การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

Application of Solar Energy to Battery Charging for Electric Vehicle

พูนศรี วรรณการ สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์ และ พนา ดุสิตากร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อีเมล์ poonsri.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า หลักการคือใช้แผงโซล่าเซลล์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า งานนี้ใช้เครื่องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่แบบพีดับบลิวเอ็มเพื่อให้ได้แรงดันขนาด 24 Vdc ซึ่งมีวงจรป้องกันแบตเตอรี่เมื่อชาร์จจนแรงดันมีค่าสูงเกิน 26 Vdc ผลการทดสอบปรากฏว่า เมื่อนำแบตเตอรี่ที่ชาร์จเต็มแล้วไปใช้งานขับเคลื่อนยานพาหนะไฟฟ้าที่มีผู้ใช้งานหนัก 60 กิโลกรัม ยานพาหนะไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนได้ด้วยความเร็ว 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นเวลาต่อเนื่องนาน 12 นาที เนื่องจากยานพาหนะไฟฟ้านี้ไม่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ดังนั้นมันจึงช่วยลดมลภาวะที่มีต่อสภาพแวดล้อม

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์ การชาร์จแบตเตอรี่ ยานพาหนะไฟฟ้า

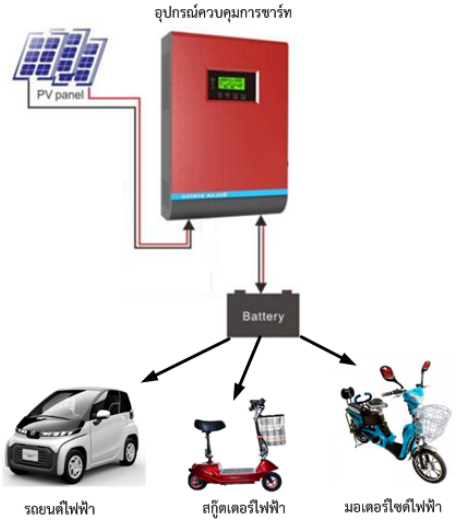
Abstract

This paper presents the application of solar energy to charge battery for electric vehicle. The principle is to use solar cells as a device that converts solar energy into electrical energy. This work uses a PWM battery charge regulator to provide 24 Vdc voltage, which has a battery protection circuit when charging until the voltage is higher than 26 Vdc. The test results showed that a fully charged battery is used to power an electric vehicle with a user weight of 60 kg. The electric vehicle can be driven at speeds of 16 kilometers per hour for 12 minutes continuously. Because this electric vehicle does not use fossil fuels as a power source, so it reduces pollution to the environment.

Keywords: Solar Energy, Battery Charging, Electric Vehicle

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเรื่อยๆ จึงทาให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าในประเทศไทยไม่เพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบัน อีกทั้งเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้นก็ลดลงเรื่อยๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นจึงได้มีการรณรงค์ให้มีการใช้พลังงานทดแทนในการช่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งในปัจจุบันพลังงานทดแทนที่นำมาช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด คือ พลังงานจากลม และพลังงานจากแสงอาทิตย์ [1] โดยในที่นี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีชื่อเรียกว่าโซล่าเซลล์ ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและในปัจจุบันก็มีการนำเอาโซลาร์เซลล์มาใช้ประโยชน์ในการช่วยผลิตกระแสไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย โซลาร์เซลล์หรือเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งโดยสารกึ่งตัวนำนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่แผงโซล่าเซลล์นั้นจะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการโฟโตโวตาอิก” เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าซึ่งสิ่งที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดกระบวนการผลิตไฟฟ้านี้ก็คือปริมาณแสง ความเข้มของแสง ความสม่ำเสมอของแสง หากเรามีการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์ทแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าดังรูปที่ 1 จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลกับยานพาหนะที่ใช้น้ำมันหรือแก๊ส เปลี่ยนมาเป็นการใช้พลังงานทดแทนจากธรรมชาติ เช่น จากแสงอาทิตย์ [2] ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิลอีกทั้งเพิ่มความสะดวกสบายในการเดินทางทำธุระต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ และทำให้สภาพอากาศรอบตัวเรามีมลพิษลดลงส่งผลให้คุณภาพชีวิตของเราดีขึ้นได้

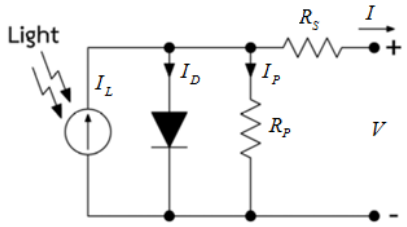


รูปที่ 1 พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์ทแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

