

การคำนวณขนาดอินเวอร์เตอร์ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ให้กับอาคารพักอาศัยด้วยโปรแกรมวิซวลสตูดิโอ

อวยชัย วงศ์รัตน์*, พิเชษฐ์ รัตนบุญทวี**, ลิขิตต์ มาติ*** และ อติศักดิ์ ทองช่วย****

สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ การคำนวณอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยใช้โปรแกรม Visual studio 2017 ด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับจากแผงโซลาร์เซลล์ ขณะที่วิธีการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ การคำนวณแบตเตอรี่โดยใช้โปรแกรม visual studio 2017 มี อุปกรณ์ไฟฟ้า พัดลมขนาด (45w) TV ขนาด (37w) เครื่องซักผ้า (200w) หลอดไฟ (15w) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (35W) แอร์ (1045w) ปั้มน้ำ (400w) โดยอินเวอร์เตอร์จะถูกใช้แปลงกระแสไฟกระแสตรงเป็นกระแสสลับขึ้นอยู่กับจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้

ดังนั้นจากการนำค่าต่างๆ ได้แก่ค่าพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าภายในอาคารพักอาศัยและป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรมvisual studio2017 พบว่า ได้ขนาดขนาดแบตเตอรี่ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ 11610.82 Ah และได้แรงดันไฟฟ้า 12 A ค่าพลังงานรวมได้ทั้งหมด 327,835 w และจะได้อินเวอร์เตอร์ขนาด 25 kw จำนวน 14ตัว จะได้ค่าวัตต์ทั้งหมด 350,000 w

คำสำคัญ: ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์, อินเวอร์เตอร์, พลังงานไฟฟ้า

* อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

** อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

*** อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

**** อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Calculation of inverter for photovoltaic power system for residential building with program Visual Studio

Ouaychai Wongrat^{*}, Pichat Rattanaboontawe^{**}, Sitthut Madee^{***}
and Adisak Thongchuay^{****}

Faculty of Industrial Technology Phranakhon Rajabhat University
9 Changwattana Road, Bangkhen, Bangkok, Thailand

Abstract

The purpose of this project study Calculation of the inverter using Visual Studio 2017 program by means of collecting all data on the conversion of solar energy to AC from solar cells while the operation method starts from collecting data related to Battery calculation using pro visual studio 2017 with electric equipment, fan size (45w), TV size (37w), washing machine (200w), light bulb (15w), fluorescent lamp (35W), air conditioner (1045w), pump. Water (400w) by inverter is used to convert DC to AC depending on the number of solar panels used.

Therefore, from bringing various values Such as the electricity cost of electrical equipment inside the residential building and inputting data into visual studio2017 program found that the size of the battery of the photovoltaic power system 11610.82 Ah and I get 12 A, the total power is 327,835 w and will get 14 inverters of 25 kw to get a total watt of 350,000 w.

Keywords: Solar cells system, Inverter, Electrical energy

^{*} Lecturer, Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology

^{**} Lecturer, Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology

^{***} Lecturer, Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology

^{****} Lecturer, Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology

1. บทนำ

ปัจจุบันพบว่าปัญหาจากแหล่งพลังงานต่างๆ อาทิ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น มีปริมาณที่จำกัด และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผูกพันกับจำนวนประชากรและความต้องการในการใช้พลังงานที่มีทิศทางเพิ่มขึ้น [1] จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและการตื่นตัวในการนำพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ เข้ามาใช้ อาทิ พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันเริ่มมีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้มากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต [2] เพื่อช่วยลดปัญหาจากความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน

ขณะที่ส่วนประกอบสำคัญของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกแปลงมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าภายในครัวเรือนหรืออาคารพักอาศัย ได้แก่ อินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ คอนโทรลเลอร์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น [3] ดังนั้นการศึกษาและทราบข้อมูลที่ต้องการของอุปกรณ์ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการลดค่าพลังงานไฟฟ้าในบ้านเรือน อาคาร โรงงาน จึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญต่อผู้ที่สนใจเลือกใช้พลังงานทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างยิ่ง

ดังนั้นโครงการนี้มุ่งเน้นศึกษานำเสนอเกี่ยวกับการคำนวณหาจำนวนแบตเตอรี่ที่ใช้ในการติดตั้งให้กับอาคารพักอาศัย ด้วยการนำโปรแกรม visual studio 2017 มาช่วยในการคำนวณและแสดงค่าให้กับผู้ที่สนใจเกิดความสะดวกและง่ายต่อการตัดสินใจสำหรับการลงทุน และนำไปสู่การเกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุดต่อผู้ใช้งานต่อไป

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัญหาความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมากและต่อเนื่อง ผู้คนสนใจหันมาติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นจำนวนมากแต่ยังไม่รู้ว่าจะต้นทุนและได้ผลตอบแทน ทางคณะผู้จัดทำจึง

