รับพลังงานแสงอาทิตย์ [2-5] หรือเรียกว่าแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) Michael [2] ศึกษาวิธีที่ไวต่อการรับแสงอาทิตย์ด้วยการเปรียบเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์แบบเดิมที่ใช้สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน ความเป็นตัวนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสิ่งไม่บริสุทธิ์ที่มีเจือปนอยู่ในวัสดุพวกนี้ แสงจะถูกดูดซับมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแผงโซลาร์เซลล์และชนิดของสารกึ่งตัวนำที่เคลือบที่แผงจากการทดสอบพบว่าผลึกนาโนไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (Nanocrystalline Electrochemical Photovoltaic) ที่พัฒนาขึ้นเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถใช้ทดแทนของเดิมได้เป็นอย่างดี Pragma and Tirumalachetty [4] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้แผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่เขตเมือง จากผลการคำนวณพบว่าการใช้แผงโซลาร์เซลล์สองชั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของพลังงานเพิ่มขึ้น 75% เมื่อเปรียบเทียบกับแผงโซลาร์เซลล์ชั้นเดียว

ต่อมา มีนักวิจัยบางกลุ่มนำแผงโซลาร์เซลล์ไปใช้กับงานด้านต่างๆ แล้วประเมินความคุ้มค่า เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนพลังงานรูปแบบอื่นๆ ต่อไป [6-9] บุญเลิศ สงวนวัฒนา [6] ศึกษาการทำงานของตู้เย็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างตู้เย็นไฟฟ้ากับตู้เย็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยการใช้แผงโซลาร์เซลล์ การคำนวณใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 Watt 12 Volt จำนวน 3 แผง อีก 1 แผงใช้กับแบตเตอรี่ ผลการเปรียบเทียบพบว่าด้านการลงทุนตู้เย็นไฟฟ้าลงทุน 3,500 บาท ส่วนตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลงทุน 68,500 บาท โดยตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่ตู้เย็น

ETM-76

ไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 178.85 หน่วยต่อปี และเสียค่าใช้จ่าย 894.25 บาทต่อปี Chamsilpa et al. [8] ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์เปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงชนิดฟอสซิลในประเทศไทย จากผลการคำนวณพบว่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุด คือ การสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติเพื่อเป็นแหล่งพลังงาน รวมทั้งการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์มีค่าน้อยกว่าโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงชนิดฟอสซิล ทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าตามไปด้วย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ทดแทนการใช้พลังงานอื่นๆ จะเป็นแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานจริงต่อไป งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของระบบชาร์จแบตเตอรี่ โดยศึกษาเปรียบเทียบกับระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซลาร์เซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบเดิมซึ่งใช้ไฟฟ้า การวิเคราะห์จะพิจารณาด้านต้นทุนต่างๆ ควบคู่ไปกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อันจะเป็นองค์ความรู้ในการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานต่อไป

2. องค์ประกอบของระบบไฟฟ้าจากการะบวน

การโฟโตโวลตาอิก

กระบวนการโฟโตโวลตาอิกแบ่งอุปกรณ์ของระบบได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 แผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์หรือแผงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Cell; PV) [10] เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า สร้างครั้งแรกโดยแชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) ในปี ค.ศ. 1954 โดยค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอนจนได้เซลล์แสงอาทิตย์ ในระยะแรกเริ่มมีการนำไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศ ดาวเทียม

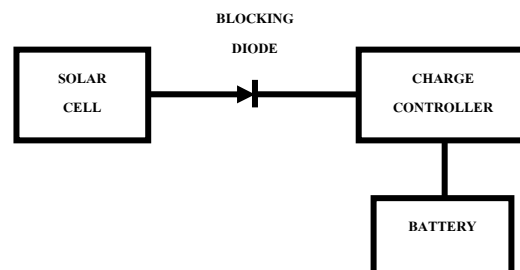
ระบบสื่อสารต่างๆ จนปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลาย มีราคาถูกลง และประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.2 ระบบควบคุมการชาร์จประจุไฟ (Charge Controller)

