การศึกษาค่ากระแสแครงกิ้งเย็นของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรด

The Study of a Cold Cranking Amp for an Automotive Lead-acid Battery

วิทวัส ศรีสวัสดิ์กุล
นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: vistavas.sr@gmail.com

อดุลย์ พัฒนภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: adual.pa@spu.ac.th

เผชิญ จันทร์สา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

บทคัดย่อ

แบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรดเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ แบตเตอรี่มีหน้าที่หลักที่สำคัญที่สุดเพื่อใช้สำหรับการสตาร์ทรถยนต์ โดยค่ากระแสแครงกิ้งเย็นคือคุณสมบัติที่จำเป็นที่สุดสำหรับการสตาร์ทรถยนต์ นอกจากนี้การสำรองไฟสำหรับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ หรือการสำรองไฟสำหรับใช้งานในขณะที่เครื่องยนต์หรือระบบประจุไฟไม่ทำงานก็เป็นอีกหน้าที่หนึ่งของแบตเตอรี่ที่ต้องคำนึงถึง การสำรองไฟของแบตเตอรี่จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่

บทความนี้ทำการศึกษาและประมาณค่าความสัมพันธ์ของค่ากระแสแครงกิ้งเย็นกับค่าแอมป์-ชั่วโมงของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรด จากการเก็บข้อมูลของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรดของศูนย์บริการยานยนต์แห่งหนึ่งในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2562 โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรถยนต์ชนิดเดียวกัน และแบตเตอรี่รถยนต์แบรนด์เดียวกัน โดยแบ่งเป็นแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 8 ข้อมูล แบตเตอรี่ขนาดความจุ 65 แอมป์-ชั่วโมงจำนวน 13 ข้อมูล และ แบตเตอรี่ขนาดความจุ 80 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 7 ข้อมูล

จากผลการเก็บข้อมูล และการประมาณค่าแบบ least square regression เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสแครงกิ้งเย็นหรือกระแสซีซีเอ (CCA)กับค่าแอมป์-ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์เป็น $\mathrm{CCA} = -114.2 \times 10.62\mathrm{Ah}$

คำสำคัญ: แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด กระแสแครงกิ้ง เย็น แอมป์-ชั่วโมง

ABSTRACT

The lead-acid battery is the primary source of electrical energy used in vehicles. Starting the car is the battery's most important function. Electricity from the battery is used to operate the motor start and to provide current (Cold Cranking Amp: CCA) for the ignition system during engine cranking. The battery is not only used to operate the motor start but the battery is used to operate lighting, accessories, or other equipment when the engine is not running. The battery Amp-hour (Ah) is the amount of current a fully charged battery can supply for a car when the engine is off.

In this study, the relation between the Cold Cranking Amp and the Amp-hour of a lead-acid battery is investigated. The amount of 50Ah-batts 8 data, 65Ah-batts 13 data, and 80Ah-batts 7 data, had been collected from the car service center during January 2019 -May 2019.

The result from the Least square regression analysis show that the relation between the Cold Cranking Amp **(CCA)** and the Amp-hour **(Ah)** of a lead-acid battery is $\mathrm{CCA} = -114.2 \times 10.62\mathrm{Ah}$

KEYWORDS: Lead-Acid Battery, Cold Cranking Amp (CCA), Amp-Hr,

1. บทนำ

แบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรดเป็นอุปกรณ์จัดเก็บไฟฟ้าที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีที่ผันกลับได้ในการจัดเก็บพลังงาน เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟเข้าไปใหม่ได้ แบตเตอรี่รถยนต์มีหน้าที่หลักที่สำคัญที่สุดสำหรับการสตาร์ทรถยนต์ในตอนเริ่มต้น โดยค่ากระแสแครงกิ้งเย็นหรือกระแสซีซีเอคือคุณสมบัติที่จำเป็นที่สุดสำหรับการสตาร์ทรถยนต์ นอกจากนี้การสำรองไฟสำหรับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ หรือการสำรองไฟสำหรับใช้งานในขณะที่เครื่องยนต์ดับ ก็เป็นอีกหน้าที่หนึ่งของแบตเตอรี่ที่ต้องคำนึงถึง การสำรองไฟของแบตเตอรี่จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ที่เราเรียกว่าแอมป์-ชั่วโมง (Amp-Hour)