ออกแบบหน้าโปรแกรมที่สามารถคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ คำนวณค่าพลังงานของแต่ละอุปกรณ์ หาขนาดของแบตเตอรี่ และจุดคุ้มทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการติดตั้งเพื่อลดพลังงานไฟฟ้าและคุ้มค่ากับการลงทุน

2.2 การดำเนินงาน

2.2.1 รวบรวมข้อมูล การคำนวณหา ค่าอินเวอร์เตอร์ จากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิ วารสาร หนังสือ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

2.2.2 เป็นการคำนวณหาอินเวอร์เตอร์โดยค่าพลังงานรวมได้มาจาก ผลลัพธ์ของขั้นตอนที่สาม โดยผลลัพธ์เป็นค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า พัดลมขนาด (45w) TV ขนาด (37w) เครื่องซักผ้า (200w) หลอดไฟ (15w) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (35W) แอร์ (1045w) ปั๊มน้ำ (400w) และแบตเตอรี่ที่ใช้และจะได้ค่าผลลัพธ์ขนาดความจุของแบตเตอรี่จะสามารถเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ต้องแปลงจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับได้

2.2.3 ตรวจเช็คความถูกต้องจากการคำนวณหา ค่าแบตเตอรี่และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.4 ยืนยันผลการคำนวณการหาขนาดของแบตเตอรี่และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการโดยใช้โปรแกรม visual studio 2017 ในการประมวลผล

2.2.5 ตรวจสอบอุปกรณ์แผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ที่ใช้ทั้งหมดว่ารับประจุไฟฟ้ากระแสตรงได้เท่าไรเมื่อทราบค่าแล้วควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม

2.2.6 นำเสนอผลการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องการใช้ พร้อมข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขและปรับปรุง

2.2.7 สรุปผลการคำนวณจากโปรแกรม Visual Studio 2017 ในการหาจุดคุ้มทุนและการลดค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

2.3 การคำนวณหาค่าอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจากแบตเตอรี่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้นจะเหมือนกับไฟฟ้าที่ได้จากปลั๊กไฟตามบ้าน โดย อินเวอร์เตอร์ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่นมอเตอร์ พัดลม หรืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้ได้กับกระแสไฟฟ้าตรงซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้ [4]

$$\text{จากสูตร } W1 + W2 + W3 = W \quad (1)$$

Ah คือ แอมป์-ชั่วโมง หรือ Amp-hour

W คือ วัตต์ หรือ Watts

Hr คือ ชั่วโมง หรือ hour

V คือ โวลต์ หรือ Volt

ตัวอย่างที่ 1 บ้านพักแห่งหนึ่งไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว จำนวน 2 ดวง (18W x 2) เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน และโทรทัศน์สี 21 นิ้ว (120 W) ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อวัน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } &= W1 + W2 + W3 = W \\ &= (18 \text{ W} \times 2 \text{ ดวง}) + (120 \text{ W}) \\ &= 156 \text{ W} \end{aligned}$$

ดังนั้น ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าควรมีขนาด 156 W แต่ควรมีขนาดสูงกว่าสำหรับขนาดที่เหมาะสม ควรใช้ ขนาด 200 W ซึ่ง ใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

ตัวอย่างที่ 2 อาคารแห่งหนึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 70 50 18 100 800 150 80 และ 50 วัตต์ ตามลำดับอยากทราบว่าขนาดของเครื่องแปลงไฟฟ้ามีขนาดเท่าใด

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } &= W1 + W2 + W3 = W \\ \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์} \\ &= 70 + (50 \times 2) + (18 \times 12) + 100 \end{aligned}$$

$$+ 800 + 150 + 80 + 50$$

$$= 1,566 \text{ วัตต์ \#}$$

ดังนั้น ควรใช้ Inverter ขนาด 2,200W [5]

ตัวอย่างที่ 3 การหาค่าพลังงานเซลล์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และการใช้อินเวอร์เตอร์ในการแปลงกระแสไฟฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ 2 หลอดรวม 36 วัตต์แต่ละหลอดใช้ไฟฟ้า ทั้งหมดรวม 6 ชั่วโมงจะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด $36 \times 6 = 216 \text{ w/h}$ โทรทัศน์ 43 วัตต์ เปิดใช้ 5 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด $43 \times 5 = 215 \text{ w/h}$

