บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่มีขนาดอย่างน้อยหนึ่งเซลล์หรือมากกว่า ที่มีการเชื่อมต่อภายนอกเพื่อให้กำลังไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่รถยนต์นั้น มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือ 1. ทำหน้าที่ในการสตาร์ทเครื่องยนต์ 2.ทำหน้าที่ในการเป็นแหล่งเก็บไฟสำรองและช่วยจ่ายไฟสำรองในกรณีที่แหล่งผลิตไฟฟ้าของรถยนต์ หรือไดชาร์จ ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทัน

แบตเตอรี่นั้นถือว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญในรถยนต์ เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการสตาร์ทรถยนต์ก็จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการสตาร์ทเครื่องยนต์เพื่อเริ่มการทำงานของรถยนต์ หรือเมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้ไปเป็นเวลานาน แบตเตอรี่จะเสื่อมจนไม่สามารถทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ โดยจากการศึกษาค่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการทำงานของแบตเตอรี่คือค่า CCA (Cool Cranking Ampere) ซึ่งค่า CCA นั้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงกำลังไฟสำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์

CCA นั้นถือว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญกับการเลือกใช้ให้กับรถยนต์ ในยุคปัจจุบันมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อค่า CCA ที่ลดลงไปอาจทำให้มีกำลังไฟไม่พอสำหรับการสตาร์ทเครื่องยนต์ได้ โดยค่า CCA จะแตกต่างกันไปตามชนิดของแบตเตอรี่ ค่า Ah อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และเปอร์เซ็นการประจุไฟ

แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีความสัมพันธ์ที่แน่ชัดระหว่างค่า CCA กับค่า Ah และอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และเปอร์เซ็นการประจุไฟ จึงเป็นที่มาในการทำโครงงานนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหาความเปลี่ยนแปลงของค่า CCA ในแบตเตอรี่ ในแต่ละช่วงอายุของแบตเตอรี่

1.2.2 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

1.2.3 เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่า CCA และ Ah จากการวิเคราะห์ข้อมูล

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ศึกษา รูปแบบ ประเภท และการทำงานของแบตเตอรี่รถยนต์ และข้อมูลสำคัญต่าง ๆ

1.3.2 ทำการเก็บข้อมูล จากรถยนต์ มาสด้า ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 2014-2019

1.3.3 เก็บข้อมูลแบตเตอรี่จากรถที่ผ่านการใช้งานมาในรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยทำการเก็บข้อมูลจากรถยนต์จำนวน 30 คัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่า CCA และ Amp Hr. ที่เกิดขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 องค์ความรู้เกี่ยวกับค่าความสำคัญของ CCA ในแบตเตอรี่

1.4.2 องค์ความรู้เกี่ยวกับค่าความสำคัญของ Amp Hr. ในแบตเตอรี่

1.4.3 การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบและสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อแบตเตอรี่ได้ผ่านการใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

1.4.4 ผลจากการทดสอบ สามารถนำมาวิเคราะห์ถึงความเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานได้

1.4.5 ความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ใช้รถยนต์ในการเลือกซื้อแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับรถยนต์แต่ละประเภทได้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ระยะเวลา (เดือน)					
	1	2	3	4	5	6
1.ศึกษาค้นคว้า	x	x				
2.ทำการทดลองจากแบตเตอรี่ใหม่ และเก็บรวบรวมข้อมูล		x	x	x		
3.ทำการทดลองจากรถที่ใช้งานจริง และเก็บรวบรวมข้อมูล		x	x	x		
4.นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ และหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น					x	x
5.สรุปผลและรายงานผล					x	x

1.6 งบประมาณ

1. Battery tester Foxwell 7,400 บาท

รวมเป็นเงินทั้งสิ้นประมาณ 7,400 บาท

(เจ็ดพันสี่ร้อยบาทถ้วน)