กระแสแครงกิ้งเย็นเป็นความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดสำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์ ทั้งนี้บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่ไม่ได้มีการระบุค่ากระแสแครงกิ้งเย็นที่แท้จริง มีพียงการระบุความจุของแบตเตอรี่ที่เราเรียกว่าแอมป์-ชั่วโมงเท่านั้น โดยทั่วไปค่าของกระแสแครงกิ้งเย็นจะมากขึ้นเมื่อค่าแอมป์-ชั่วโมงของแบตเตอรี่มีค่าสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีความสัมพันธ์ที่แน่ชัดระหว่างค่ากระแสแครงกิ้งเย็นกับค่าแอมป์-ชั่วโมง และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมทั้งเปอร์เซ็นการประจุไฟของแบตเตอรี่ จึงเป็นที่มาในการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์

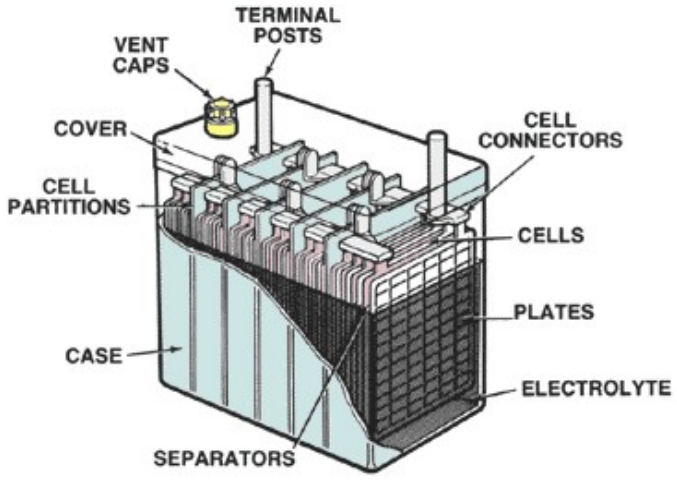
(1) เพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถยนต์

(2) เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่ากระแสแครงกิ้งเย็นและความจุของแบตเตอรี่ จากการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ทฤษฎีและข้อมูลพื้นฐาน

3.1ส่วนประกอบหลักและคุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรดเป็นอุปกรณ์จัดเก็บไฟฟ้าที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีที่ผันกลับได้ในการจัดเก็บพลังงาน เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟเข้าไปใหม่ได้ โดยส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรด ประกอบไปด้วย ตัวเรือนแบตเตอรี่ (CASE)ที่ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนและแข็งแรง ภายในบรรจุด้วยเซลล์แบตเตอรี่จำนวน 6 เซลล์(CELLS)ต่ออนุกรมกัน โดยแต่ละเซลล์จะประกอบไปด้วย แผ่นธาตุบวกที่มีส่วนประกอบเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์ และแผ่นธาตุลบที่มีส่วนประกอบเป็นตะกั่วบริสุทธิ์หรือตะกั่วพรุน แต่ละเซลล์แยกออกจากกันโดยใช้แผ่นกั้นเซล (CELL PARTITIONS) เซลล์แบตเตอรี่ทั้งหมดถูกบรรจุในตัวเรือนแบตเตอรี่ที่มีสารละลาย (ELECTROLITE) ที่ได้จากการผสมของน้ำและกรดซัลฟูริค (SULFURIC ACID)อยู่ภายใน และปิดด้วยฝาครอบ (COVER) สำหรับส่วนประกอบที่อยู่เหนือฝาครอบจะประกอบไปด้วยขั้วบวกขั้วลบ (TERMINAL POSTS) ที่ทำจากแท่งตะกั่วกลมโดยทั่วไปขั้วบวกจะมีขนาดที่โตกว่าขั้วลบ สำหรับกรณีที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียกจะมีฝาหรือจุก (VENT CAPS) สำหรับเติมสารละลาย เท่ากับจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ โดยที่แต่ละฝาจะมีรูเล็กๆ สำหรับระบายกาซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นเมื่อทำการประจุแบตเตอรี่ [1]