The manuscript received June 18, 2021; revised September 17, 2021; accepted November 20, 2021; available online April 30, 2022.
Corresponding author:* **พูนศรี วรรณการ, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
(E-mail: poonsri.w@rmutp.ac.th)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมการทางคณิตศาสตร์ของโซลาร์เซลล์



รูปที่ 2 วงจรสมมูลของโซลาร์เซลล์

สำหรับแบบจำลองของแผงโซลาร์เซลล์อย่างง่าย [3],[4] แสดงดังรูปที่2 เป็นการต่อขนานระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับไดโอด และความต้านทานชันต์ (*Rp*) จากนั้นต่ออนุกรมกับความต้านทานอนุกรม (*Rs*) ตามลำดับ เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (1)

$$I = I_L - I_D - I_P \tag{1}$$

$$V_L = V + IR_S \tag{2}$$

จากทฤษฎีสมการคณิตศาสตร์พื้นฐานของสารกึ่งตัวนำคุณลักษณะ *I-V* ของโซลาร์เซลล์โดยทั่วไปของสมการกระแสซ็อคกี้ไดโอด คือ

$$I_D = I_S\left[\exp\left(\frac{qV_{oc}}{N_s KAT_o}\right)-1\right] \tag{3}$$

เมื่อแทนค่ากระแส I_d ในสมการที่ (1) และพิจารณาที่ค่า R_S น้อยกว่าค่า R_P เขียนกระแสเอาต์พุตที่ไหลไปยังโหลด(I) ได้ดังสมการที่ (4)

$$I = I_L - I_S\left[\exp\left(\frac{qV_{oc}}{N_s KAT_o}\right)-1\right] - \frac{V}{R_P} \tag{4}$$

เมื่อ

I คือ กระแสไฟฟ้าขาออก มีหน่วยเป็นแอมแปร์

I_L คือ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งพลังงานแสง มีหน่วยเป็นแอมแปร์

I_D คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด มีหน่วยเป็นแอมแปร์

I_P คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานชันต์ (R_{sh}) มีหน่วยเป็นแอมแปร์

V คือ แรงดันไฟฟ้าขาออก มีหน่วยเป็นโวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้าขาออก มีหน่วยเป็นแอมแปร์

R_S คือ ความต้านทานอนุกรม มีหน่วยเป็นโอห์ม

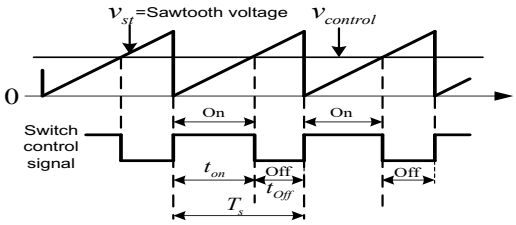
2.2 เทคนิคการควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่แบบ PWM

สัญญาณ PWM คือสัญญาณที่มีความถี่สวิทชิ่งคงที่ จากรูปที่ 3 เมื่อปรับสัญญาณแรงดันควบคุมไฟตรง ($V_{control}$)ให้มีค่าเปลี่ยนไปจากสัญญาณฟันเลื่อย (V_{st}) จะทำให้ได้สัญญาณสี่เหลี่ยม [2] ที่มีค่าดิ้วตี้ไซเคิ้ล (D) ตามสมการที่ (5)

$$D = \frac{t_{on}}{T_s} = \frac{v_{control}}{\hat{V}_{st}} \tag{5}$$

แรงดันไฟตรงเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์(V_{conv}) ขึ้นอยู่กับค่าดิ้วตี้ไซเคิ้ล(D) ที่เปลี่ยนไปตามการบิดคันเร่ง และแรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่(V_{Batt})ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{conv} = V_{Batt} \times D \tag{6}$$



รูปที่ 3 การสร้างสัญญาณ PWM ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่

3. การออกแบบฮาร์ดแวร์

3.1 ขนาดแผงโซลาร์เซลล์ ขนาดแบตเตอรี่ และขนาดเครื่องชาร์จ

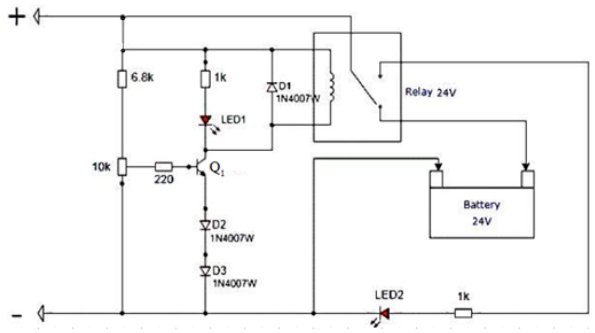
การออกแบบขนาดแผงโซลาร์เซลล์ ขนาดแบตเตอรี่ และขนาดเครื่องชาร์จ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การออกแบบส่วนต่างๆ