พัดลม 45 วัตต์ เปิดใช้ 5 ชั่วโมง จะใช้ไฟฟ้าทั้งหมด $45 \times 5 = 225 \text{ w/h}$ หม้อหุงข้าว 800 วัตต์เปิดใช้ 0.5 ชั่วโมงจำนวนพลังงานที่ใช้ทั้งหมดให้นำมารวมกัน $216 + 215 + 400 = 1,056 \text{ w/h}$ นำ $1,056 \text{ w/h}$ หารด้วย 5 ชั่วโมง $1,056/5 = 211.2 \text{ w}$ จากนั้น เมื่อเราคำนวณจำนวนพลังงานที่ใช้ทั้งหมดสามารถจัดระบบโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมกับจำนวนพลังงานที่ใช้ในระบบนี้เราจะต้องใช้ระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 211.2w แต่จากประสบการณ์การติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ในความเป็นจริงแล้ว จะพบว่า มีการดึงไฟจากแบตเตอรี่จากการอุปกรณ์ในระบบโซลาร์เซลล์เอง และการกระชากของไฟที่เกิดจากการเริ่มเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า จึงทำให้เราต้อง จัดระบบโซลาร์เซลล์เพื่อไว้อีก อย่างน้อย 20% เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้า ดังนั้น เราจึงควรใช้ขนาดแผง 280w และอินเวอร์เตอร์ขนาด 300w

ตัวอย่างที่ 4 การคำนวณหาความจุของอินเวอร์เตอร์ต้องการนำ Inverter ไปใช้งานกับพัดลมตั้งโต๊ะขนาด 100W ต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ต้องใช้แบตเตอรี่ 12V ขนาดความจุเท่าไร

จากสูตร ขนาดความจุของแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} &= \frac{100 \text{ W} \times 8 \text{ hr}}{12 \text{ V} \times 0.60 \times 0.85} \\ &= 130.71 \text{ Ah} \end{aligned}$$

พัดลม (45W)	25 ตัว	7 ชั่วโมงต่อวัน	ตู้เย็น (65W)	61 ตัว	24 ชั่วโมงต่อวัน
Tv (37W)	61 เครื่อง	5 ชั่วโมงต่อวัน	เครื่องซักผ้า (200W)	7 เครื่อง	4 ชั่วโมงต่อวัน
หลอดไฟ (15W)	61 หลอด	6 ชั่วโมงต่อวัน	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (35W)	61 เครื่อง	5 ชั่วโมงต่อวัน
แอร์ (1045W)	25 ตัว	7 ชั่วโมงต่อวัน	ปั้มน้ำ (400W)	4 ตัว	5 ชั่วโมงต่อวัน
ผลรวมค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์					
326960 (W)					
หาผลลัพธ์					

รูปที่ 1 การกรอกข้อมูลหาจำนวนผลรวมค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์

ดังนั้น ต้องใช้แบตเตอรี่ขนาดความจุประมาณ 140-150Ah [6]

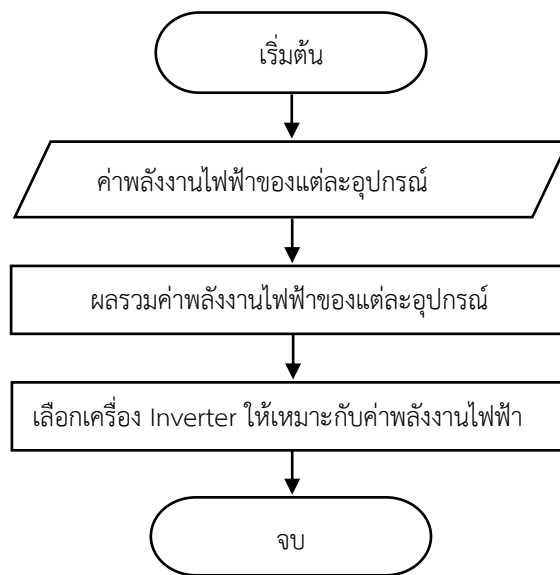
เป็นการหาค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ โดยจะใส่จำนวนของเครื่องไฟฟ้าแต่ละชนิด และชั่วโมงที่ใช้เครื่องไฟฟ้า และคลิกที่ผลลัพธ์ จะปรากฏผลลัพธ์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กรอกข้อมูลลงไป

3. ผลการวิจัย

การคำนวณคำนวณหาอินเวอร์เตอร์โดยค่าพลังงานรวมได้มาจาก ผลลัพธ์ของขั้นตอนที่สาม โดยผลลัพธ์เป็นค่าอุปกรณ์ไฟฟ้า พัดลมขนาด (45w) TVขนาด (37w) เครื่องซักผ้า (200w) หลอดไฟ (15w) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (35W) แอร์ (1045w) ปั้มน้ำ (400w) โดยจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าวัตต์ออกมาทั้งหมดดังนั้นเราจึงสามารถทราบได้ว่าควรใช้อินเวอร์เตอร์ขนาดเท่าไร โดยเมื่อเลือกได้แล้วสามารถใส่ราคาในหัวข้อโปรแกรมการหาจุดคุ้มทุน