รูปที่1. แสดงส่วนประกอบหลักของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรด

สำหรับแบตเตอรี่รถยนต์ โดยทั่วไป จะมีคุณสมบัติที่สำคัญที่จำเป็นสำหรับการสตาร์ทรถยนต์ และการสำรองไฟฟ้าไว้ใช้ในกรณีที่ดับเครื่องยนต์ ประกอบไปด้วย กระแสเครงกิ้งเย็นหรือกระแสซีซีเอ และค่าแอมป์-ชั่วโมง

กระแสแครงกิ้งเย็นหรือกระแสซีซีเอ คือค่ากระแสไฟฟ้า สูงสุดที่สามารถทำได้ในการจ่ายค่ากระแสไฟฟ้า ภายใน 30 วินาที โดยที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่ไม่ลดลงต่ำกว่า 7.2 โวลต์ ที่ ศูนย์องศาฟาเรนไฮต์ [2]

แอมป์-ชั่วโมง หมายถึงค่าจำนวนกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ประจุเต็มสามารถจ่ายได้ 20 ชั่วโมง โดยที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่ลดลงต่ำกว่า 10.5 โวลต์ เช่นแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมง ก็จะสามารถจ่ายกระแสได้ 4 แอมป์ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง

3.2 การประมาณค่าความสัมพันธ์แบบ Least Square Regression

การประมาณค่าสมการของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธี Least-Squares Regression เป็นรูปแบบการหาความสัมพันธ์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย วิธีการประมาณค่าการแบบนี้ สมการที่ได้ไม่จำเป็นต้องผ่านข้อมูลทุกจุด เพียงแต่กำลังสองของค่าความผิดพลาด (error) ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ประมาณขึ้นต้องมีผลรวมน้อยที่สุด โดยการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม [3] ถ้ากำหนดให้ y แทนค่าของข้อมูลแท้จริง และ y_c แทนค่าของข้อมูลจากการประมาณค่า และ D แทนค่าของกำลังสองของค่าความผิดพลาด

$$y_c = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m \quad \ldots(1)$$

$$\mathrm{D}=\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}}\left(y_i - (a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m\right)^2 \quad \ldots(2)$$

การประมาณค่าโดยวิธี Least Square Regression ต้องทำให้ D มีค่าน้อยที่สุดนั่นคือ

$$dD=\frac{\partial D}{\partial a_0}da_0 + \frac{\partial D}{\partial a_1}da_1 + \frac{\partial D}{\partial a_3}da_3 + \ldots + \frac{\partial D}{\partial a_m}da_m = 0 \quad \ldots(3)$$

สำหรับการประมาณค่าเป็นสมการเส้นตรง $y_c = a_0 + a_1 x$ จากสมการที่ (3) เราได้

$$\frac{\partial D}{\partial a_0} = \frac{\partial}{\partial a_0}\left(\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right)^2\right) = -2\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right) = 0 \quad \ldots(4)$$

$$\frac{\partial D}{\partial a_1} = \frac{\partial}{\partial a_1}\left(\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i\right)^2\right) = -2\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - (a_0 + a_1 x_i)\right)x_i = 0 \quad \ldots(5)$$

จากสมการที่ (4)และ (5) สามารถหาระบบสมการ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ได้จากความสัมพันธ์

$$a_0 N + a_1 \sum x_i = \sum y_i \quad \ldots(6)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^{\,2} = \sum x_i y_i \quad \ldots(7)$$

4. วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วิธีการทดสอบเก็บข้อมูล

4.1.1 ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์วิเคราะห์แบตเตอรี่เข้ากับแบตเตอรี่ของรถยนต์ โดยต่อสายสีแดงเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อสายสีดำเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่