1. หาขนาดแผงโซล่าเซลล์แบบผลึก = กำลัง W ที่ใช้งานรวมที่ใช้งานรวม / 6 ชั่วโมง		
ยานพาหนะรถไฟฟ้า	500 วัตต์	6 ชั่วโมง
ขนาดแผงที่ต้องใช้ อย่างน้อย	83.3	วัตต์ (เลือกใช้แผง 200 วัตต์)
2. หาขนาดของ Charger Control = (W x Safety Factor 25%) / แรงดันไฟในระบบ		
กำลังวัตต์ของแผง	200	วัตต์
แรงดันในระบบ	27	โวลต์
ขนาดของ Charger ที่ต้องใช้	9.3	Amp (เลือก 30A 24V)
3. หาระยะเวลาการใช้งาน จาก Battery ที่มีอยู่ = (%ของแบตเตอรี่ที่จ่ายกระแสได้* ขนาดแบตAh*แรงดัน Battery) /วัตต์		
Battery ขนาด (Ah)	7.5	Ah
แรงดัน Battery	24	โวลล์
%ของแบตเตอรี่ที่จ่ายกระแสได้	60	%
มี Load (W)	500	วัตต์
ใช้งานได้ ประมาณ	0.2	ชั่วโมง

3.2 วงจรป้องกันแรงดันชาร์จแบตเตอรี่เกิน

วงจรป้องกันแรงดันชาร์จแบตเตอรี่เกิน หลักๆ ประกอบด้วยความต้านทานปรับค่าได้ 10 kΩ ทรานซิสเตอร์ (Q_1) ไดโอด (D1-D4) และรีเลย์ไฟตรง 24 V ดังรูปที่ 4

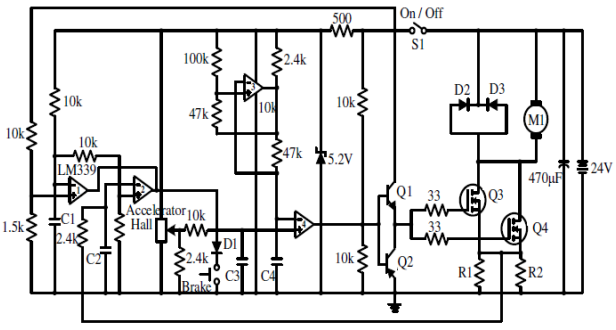


รูปที่ 4 วงจรป้องกันแรงดันชาร์จแบตเตอรี่เกิน

การทำงานของวงจรป้องกันแรงดันชาร์จแบตเตอรี่เกิน วงจรจะทำการตัดไฟชาร์จแบตเตอรี่ออกจากชุดเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบ PWM เมื่อชาร์จไฟจนมีแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่เท่ากับ 26 Vdc. จะสั่งตัดกระแสไฟชาร์จด้วยรีเลย์และหลอด LED1 จะแสดงสถานะเป็นตัวบอกสภาวะการทำงาน และถ้าชาร์จประจุจนแบตเตอร์รี่เต็ม LED2 ก็จะเปล่งแสงและวงจรจะหยุดการจ่ายไฟชาร์จ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า

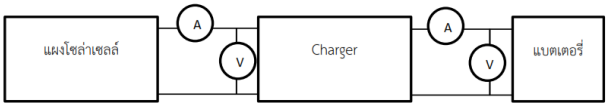
วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 5 ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM339N ร่วมกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP เพื่อสร้างสัญญาณไฟบวกและไฟลบ ในการไปขับขาเกทของมอสเฟส Q_3 ซึ่งขนานกับ Q_4 เพื่อขับมอเตอร์ไฟตรงให้ทำงานเป็นตัวต้นกำลังของมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าโดยเลือกใช้มอเตอร์ไฟตรงขนาด 24V 500 W



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรถมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า

4. การทดสอบ

การทดสอบชาร์จแบตเตอรี่ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้ามีวงจรการทดสอบตามรูปที่ 6 และมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบชาร์จแบตเตอรี่จากพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 7 โดยมีผลการทดสอบตัวชาร์จประจุแบตเตอรี่แบบพีดับบลิวเอ็มที่ช่วงเวลา 10.00-14.00 น. แสดงดังตารางที่ 1 และผลการทดสอบตัวชาร์จประจุแบตเตอรี่แบบพีดับบลิวเอ็มที่ช่วงเวลา 14.00-17.30 น. แสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 6 วงจรการทดสอบ

รูปที่ 7 มอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบชาร์จแบตเตอรี่จากพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 2 การทดสอบตัวชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่ช่วงเวลา 10.00-14.00 น.