ระบบควบคุมการชาร์จประจุไฟเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซลาร์เซลล์มาบรรจุให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งต้องไม่ให้เกิดการประจุมากเกินไป (Over Charge) ซึ่งจะมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดและเสื่อมสภาพเร็ว และเมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วต้องตัดการชาร์จ กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นพัลส์ (Pulse) และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15-20% เนื่องจากมีตัวแปรที่มากเกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น แผงโซลาร์เซลล์จากกังหันลมหรืออื่นๆ จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) และควบคุมการทำงานวงจรชาร์จประจุ และใช้วงจร PWM (Pulse Width Modulation) มาสร้างรูปสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 ระบบควบคุมการไหลของกระแส (Blocking Diode)

ระบบควบคุมการไหลของกระแสเป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไม่ให้ไหลย้อนกลับเข้าแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายแสดงดังรูปที่ 1 ปัจจุบันทางผู้ผลิตได้ทำการติดตั้งระบบนี้ไว้ในแผงโซลาร์เซลล์เพื่อสะดวกต่อการใช้งานแล้ว [11]



รูปที่ 1 การต่อระบบควบคุมการไหลของกระแส

2.4 แบตเตอรี่

การเก็บสะสมพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าออกไปใช้

ETM-76

งานได้ทันที ประดิษฐ์ครั้งแรกในปี ค.ศ.1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ชื่อแกสตัน ฟลองค์ (Gaston Plante) ผลิตแบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ต่อมาพัฒนาเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดในปี ค.ศ.1957 ต่อมาออกโต จาเช (Otto Jache) ประดิษฐ์แบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานง่ายไม่ต้องเติมน้ำกลั่น ในหลักการจะใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดไว้และผนึกไม่ให้กรดไหลออกมาหรือเรียกได้ว่าเป็นเซลล์แบบแห้งหรือแบตเตอรี่แบบแห้ง ต่อมามีการพัฒนาวัสดุดูดซับกรด 2 แบบ คือ แบบที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซับเรียกว่า แบบ AGM (Absorbed Glass Mats) และแบบที่ใช้เจลเป็นตัวดูดซับกรดเรียกว่าแบบเจล (Gel battery หรือ Gel Cell) ซึ่งเป็นหลักการต้นแบบของแบตเตอรี่ที่พัฒนาต่อๆ มาในปัจจุบัน [10]

แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า สามารถใช้งานได้ทั้งสองแบบ แต่จะมีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งานมากขึ้นโดยออกแบบให้สามารถจัดเก็บประจุได้ครั้งละมากๆ และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานยิ่งขึ้นที่เรียกว่าเป็นแบบ Deep Cycle การออกแบบให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษเป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูงสามารถจัดเก็บได้สูงแต่จะจ่ายกระแสออกมาไม่สูงมากนักเหมาะสำหรับรถไฟฟ้า รถยกของ (Flock Lift) เครื่องสำรองไฟ (Uninterruptible Power Supply; UPS) หรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆ รวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วย

3. ทฤษฎีและการออกแบบ

การออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์สำหรับบรรจุแบตเตอรี่ ผู้ออกแบบต้องทราบข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นไปตามหลักวิศวกรรม ข้อมูลที่จำเป็น เช่น อาทิส่องอาทิตย์ในแต่ละที่ของแต่ละวัน ตลอดปี ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในที่นี้คือความต้องการใช้แบตเตอรี่ในแต่ละวัน ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ รวมทั้งลักษณะภูมิอากาศและภูมิประเทศของสถานที่ติดตั้ง

3.1 การหาขนาดและจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [11]

เมื่อทราบกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้แล้วสามารถหาขนาดของแผงโซลาร์เซลล์จากสมการที่ 1

$$N_A = \frac{N_S \times AH_{load} \times \phi}{K_I \times V_F \times A_M \times D_M} \quad (1)$$