รูปที่2 แสดงการเชื่อมต่อขั้วแบตเตอรี่กับเครื่องมือวัด

4.1.2 ทำการเลือกแรงดันของแบตเตอรี่ที่จะทำการทดสอบ (โดยเลือกขนาดแรงดันของแบตเตอรีเป็นขนาด 12V) และทำการเลือกการทดสอบแบตเตอรีแบบไม่ติดเครื่องยนต์

รูปที่3 แสดงการระบุขนาดและเลือกรูปแบบการทดสอบแบตเตอรี่

4.1.3 ระบุประเภทของแบตเตอรี่ ซึ่งประเภทที่ทำการทดสอบเป็นแบบปกติ และระบุรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น CCA และเลือกทดสอบที่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาเซลเซียส

รูปที่ 4. แสดงการเลือกประเภทของแบตเตอรี่และรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลและอุณหภูมิทดสอบ

4.1.4 รอเครื่องมือทำการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลผล จนกว่าเครื่องจะแสดงผลการวิเคราะห์จึงทำการบันทึกผลการทดสอบ

รูปที่5. แสดงการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลของเครื่องมือวัด

4.2 ผลการทดสอบเก็บข้อมูล

จากการเก็บข้อมูลของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรดของศูนย์บริการยานยนต์แห่งหนึ่งช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2562 โดยทำการทดสอบเก็บข้อมูลรถยนต์ชนิดเดียวกัน และแบตเตอรีรถยนต์แบรนด์เดียวกัน โดยแบ่งเป็นแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 8 ข้อมูล แบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมงจำนวน 13 ข้อมูล และ แบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 7 ข้อมูล ได้ผลการเก็บข้อมูลดังแสดงในตาราง

ตารางที่1.แสดงค่าของข้อมูลสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมง(B24 50Ah)

Car Model	กระแสแครงกิ้งเย็น (CCA : แอมป์)	อายุการใช้งาน (T: เดือน)	แรงดันไฟฟ้า (V:โวลต์)	สถานะการประจุ (Q : %)
Mazda 2:2018	47	2	9.19	0
Mazda 2:2018	524	2	12.43	79
Mazda 2:2016	378	4	12.64	85
Mazda 2:2018	370	5	12.78	90
Mazda 2:2018	510	8	12.42	95
Mazda 2:2018	346	10	12.65	75
Mazda 2:2017	352	14	11.71	0
Mazda 2:2015	336	15	12.45	80

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 1 เมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งาน สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมงโดยใช้สมการที่ 6 และ 7 จะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=481.76-9.6T และค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและสถานะการประจุจะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=71.6+4.03Q (โดยใช้เฉพาะข้อมูลที่มีแรงดันไฟฟ้าในช่วง 12-12.9 โวลต์ สำหรับการประมาณค่า)

ตารางที่2.แสดงค่าของข้อมูลสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมง(D23 65Ah)

Car Model	กระแสแครงกิ้งเย็น (CCA : แอมป์)	อายุการใช้งาน (T: เดือน)	แรงดันไฟฟ้า (V:โวลต์)	สถานะการประจุ (Q : %)
Mazda 2D:2017	300	15	11.84	5
Mazda 2D:2018	678	2	12.53	100
Mazda 2D:2018	587	5	12.62	100
Mazda 3:2016	659	13	12.91	85
Mazda 3:2017	312	14	12.92	60
Mazda 3:2017	422	14	12.29	80
Mazda 3:2018	528	5	12.48	85
Mazda 3:2018	483	3	11.95	19

MazdaCX- 3:2017	377	13	12.5	65
MazdaCX- 3:2018	603	7	12.23	54
MazdaCX- 3:2018	487	18	12.58	85
MazdaCX- 3:2018	133	4	11.10	0
MazdaCX- 5:2017	500	16	12.65	100

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 2 เมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งาน สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมงโดยใช้สมการที่ 6 และ 7 จะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=622.18-12.24T และค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและสถานะการประจุจะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=334.6+2.29Q (โดยใช้เฉพาะข้อมูลที่มีแรงดันไฟฟ้าในช่วง 12-12.9 โวลต์ สำหรับการประมาณค่า)