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

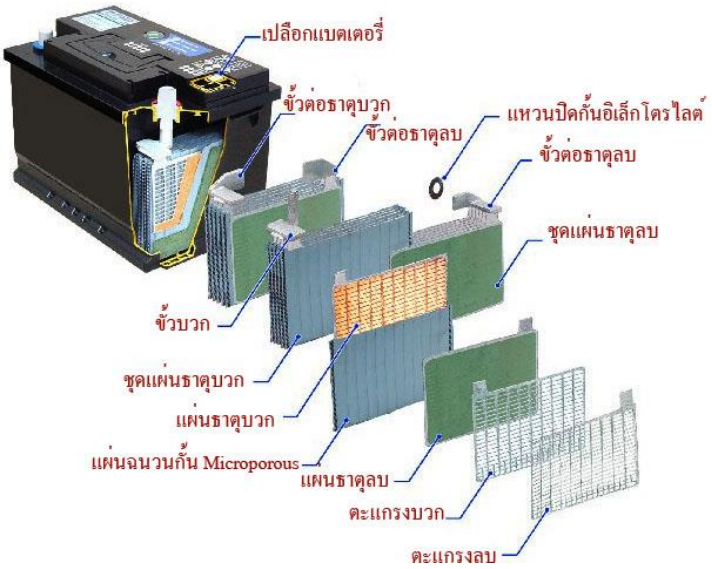
2.1 ความเป็นมาของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ ที่เก่าแก่ที่สุดในบรรดาแบตเตอรี่ด้วยกัน ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาโดยแกสตัน พลองด์ (Gaston Plante') นักฟิกสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปี พ.ศ.2402 เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้า และในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอยู่อย่างแพร่หลาย โดยมักจะทำเป็น แบตเตอรี่ ที่มีความจุ (Capacity) สูงๆ ที่ให้กระแสได้มาก เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่า แบตเตอรี่ ชาร์จได้ชนิดอื่น ๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถยกไฟฟ้า สกู๊ตเตอร์ รถกอล์ฟ ระบบสำรองไฟฟ้า และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เป็นต้น

แบตเตอรี่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาจนกระทั่งในช่วงปี พ.ศ.2513-2523 ได้มีการพัฒนา แบตเตอรี่ตะกั่วกรดแบบแห้ง โดยอ๊อตโต จาเช่ (Otto Jache) ทำให้การใช้งานสะดวกมากขึ้นสามารถวางตำแหน่งของแบตเตอรี่ ได้หลายรูปแบบมากขึ้น วางนอนหรือวางตะแคงได้ (แต่ห้ามวางกลับหัว) ไม่จำเป็นต้องวางในแนวตั้งเพียงอย่างเดียวเพราะอิเล็กทรอไลต์ที่เป็นน้ำกรดจะไม่ไหลหกออกมาเหมือน แบตเตอรี่ แบบเปียก ซึ่งเทคนิคในการทำให้ น้ำกรดไม่ไหลออกมา คือ การใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดเอาไว้ จากนั้นจึงทำการผนึกเซล (Seal) ให้ปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและแก๊ส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำกรด แบตเตอรี่ จึงไม่มีการสูญเสียอิเล็กทรอไลต์ออกไปจากแบตเตอรี่

2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

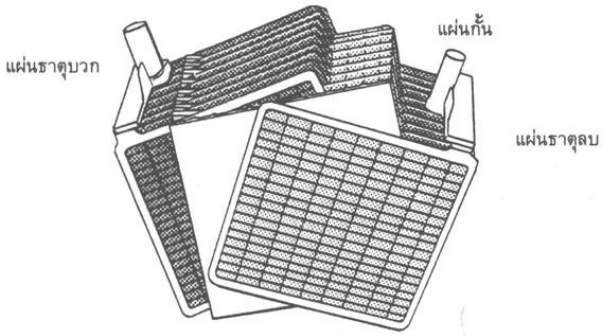
แบตเตอรี่รถยนต์ชนิดตะกั่ว-กรด เป็นแหล่งที่สะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในรูปพลังงานเคมี เมื่อต่อสายครบวงจรพลังงานเคมีภายในจะเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ไปใช้งาน ซึ่งแบตเตอรี่จะได้รับการชาร์จประจุใหม่จากไดชาร์จ โดยส่วนประกอบต่างๆของแบตเตอรี่มีดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

2.2.1 เปลือกแบตเตอรี่รถยนต์ (Container)

จะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนและแข็งแรง เช่นพวกยางแข็ง (Hard Rubber) ภายในเปลือกจะกั้นเป็นช่องๆ ตามจำนวนเซลล์ที่ด้านล่างจะมีครีบ (Rib) ยื่นสูงขึ้นเพื่อรองรับแผ่นบวกและแผ่นลบ และยังมีประโยชน์สำหรับให้ผงตกร่วงลงกองอยู่ได้