เมื่อ N_A คือ จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้งาน (Unit) N_S คือ จำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ต่ออนุกรมกันใน 1 แถว (Unit) หาได้จากสมการที่ 2

$$N_S = \frac{V}{V_{sc} \times V^F} \quad (2)$$

เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้าใช้ในระบบ (Volt) V_{sc} คือ แรงดันไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ (Volt) V^F คือ ค่าเปลี่ยนแปรไปจาก Specification ให้ 10% จะได้ V^F เท่ากับ 90% AH_{load} คือ จำนวน แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; A-hr) ของโหลดทั้งหมดหาได้จากสมการที่ 3

$$K_I = N_B \times S_D \times N_L \times N_R \quad (3)$$

เมื่อ N_B คือ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (ใช้ 85%) S_D คือ การสลายประจุด้วยตนเอง (Self Discharge) มาตรฐาน 3% สำหรับสลายประจุระหว่างเซลล์แต่ละเซลล์ของแผ่นธาตุ ดังนั้นจะเหลือประสิทธิภาพ 97% N_L คือ ประสิทธิภาพของสายส่ง (Line Loss Factor 5%) จะเหลือประสิทธิภาพ 95% N_R คือ ประสิทธิภาพของ Charge Controller (ใช้ 85%) ϕ คือ ความเข้มของแสงที่ใช้ในการทดสอบแผงโซลาร์เซลล์ (mW/cm^2) A_M คือ กระแสจ่ายออกที่แรงดันกำเนิดของแผงเป็นแอมแปร์ที่ความเข้มทดสอบและ D_M คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงในรอบปี ($mWh/cm^2/day$) ขึ้นอยู่กับสถานที่ติดตั้งใช้งาน

3.2 การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ [11]

เครื่องควบคุมการชาร์จต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซลาร์เซลล์ คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \quad (4)$$

เมื่อ C_{Batt} คือ ขนาดกระแสประจุ (Ampere) PV คือ กำลังวัตต์ของโซลาร์เซลล์ (Watt) และ V_{Batt} คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Volt)

ETM-76

3.3 การหาความจุแบตเตอรี่ (Battery Capacity) และจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องใช้ในระบบ [11]

ขนาดความจุขึ้นกับลักษณะการใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานของแบตเตอรี่หาจากสมการที่ 5

$$Q_{Batt} = \frac{P_{Load}}{V_{Batt} \times (\%DOD) \times E_{Inverter}} \times T_{Batt} \quad (5)$$

เมื่อ Q_{Batt} คือ ความจุแบตเตอรี่ (A-hr) P_{Load} คือ กำลังวัตต์รวม (Watt) V_{Batt} คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Volt) $\%DOD$ คือ ค่าระดับความลึกการคายประจุ (40-60%) $E_{Inverter}$ คือ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ และ T_{Batt} คือ ระยะเวลาการประจุแต่ละวัน (hr)

3.4 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าเงินลงทุนของระบบ ระยะเวลาคืนทุนพิจารณาถึงจำนวนปีที่ได้รับผลตอบแทนคุ้มกับเงินลงทุนได้จากสมการที่ 6

$$n = \frac{TS}{Y_i} \quad (6)$$

โดยที่ n คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี) TS คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท) Y_i คือ ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี) ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการลงทุนหาได้จากสมการที่ 7

$$TS = T_{II} + T_{MC} + T_{EC} \quad (7)$$

เมื่อ T_{II} คือ เงินลงทุนเริ่มต้น (บาท) T_{MC} คือ ค่าบำรุงรักษาทั้งหมด (บาท) และ T_{EC} คือ ค่าไฟฟ้า (บาท)

4.วิธีการทดลองและอุปกรณ์

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาที่ศูนย์ซ่อมบำรุงเรือกำจัดผักตบชวาและเครื่องสูบน้ำของกองบรรณะและบำรุงรักษา กรมโยธาธิการและผังเมือง ตำบลบางตะเคียน อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ทำการศึกษาเปรียบเทียบเงินลงทุนเริ่มต้นและค่าใช้จ่ายของระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซลาร์เซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ในการทดสอบใช้ระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่หนึ่งชุดติดตั้งดังรูปที่ 2 รวมทั้งติดตั้งมิเตอร์

วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้างดรูปที่ 3 เมื่อติดตั้งเสร็จจะประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 21 แผง กำลังวัตต์แผงละ 57 Watt ชาร์จแบตเตอรี่ได้ครั้งละ 3 ลูก ลูกละ 12 Volt 120 Ampere แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งพื้นที่แถบนี้มีโรงไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์อยู่หลายแห่งจึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้งาน ส่วนการชาร์จแบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้งานตามปกติใช้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (Battery Charger) กำลัง 220 Volt 30 Ampere ดังแสดงในรูปที่ 5 รวมทั้งติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าเพื่อแสดงค่าไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 2 การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 3 การติดตั้งมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า