ตารางที่3.แสดงค่าของข้อมูลสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมง(D31 80Ah)

Car Model	กระแสแครงกิ้งเย็น (CCA : แอมป์)	อายุการใช้งาน (T: เดือน)	แรงดันไฟฟ้า (V: โวลต์)	สถานะการประจุ (Q : %)
Mazda Cx-5D:2018	813	2	12.52	100
Mazda Cx-5D:2018	627	5	12.26	80
Mazda Cx-5D:2018	813	5	12.52	100
Mazda Cx-5D:2018	761	15	12.49	86
Mazda3 Cx-5D:2018	461	15	12.92	55
Mazda2 Cx-5D:2018	591	17	12.62	60
Mazda2 Cx-5D:2018	461	17	12.92	55

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่ 3 เมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งาน สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมงโดยใช้สมการที่ 6 และ 7 จะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=820.45-16T และค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและสถานะการประจุจะได้ความสัมพันธ์เป็น CCA=81.68+7.38Q (โดยใช้เฉพาะข้อมูลที่มีแรงดันไฟฟ้าในช่วง 12-12.9 โวลต์ สำหรับการประมาณค่า)

พิจารณาจากข้อมูลในตารางที่1- 3 เมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นกับขนาดแอมป์-ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่โดยใช้สมการที่ 6 และ 7 โดยใช้เฉพาะข้อมูลที่มีแรงดันไฟฟ้าในช่วง 12-12.9 โวลต์ สำหรับการประมาณค่าจะได้ความสัมพันธ์เป็น $CCA = -114.2 \times 10.62Ah$

5.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการเก็บข้อมูลของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรด และทำการประมาณค่าแบบ least square regression เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสแครงกิ้งเย็นหรือกระแสซีซีเอ (CCA)กับค่าแอมป์-ชั่วโมง (Ah) จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์เป็น $CCA = -114.2 \times 10.62Ah$

เมื่อพิจารณาประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรด พบว่าค่าของกระแสแครงกิ้งเย็นมีค่าลดลงตามความสัมพันธ์

CCA=481.76-9.6T สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมง

CCA=622.18-12.24T สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมง

CCA=820.45-16T สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นกับสถานการณ์ประจุของแบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่วกรด จะได้ตามความสัมพันธ์

CCA=71.6+4.03Q สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์-ชั่วโมง

CCA=334.6+2.29Q สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมง

CCA=81.68+7.38Q สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 80 แอมป์-ชั่วโมง

จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นกับสถานการประจุของแบตเตอรี่ และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ทำให้เราสามารถประมาณการอายุการใช้งานของแบตเตอรี่รถยนต์แบบตะกั่วกรดได้

ยกตัวอย่างสำหรับแบตเตอรี่ขนาด 65 แอมป์-ชั่วโมง เมื่อ Q = 25 เปอร์เซ็นต์ (สถานะการประจุต่ำสุดที่ยังสามารถสตาร์ทรถยนต์ได้) จากสมการ CCA=334.6+2.29*25 = 391.85 แทนค่าในสมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแครงกิ้งเย็นและอายุการใช้งานจะได้ 391.85=622.18-12.24T จะได้อายุการใช้งาน T= 18.8 เดือน

อย่างไรก็ตามสมการประมาณค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น จำเป็นต้องเก็บข้อมูลให้มีจำนวนมากขึ้นทั้งจำนวนชนิดของรถยนต์ที่ใช้ ขนาดของแบตเตอรี่ ตลอดจนแบรนด์ของแบตเตอรี่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Battery Basics. [Online Instruction]. Available: http://www.auto101.com (26 ตุลาคม 2562)

[2] William H. Crouse &Donald L. Anglin, " Automotive Mechanics " Tata Mc Graw-Hill Publishing editions 2007, pp.354-355

[3] Richard S. Figliola & Donald E. Beasley , Theory and Design for Mechanical Measurement" 5 th edition s John Wiley and Sons, 2011, pp.149-158