รูปที่ 2.2 แผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และแผ่นกั้น

2.2.2 แผ่นธาตุลบ (Negative plate)

แผ่นธาตุลบประกอบด้วยผงตะกั่วบริสุทธิ์หรือตะกั่วพรุน Pb (sponge lead) ซึ่งมีสีเทา (grey) ตะกั่วนี้จะอยู่ในโครงสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบนมีตารางสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ใน 1 เซลล์จะประกอบด้วยแผ่นบวกและแผ่นลบ โดยจะมีแผ่นลบมากกว่าแผ่นบวกอยู่ 1 แผ่นเสมอแผ่นลบจะอยู่ริมทั้งสองข้างใน 1 เซลล์

2.2.3 แผ่นธาตุบวก (Positive plate)

ประกอบด้วยผงตะกั่วเปอร์ออกไซด์ PbO_2 (Lead peroxide) มีสีน้ำตาล (Chocolate brown) ผงตะกั่วเปอร์ออกไซด์ จะจับอยู่แน่นในโครงสี่เหลี่ยมซึ่งมีตารางสี่เหลี่ยมเล็ก ๆเหมือนแผ่นลบ แผ่นบวกนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการเก็บไฟไว้ในแบตเตอรี่ แผ่นบวกจะดีจะต้องสะอาด และมีรูพรุนมาก ๆ เพื่อที่จะให้การทำปฏิกิริยาเคมีได้ง่าย

2.2.4 แผ่นกั้น (Separators)

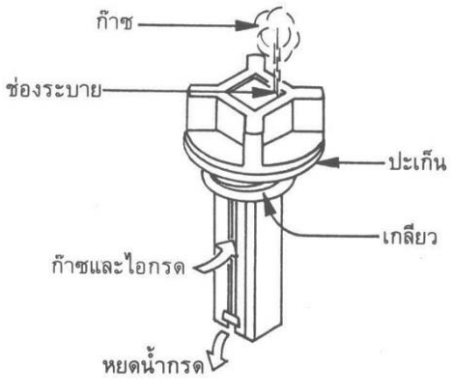
แผ่นกั้นซึ่งเป็นฉนวนจะต้องบางและแบน ทำขึ้นด้วยไม้ (wood) เซลลูโลส (cellulose fiber) ยาง (Microporous Rubber) แก้ว (flat glass) และพลาสติก (plastic) แผ่นกั้นนี้จะกั้นอยู่ระหว่างแผ่นบวกและแผ่นลบไม่ให้ถูกกัน แผ่นกั้นซีกที่ติดอยู่ทางแผ่นบวกจะมีร่องเล็ก ๆ ในทางดิ่งทั้งแผ่น ร่องเล็ก ๆ นี้จะเป็นทางทำให้น้ำกรดเข้าทำปฏิกิริยากับแผ่นบวกได้ดี และยังเป็นทางให้ผงหลุดร่วงจากแผ่นบวกตกลงไปยังส่วนล่างของเปลือกหม้อแบตเตอรี่ ดังนั้นแผ่นบวกจะเสื่อมเร็วกว่าแผ่นลบ ซีกที่ติดอยู่กับแผ่นลบเป็นแผ่นเรียบ แผ่นกั้น จะต้องทนทานถาวร และมีคุณสมบัติให้น้ำกรดซึมผ่านได้ดี และไม่ทำปฏิกิริยากับกรด

2.2.5 อิเลคทรอไลด์ (Electrolyte)

อิเลคทรอไลด์ (Electrolyte) คือน้ำยาที่ผสมขึ้นระหว่างกรดกำมะถัน (H2SO4) กับน้ำกลั่นบริสุทธิ์ (H2SO4) ซึ่งเป็นสื่อไฟฟ้า และเป็นตัวทำปฏิกิริยากับแผ่นบวกและแผ่นลบ ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าจ่ายไปใช้งาน น้ำกรดเมื่ออัดไฟเต็มควรมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.250 ที่ 26.67 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนผสมของน้ำกรดกำมะถันเมื่อแบตเตอรี่ไฟเต็ม ประมาณ 25% โดยปริมาตร หรือประมาณ 36% โดยน้ำหนัก

2.2.6 ขั้วบวกขั้วลบ (Terminal Posts)