ETM-76

รูปที่ 4 ระบบโซล่าเซลล์ชาร์จแบตเตอรี่

การทดสอบได้ทำการชาร์จแบตเตอรี่ทั้งสองระบบไปพร้อมๆ กัน โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการใช้ไฟฟ้าและรายงานการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรกลของกองบูรณะและบำรุงรักษา กรมโยธาธิการและผังเมือง [12] ซึ่งข้อมูลได้จากการเก็บผลจากการทดลอง 12 เดือนในหนึ่งปีเดือนละ 20 วัน โดยนำไปใช้งานกับเครื่องสูบน้ำ 60 ชุดใช้แบตเตอรี่เครื่องละ 2 ลูก รถยนต์หลัก 11 คัน ใช้แบตเตอรี่คันละ 2 ลูก กระบะ 8 คัน ใช้แบตเตอรี่คันละ 1 ลูก และเรือกำจัดผักตบชวา 16 ลำ ใช้แบตเตอรี่ลำละ 2 ลูก ในการชาร์จด้วยแผงโซล่าเซลล์ต่อครั้งได้แบตเตอรี่ 3 เครื่อง ใช้เวลาชาร์จ 7 ชั่วโมงต่อครั้ง ส่วนการชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ใช้จำนวน 3 เครื่อง ชาร์จแบตเตอรี่เครื่องละ 1 ลูกใช้เวลาชาร์จ 7 ชั่วโมงต่อครั้ง โดยใช้แบตเตอรี่ขนาดเท่ากัน แล้วทำการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 5 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

5. ผลการเปรียบเทียบระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซล่าเซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ในการทดสอบเริ่มจากการดำเนินการจัดหาอุปกรณ์เพื่อใช้กับระบบโซล่าเซลล์ชาร์จแบตเตอรี่และใช้กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่โดยอุปกรณ์และเงินลงทุน

ของระบบโซล่าเซลล์ชาร์จแบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 1 ประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ราคาแผงละ 3,500 บาท ซึ่งได้ทำการออกแบบคำนวณจากแสงอาทิตย์ในพื้นที่จริงได้แผงโซล่าเซลล์จำนวน 21 แผง เป็นเงิน 73,500 บาท ระบบควบคุมการประจุไฟ 3 ชุด ชุดละ 1,500 บาท เป็นเงิน 4,500 บาท โครงสร้างยึดแผงโซล่าเซลล์พร้อมอุปกรณ์ เช่น สายไฟเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นเงิน 5,000 บาท และสายชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด เป็นเงิน 3,300 บาท

ตารางที่ 1 อุปกรณ์และเงินลงทุนของระบบโซล่าเซลล์ชาร์จแบตเตอรี่

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	แผงโซล่าเซลล์ จำนวน 21 แผง	73,500
2	ระบบควบคุมการประจุไฟ 3 ชุด	4,500
3	โครงสร้างยึดแผงโซล่าเซลล์ พร้อมอุปกรณ์	5,000
4	สายชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด	3,300
	รวม	86,300

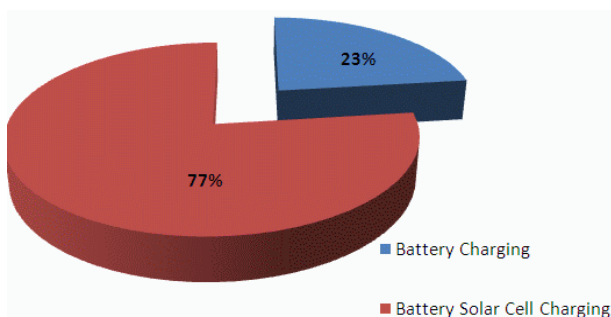
ตารางที่ 2 อุปกรณ์และเงินลงทุนของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ จำนวน 3 เครื่อง	22,500
2	สายชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด	3,300
	รวม	25,800

อุปกรณ์และเงินลงทุนของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 2 ใช้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 3 เครื่อง ราคาเครื่องละ 7,500 บาท เป็นเงิน 22,500