ตารางที่ 1 คำนวณหาอินเวอร์เตอร์ เป็นการหาค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์

ชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	เครื่องใช้ไฟฟ้า (ตัว) (1)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (วัตต์) (2)	ชั่วโมงต่อวัน (ชั่วโมง) (3)	ผลรวมค่าพลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์(วัตต์) (4) = (1)*(2)*(3) =(4)
พัดลม	25	45	7	7,875
TV	61	37	5	11,285
หลอดไฟ	61	15	6	5,490
แอร์	25	1,045	7	182,875
ตู้เย็น	61	65	24	95,160
เครื่องซักผ้า	7	200	4	5,600
หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	61	35	5	10,675
ปั้มน้ำ	4	400	5	8,000
ผลรวมค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด (วัตต์)				326,960



รูปที่ 2 แผนผังขั้นตอนการเลือกให้อินเวอร์เตอร์ (แผนผังการทำงานของ Flow Chart, 2557)

4. สรุปผล

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการศึกษาแนวทางการคำนวณหาขนาดอินเวอร์เตอร์เพื่อนำไปใช้กับการคำนวณหาพลังงานวัตต์ โดยมีโปรแกรมvisual studio 2017 เป็นตัวประมวลผล เนื่องจากพบว่า ผู้ซื้อยังขาดความรู้ และหลักการที่ชัดเจน และวัตถุประสงค์หลักในการทำโครงการครั้งนี้เพื่อคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์และจุดคุ้มทุนของการลงทุนในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจของผู้ซื้อ ดังนั้นจากการนำค่าต่างๆ ได้แก่ความต้องการกำลังไฟฟ้าต่อวัน, แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่, การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่, ขนาดแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าภายในอาคารพักอาศัย และป้อนข้อมูลเข้าโปรแกรม visual studio 2017 พบว่า ได้ขนาดแบตเตอรี่ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

5. อภิปรายผล

จากการทำโครงการคำนวณหาจำนวนแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ติดตั้งให้กับอาคารพักอาศัยรวมโดยใช้โปรแกรมvisualstudio2017 เพื่อคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ที่ต้องการ โดยเราจะใช้ข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตึก

อาคาร อาทิ พัดลม 45 วัตต์ โทรทัศน์ 37 วัตต์ เครื่องซักผ้า 200 วัตต์ หลอดไฟฟ้า 15 วัตต์ หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ 35 วัตต์ เครื่องปรับอากาศขนาด 1,045 วัตต์ และปั้มน้ำ 400 วัตต์ โดยโปรแกรมจะรันข้อมูลออกมาตามหน้าโปรแกรมที่ออกแบบไว้ จึงทำให้การรันข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยหัวข้อที่โปรแกรมใช้รันข้อมูลออกมาความต้องการกำลังไฟฟ้าต่อวัน, แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่, การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่, ขนาดแบตเตอรี่ และเมื่อทราบค่าพลังงานทั้งหมดสามารถเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานเพราะในตัวโครงการจะให้ใส่แค่ราคาของอินเวอร์เตอร์ที่ผู้ซื้อหามาเท่านั้น

6. บรรณานุกรม

1. การออกแบบคำนวณโซลาร์เซลล์. วิธีการคำนวณและออกแบบระบบโซลาร์เซลล์. 2555. (ออนไลน์). สืบค้นวันที่ 21 มิถุนายน 2562. จาก <https://solarcellthailand96.com>

2. การออกแบบคำนวณระบบโซลาร์เซลล์. วิธีการคำนวณ สูตรคำนวณ แบบง่ายๆ แผงโซลาร์เซลล์และการหาอินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ คอนโทรลชาร์จ และอินเวอร์เตอร์ calculate solar cell system. 2554. (ออนไลน์). สืบค้นวันที่ 21 มิถุนายน 2562 จาก www.diy-solarcell.com

3. วิธีการคำนวณ สูตรคำนวณ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ คอนโทรลชาร์จ และอินเวอร์เตอร์ calculate solar cell system. 2555. (ออนไลน์). สืบค้นข้อมูลวันที่ 3 ตุลาคม 2562 จาก <https://www.diy-solarcell.com>

4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์. หลักการทำงานโครงสร้างภายในวันที่ค้นคว้าข้อมูล. 2555. (ออนไลน์). สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2562 จาก <http://inverter.co.th>

5. เทคนิคการคำนวณแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์. 2561. (ออนไลน์). สืบค้นข้อมูลวันที่ 3 ตุลาคม 2562 จาก <http://amnardcenter.com/>

6. การคำนวณปริมาณไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. 2556. (ออนไลน์). สืบค้นวันที่ 5 ตุลาคม 2562 จาก <http://www.diy-solarcell.com>

(หน้านี้เว้นว่างไว้)