ขั้วบวกขั้วลบ (Terminal Posts) คือแท่งตะกั่วกลมซึ่งใช้เป็นขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งมีอยู่2แบบ แบบหนึ่งเป็นปลอกตะกั่วหล่อติดกับฝาเซลล์ อีกแบบเป็นปลอก (Soft rubber) ซึ่งอยู่รัดขั้วแน่นเมื่อประกอบแบตเตอรี่เสร็จ



รูปที่ 2.3 ฝาปิดเซลล์และรูระบายก๊าซ

2.2.7 ฝาปิดเซลล์ (Vent plug)

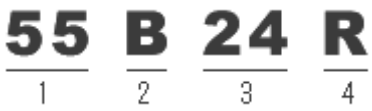
ฝาปิดเซลล์จะทำเป็นเกลียวหมุนเข้าไปในเกลียวของฝาเซลล์ หรือบางแบบเป็นจุกปิดแบบเรียว (Taper) กดลงในฝาเซลล์ จุกปิดจะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ 1. เป็นทางสำหรับตรวจเติมน้ำกลั่น และวัดค่าความถ่วงจำเพาะของอิเลคทรอไลต์ และ 2. มีรูขนาดเล็กสำหรับใช้ในการระบายแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจน ที่เกิดขึ้นภายในหม้อแบตเตอรี่ในระหว่างการชาร์จประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

2.3 มาตรฐานและคุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่

2.3.1 มาตรฐานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่คือแหล่งเก็บและจ่ายพลังไฟฟ้าโดยอาศัยปฏิกริยาทางเคมี ชื่อรุ่นของแบตเตอรี่จากการผลิตแบตเตอรี่ตามหลักมาตรฐานสากลโลก แบ่งเป็นหลักใหญ่ 3 มาตรฐาน คือ JIS STANDARD ของญี่ปุ่น DIN STANDARD ของเยอรมัน และ IEC STANDARD ของอเมริกา นอกจากนี้ยังมี BCI,AUS.SAE เป็นต้น

โดยในประเทศไทยนั้น แบตเตอรี่ส่วนใหญ่จะอิงตามมาตรฐาน JIS ซึ่ง JIS หมายถึง มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards) คือมาตรฐานประเทศญี่ปุ่นที่กำหนดขึ้นตามกฎหมายมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งมีค่าต่าง ๆ เป็นไปตามตาราง โดย โค๊ตต่าง ๆ ตามมาตรฐาน JIS ถูกกำหนดขึ้น โดยมีเงื่อนไขในการตั้งรหัสสินค้าดังนี้



รูปที่ 2.4 รหัสแบตเตอรี่

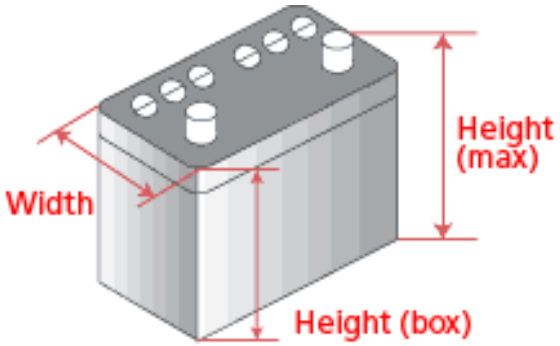
55 หมายถึงประสิทธิภาพโดยรวมของแบตเตอรี่ ยิ่งมีค่ามาก ยิ่งแสดงว่าประสิทธิภาพสูง

B หมายถึง โมเดลของแบตเตอรี่ (ซึ่งโมเดล B จะเป็นแบตเตอรี่ที่มีความกว้าง = 13.5 – 14.0 ซม.

24 หมายถึง ความยาวของแบตเตอรี่ (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

R หมายถึง ตำแหน่งขั้วบวก จะอยู่ด้านขวาของแบตเตอรี่

Symbol	Width	Box height
A	127	162
B	129(127)	203
D	173	204
E	176	213
F	182	213
G	222	213
H	278	220



รูปที่ 2.5 ขนาดของแบตเตอรี่ (หน่วยมิลลิเมตร)

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าคุณสมบัติของแบตเตอรี่

JSE Number	JIS Type	Nominal Voltage(V)	C20 (Ah)	C5 (Ah)	RC (min)	CCA (A)	dimension(mm)				Wet Weight (Approx) (Kg)
							L	W	H	TH	
D23	55D23L	12	60	48	98	550	230	170	199	219	15.5
	55D23R	12	60	48	98	550	230	170	199	219	15.5
	75D23L	12	63	52	105	600	230	170	199	219	16.2
	75D23R	12	63	52	105	600	230	170	199	219	16.2