ETM-76

บาท และสายชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุด เป็นเงิน 3,300 บาท ซึ่งค่าบำรุงรักษาของทั้งสองระบบ คือ การจัดซื้อสายชาร์จแบตเตอรี่จำนวน 1 ชุดเป็นเงิน 3,300 บาท ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนทุกปี เมื่อพิจารณาในปีแรกพบว่าเงินลงทุนเริ่มต้นเพื่อจัดหาอุปกรณ์ของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่มีค่าสูงกว่าเงินลงทุนของอุปกรณ์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ถึง 3.34 เท่า แสดงเงินลงทุนเริ่มต้นทั้งหมดเมื่อเทียบเป็น 100% ดังรูปที่ 6 พบว่าเงินลงทุนที่ได้มาเป็นเงินลงทุนของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่ 77% ส่วนการจัดหาที่ได้มาของอุปกรณ์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เป็น 23%



รูปที่ 6 เงินลงทุนเริ่มต้นทั้งหมดเมื่อเทียบเป็น 100%

พิจารณาระยะเวลาคืนทุนตั้งแต่การใช้งานที่ 1 ปีถึง 20 ปี เมื่อตารางที่ 3 และ 4 แสดงค่าใช้จ่ายของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ตามลำดับ โดยปีแรกของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่พิจารณาจากเงินลงทุนเริ่มต้น (Initial Investment) คือ เงินที่ใช้ในการจัดหาอุปกรณ์และค่าบำรุงรักษา (Maintenance Cost) เมื่อจัดหาสายชาร์จแบตเตอรี่พิจารณาปีที่ 2 ถึงปีที่ 20 ส่วนในปีแรกของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่พิจารณาจากเงินลงทุนเริ่มต้นและค่าไฟฟ้า รวมทั้งในปีที่ 2 ถึงปีที่ 20 พิจารณาค่าใช้จ่ายจากค่าบำรุงรักษา เมื่อจัดหาสายชาร์จแบตเตอรี่และค่าไฟฟ้า ส่วนค่าไฟฟ้าพิจารณาจากจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เท่ากับ 11 kW-hr ต่อวัน ราคาหน่วยละ 3.9361 บาท เป็นจำนวนเงิน 2,597.826 บาทต่อเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ครั้งละ 3 ลูกในเวลา 1 เดือน [13] เมื่อคิด

เป็นค่าไฟฟ้าต่อปีที่ระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่ไม่ต้องจ่ายจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 31,174 บาทต่อปี โดยระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่คิดจากการประหยัดค่าไฟฟ้า ส่วนเครื่องชาร์จแบตเตอรี่คิดจากค่าใช้จ่ายในการจัดหาเพื่อใช้งานทุกปี

รูปที่ 7 พิจารณาระยะเวลาคืนทุนของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่ พบว่าการทำงานในปีที่ 1 ถึงปีที่ 3 ไม่สามารถพิจารณาระยะเวลาคืนทุนได้ เนื่องจากในช่วงสามปีแรกไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน จะพิจารณาระยะเวลาคืนทุนได้ในปีที่ 4 ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนที่ค่อนข้างสูง และจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อจำนวนปีที่ใช้งานเพิ่มขึ้น โดยปีที่ 12 มีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุดที่ 5.85 ปี และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่ปีที่ 20 แสดงว่าระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่เหมาะสมที่จะใช้งานที่ 12 ปี เนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ค่าใช้จ่ายของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่

ปีที่	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)
1	อุปกรณ์และเงินลงทุน	86,300
2 – 20	ค่าบำรุงรักษา (จัดหาสายชาร์จแบตเตอรี่)	3,300