เวลา	Output Sola Cell			Output Charger			Efficiency (%)
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังงาน (W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังงาน (W)	
10.00	28.45	1.81	51.49	22.51	1.41	31.74	61.64
10.30	29.99	1.92	57.58	23.66	1.59	37.62	65.34
11.00	29.67	1.99	56.96	23.12	1.72	39.77	69.82
11.30	30.64	2.12	64.96	24.47	1.75	42.82	65.92
12.00	31.15	2.22	69.15	24.31	1.81	44.00	63.63
12.30	31.10	2.18	67.80	25.19	1.78	44.84	66.14
13.00	30.76	2.11	64.90	25.89	1.72	44.53	68.61
13.30	32.99	2.07	68.29	25.76	1.67	43.03	63.01
14.00	33.62	2.01	67.57	25.55	1.61	41.14	60.89

ตารางที่ 3 การทดสอบตัวชาร์จประจุแบตเตอรี่ที่ช่วงเวลา 14.00-17.30 น.

เวลา	Output Sola Cell			Output Charger			Efficiency (%)
	แรงดัน (V)	กำลังงาน (A)	กำลังงาน (W)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังงาน (W)	
14.00	33.62	2.01	67.57	25.55	1.61	41.14	60.89
14.30	30.60	2.03	62.12	23.51	1.64	38.56	62.07
15.00	30.99	1.99	61.67	23.66	1.59	37.67	61.08
15.30	29.61	1.78	52.71	24.41	1.38	33.69	63.92
16.00	27.60	1.61	44.44	24.53	1.21	29.68	66.79
16.30	27.74	1.62	44.95	25.22	1.22	30.78	61.62
17.00	25.81	1.58	40.78	25.87	1.18	30.53	74.87
17.30	24.00	1.32	31.68	23.76	1.05	27.05	85.39

ส่วนผลการทดสอบวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่ขณะชาร์จประจุเต็มแล้วนำมอเตอร์เตอร์ไซด์ไฟฟ้าไปทดสอบการทำงานให้เคลื่อนที่ ณ เวลาเริ่มต้นที่ 0 วินาที ไปจนถึงเวลา 12 นาที โดยน้ำหนักผู้ขับขี่อยู่ที่ 60 กิโลกรัมได้ค่าแรงดันแบตเตอรี่ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่ขณะนำมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าไปใช้งาน

เวลา (นาที)	แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)
0	26.0
2	24.8
4	23.1
6	22.5
8	21.7
10	21.1
12	20.4

5. บทสรุป

จากการทดสอบการทำงานของการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า จะเห็นว่าประสิทธิภาพของชุดชาร์จแบตเตอรี่แบบพีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และกระแสเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์จะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่ตกระทบแผงโซลาร์เซลล์ และปริมาณกระแสที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ส่วนการทดสอบการใช้งานของมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าหลังจากชาร์จประจุไฟฟ้าจนมีแรงดันเท่ากับ 26 โวลต์ แล้วนำมาทดสอบใช้งานโดยบรรทุกน้ำหนัก 60 กิโลกรัม เวลาทดสอบใช้งานที่ทำให้มอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 3.2 กิโลเมตร เท่ากับ 12 นาที นำระยะทางที่เคลื่อนที่ได้มาคำนวณหาความเร็วได้เท่ากับ 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยจากผลการทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่หลังจากผ่านการใช้งานพาหนะขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านี้มีค่าแรงดันลดลงเหลือ 20.4 โวลต์ จึงต้องนำไปชาร์จแบตเตอรี่ใหม่จึงจะทำให้มีแรงดันเพิ่มขึ้นเพียงพอในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้านี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอบคุณนายทศพร บัวเผือก นางสาววาสนา เหมือนนุ่ม และนางสาวชลลดา วงศีล ที่ช่วยเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ในการทำวิจัยเรื่องนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] P Jyothi, P Saketh, Ch Vignesh and V S Kirthika Devi, “Renewable energy powered DC charging system for electric vehicle,” First International Conference on Advances in Physical Sciences and Materials, Journal of Physics: Conference Series, 2020, pp. 1-13.

[2] Michelangelo Grosso, Davide Lena, Alberto Bocca, Alberto Macii and Salvatore Rinaudo, “Energy-efficient battery charging in electric vehicles with solar panels,” 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI).

[3] Vinod, Raj Kumar and S.K. Singh, “Solar photovoltaic modeling and simulation:As a renewable energy solution,” Energy Report 4, 2018, pp. 701-712.

[4] Sera, D., Teodorescu, R., Rodriguez, P., 2007. PV panel model base on datasheet values. In: Industrial Electronics. IEEE, pp. 2392-2396.