รูปที่ 2.6 ตำแหน่งขั้วบวก L และ R

2.3.2 คุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่

2.3.2.1 Ah (Amp-hr.)

หมายถึง ค่าความสามารถในการจ่ายไฟสูงสุดมีหน่วยเป็น แอมป์/ชั่วโมง เช่น แบตเตอรี่ขนาด 12 v 70Ah สามารถจ่ายกระแสไฟแบบคงที่ ที่ 35 แอมป์ได้นาน 2 ชั่วโมง และจ่ายกระแสไฟ ที่ 70 แอมป์ ได้นาน 1 ชั่วโมง

2.3.2.2 CCA (Cold Cranking Amps)

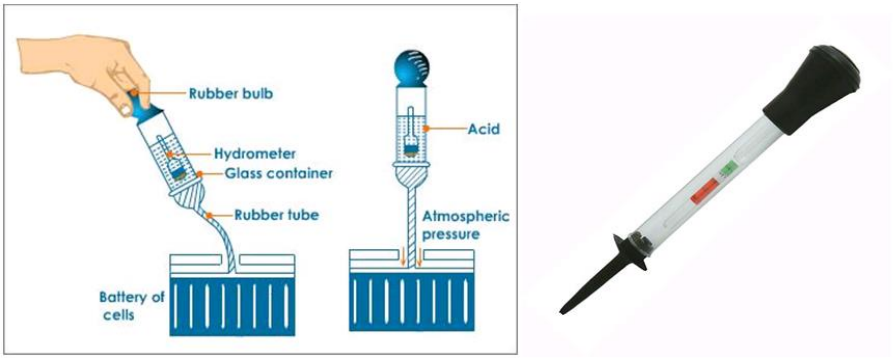
ค่า CCA คือค่าที่บอกถึงความสามารถในการจ่ายกระแสไฟคงที่สูงสุดของแบตเตอรี่ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที แล้วแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในแต่ละเซลล์ ลดลงเหลือ 1.4 โวลล์ ซึ่งค่านี้จะบอกถึงกำลังไฟในการสตาร์ทเครื่องยนต์ ยิ่งมีค่า CCA สูงยิ่งดี

2.3.2.3 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดในแบตเตอรี่นั้นมีค่ามาตรฐานอยู่ที่ 1.25-1.30 ซึ่งหากวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานแสดงว่า แบตเตอรี่ลูกดังกล่าวได้เริ่มเสื่อมสภาพแล้ว ซึ่งการตรวจสอบวัดค่าว่าปกติหรือไม่นั้น จะต้องทำการวัดในขณะที่แบตเตอรี่นั้นเย็น และมีระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ปกติ คือสูงกว่าแผ่นธาตุประมาณ 1 เซนติเมตร

แบตเตอรี่ 12 โวลล์นั้นจะแบ่งเป็น 6 เซลล์ซึ่งทำการต่ออนุกรมกัน โดยแต่ละเซลล์นั้นจะมีแรงดันอยู่เซลล์ละ 2 โวลล์ และทำการอนุกรมกัน 6 เซลล์ จะได้เป็น 12 โวลล์ ถ้าหากว่าแบตเตอรี่นั้นเสื่อมแค่เซลล์เดียวก็มีผลทำให้ไม่สามารถทำการสต๊าดรถได้ โดยวิธีวัด ที่แน่นอน คือใช้ไอโดรมิเตอร์ วัดค่าความถ่วงจำเพาะ ของน้ำกรดในแต่ละเซลล์ จะต้องมีค่าที่เท่ากันโดยประมาณ 1.260 ซึ่งแปลว่าแบตเตอรี่ลูกที่ทำการทดสอบนั้นดีและไฟเต็ม ถ้าหากว่าค่าความถ่วงจำเพาะในเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าเซลล์อื่น ๆ หมายความว่าเซลล์นั้นเริ่มจะเสื่อมแล้วถ้ามีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.250 ไฟอ่อนมีผลทำให้ไดสต๊าดไม่มีแรงหมุนเครื่องให้ทำงานได้ อีกวิธีหนึ่งวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ตอนดับเครื่องจะต้องได้มากกว่า12.3โวลล์