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

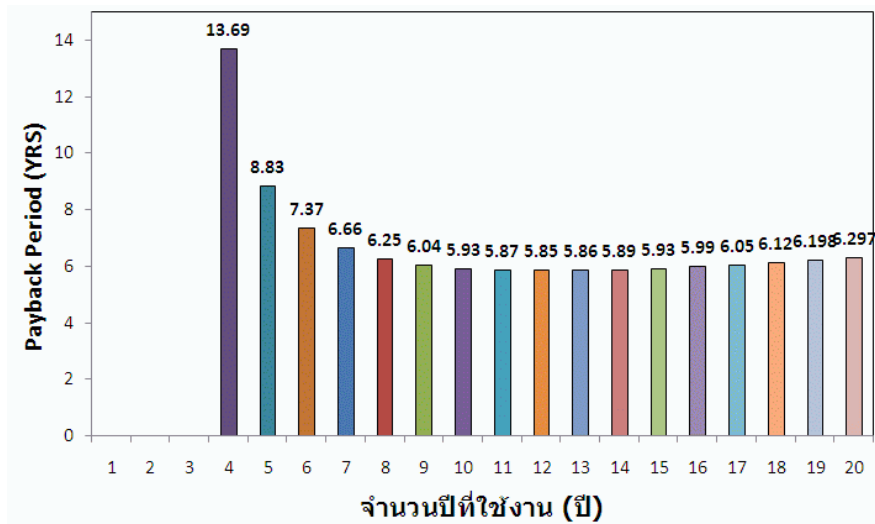
ปีที่	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)
1	อุปกรณ์และเงินลงทุน	25,800
	ค่าไฟฟ้า	31,174
2 – 20	ค่าบำรุงรักษา (จัดหาสายชาร์จแบตเตอรี่)	3,300
	ค่าไฟฟ้า	31,174

ส่วนระยะเวลาคืนทุนของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่พิจารณาตามรูปที่ 8 พบว่าการทำงานในปีที่ 1 ถึงปีที่ 4

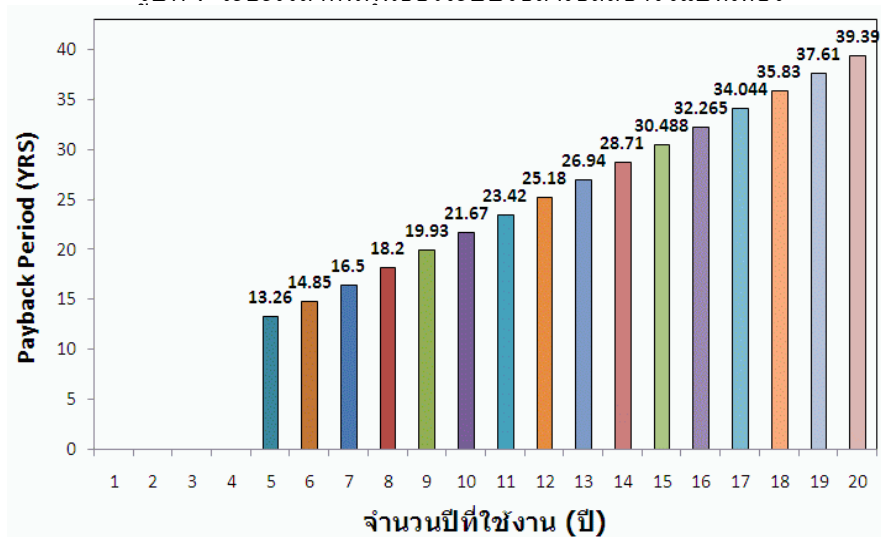
ETM-76

ไม่สามารถพิจารณาระยะเวลาคืนทุนได้ เนื่องจากไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน จะพิจารณาระยะเวลาคืนทุนได้ในปีที่ 5 และระยะเวลาคืนทุนจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปีที่ 20 ให้กราฟเป็นเส้นตรงตามปีที่เพิ่มขึ้นและจากการพิจารณาในแต่ละปีพบว่าระยะเวลาคืนทุนของทุกปีมีค่าสูงกว่าจำนวนปีที่ใช้งาน แสดงว่าไม่เกิดความคุ้มทุนเมื่อทำการชาร์จด้วยเครื่อง

ชาร์จแบตเตอรี่มีระยะเวลาการคืนทุนที่น้อยกว่าเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ ถึงแม้ว่าค่าลงทุนจัดหาอุปกรณ์ทั้งหมดจะสูงกว่าแต่ไม่มีค่าไฟฟ้าจึงทำให้ในระยะเวลาแค่ 5 ปีก็เกิดความคุ้มค่าในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 8 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ชาร์จแบตเตอรี่ เนื่องจากค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเมื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละวันมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จากรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ เมื่อจำนวนปีที่ใช้งานเท่ากับ 5 ปีพบว่าระบบโซลาร์เซลล์

6. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาต้นทุนด้านพลังงานของระบบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยโซลาร์เซลล์กับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ที่ติดตั้ง ณ ศูนย์ซ่อมบำรุงเรือกำจัดผักตบชวาและเครื่องสูบน้ำของกองบูรณะและ

ETM-76

บำรุงรักษา กรมโยธาธิการและผังเมือง ทำการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

6.1 เมื่อพิจารณาในปีแรกพบว่าเงินลงทุนจัดหาอุปกรณ์ของระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่มีค่าสูงกว่าเงินลงทุนของอุปกรณ์ของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ถึง 3.34 เท่า แต่ระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่ไม่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าซึ่งจะประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

6.2 ระบบโซลาร์เซลล์ชาร์จแบตเตอรี่มีระยะเวลาคืนทุนเหมาะสมที่จะใช้งานที่ 12 ปีเนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนที่น้อยที่สุด ส่วนเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ไม่มีความคุ้มทุน เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนของทุกปีมีค่าสูงกว่าจำนวนปีที่ใช้งานเนื่องจากค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเมื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละวัน

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ไม่สามารถบรรลุลตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดีถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากคุณวิโรจน์ จินดารัตน์ ซึ่งปัจจุบันท่านได้อำลาจากโลกนี้ไปแล้ว คณะผู้วิจัยจึงขอไว้อาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เดชรัต สุขกำเนิด (2551). พลังงาน, กรุงเทพฯ: งานที่มีพลังรวมบทความชวนคิดเพื่อความยั่งยืนของระบบพลังงานไทย (พิมพ์ครั้งที่1) มูลนิธิโลกสีเขียว
- [2] Michael, G. (2003). Dye-sensitized solar cells, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, vol. 4, July 2003, pp. 145 – 153.
- [3] Dobrzanski, L.A. and Drygala, A. (2008). Surface texturing of multicrystalline silicon solar cells, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 31(1), November 2008, pp. 77 – 82.
- [4] Pragya, S. and Tirumalachetty, H. (2012). Enhancement of energy generation from two layer solar panels, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, vol. 3, pp. 1 – 9.

- [5] Ehsan, H.S., Mustafa, H. and Salih, M.S. (2012). A Fabricated Solar Cell from ZnO/a-Si/Polymers, *International Journal of Advanced Science and Technology*, vol. 44, July 2012, pp. 89 – 97.

- [6] บุญเลิศ สงวนวัฒนา (2551). การศึกษาตู้เย็นไฟฟ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์, *วารสารสัททอง: วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*, 14(2), กรกฎาคม-ธันวาคม 2551, หน้า 59-67.

- [7] ทวีวัชร วีระเกล้า, รัตนพงศ์ เสาศิลา และวิชุด บัวแก้ว (2552). การเปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่แบบ 2 แกนโดยใช้หลักการความโน้มถ่วงที่สุดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 23 จังหวัดเชียงใหม่*

- [8] Chamsilpa, M., Vorayos, N. and Kiatsiriroat, T. (2010). Environmental impact analysis of solar cell power plant compared with fossil fuel power plants in Thailand, *Asian Journal on Energy and Environment*, vol. 11(02), pp. 103 – 117.

- [9] นิธิวัฒน์ ชูสกุล, ชนกันันท์ บางเลี้ยง และ ทักษิณ กมนต์ วิจัยชนวนา (2556). การตรวจพบความสัมพันธ์ของเวลาระหว่างค่าผลต่างกระแสไฟฟ้ากับการลดลงของอุณหภูมิผิวพื้นด้วยโซลาร์เซลล์, *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 5 กรุงเทพมหานคร*

- [10] บรรจบ สุขประภากรณ์ (2556). พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์, กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

- [11] อุทัย บุญญรัตน์กุล (2536). การออกแบบวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการบำรุงรักษา, กรุงเทพฯ: กองวิศวกรรมไฟฟ้าและเครื่องกล กรมโยธาธิการและผังเมือง

ETM-76

[12] กองบูรณะและบำรุงรักษา (2555). รายงานข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและรายงานการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรกล, กองบูรณะและบำรุงรักษา กรมโยธาธิการและผังเมือง.

[13] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2555). อัตราค่าไฟฟ้า, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.pea.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/07/2556.