เมื่อแบตเตอรี่เริ่มเสื่อมค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงและความต้านทานภายในจะสูงขึ้น ซึ่งปกติการใช้งานของแบตเตอรี่จะมีอายุโดยประมาณ 2 ปี ถ้าหากว่ารถยนต์คันที่ใช้งานดังกล่าวมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเช่น การติดตั้งอุปกรณ์ กันขโมย หรือทีวี เครื่องเสียง หรืออื่น ๆ จะมีผลทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ลดลง เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้เพิ่มขึ้นทำให้รถยนต์กินไฟมากกว่าเดิม



รูปที่ 2.7 เครื่องมือวัดค่าความถ่วงจำเพาะ

การวัดค่าความถ่วงจำเพาะดังกล่าว สามารถตรวจสอบได้โดยการดูแถบของเครื่องมือที่ทำการวัด ซึ่งมาตรฐานคือ 1.25-1.30 เครื่องวัดจะแสดงที่แถบสีเหลืองหรือสีเขียว แต่ถ้าหากว่าแถบแสดงสภาพนั้นอยู่ในแถบสีแดง ซึ่งหมายความว่าแบตเตอรี่ ลูกนี้ได้เสื่อมสภาพไปแล้วนั่นเอง

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าความถ่วงจำเพาะและความต่างศักย์ไฟฟ้า

ปริมาณไฟฟ้าในแบตเตอรี่	ค่าความถ่วงจำเพาะ	แรงดันไฟฟ้า (V)
100 %	1.250	12.60
75%	1.230	12.40
50 %	1.200	12.20
25 %	1.170	12.00 (ต้องนำไปชาร์จไฟใหม่)

2.3.2.4 State of charge (SOC)

พารามิเตอร์ที่เป็นหัวใจหลักสำคัญของการใช้งานแบตเตอรี่ คือสถานะของประจุ (state of charge, SOC) เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความจุที่คงเหลือของแบตเตอรี่ สำหรับช่วงเวลาอัดประจุ ด้วยกระแสเท่ากับ ประจุสะสมเต็มที่ของแบตเตอรี่มีค่าดังสมการที่ 2.1

$$Q_0 = \int_{t_0}^{t} I_b(\tau)\, d\tau \tag{2.1}$$

เมื่อแบตเตอรี่ปล่อยประจุด้วยกระแส $i(t)$ สมการคำนวณสถานะของประจุที่เวลา t คือ

$$SOC = \frac{\int_{t_0}^{t} i(\tau)\, d\tau}{Q_0} \tag{2.2}$$

ระดับแรงดันไม่ใช่พารามิเตอร์บ่งชี้ค่าของ SOC ของแบตเตอรี่ในบางกรณี แรงดัน 12.6 V แบตเตอรี่อาจมีค่า SOC เท่ากับ 100% แต่ที่แรงดัน 12 V อาจพบว่า SOC มีค่าเท่ากับ 0% โดยทั่วไป SOC ของแบตเตอรี่จะถูกควบคุมให้มีค่าอยู่ในช่วง 20 – 95% และไม่ควรต่ำกว่า 40% สำหรับการใช้งานจริง

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่า State of charge และความต่างศักย์ไฟฟ้าของแบตเตอรี่

State of Charge	12 Volt battery	Volts per Cell
100%	12.7	2.12
90%	12.5	2.08
80%	12.42	2.07
70%	12.32	2.05
60%	12.20	2.03
50%	12.06	2.01
40%	11.9	1.98
30%	11.75	1.96
20%	11.58	1.93
10%	11.31	1.89
0	10.5	1.75

2.4 การประมาณค่าความสัมพันธ์แบบ Least-Square Regression Analysis

การประมาณค่าสมการของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธี Least-Squares Regression เป็นรูปแบบการหาความสัมพันธ์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย วิธีการประมาณค่าการแบบนี้ สมการที่ได้ไม่จำเป็นต้องผ่านข้อมูลทุกจุด เพียงแต่กำลังสองของค่าเบี่ยงเบนระหว่างค่าจริงกับค่าที่ประมาณขึ้นต้องมีผลรวมน้อยที่สุด โดยการเลือกค่าสัมประสิทธิที่เหมาะสม

2.5 เครื่องมือวิเคราะห์แบตเตอรี่ Foxwell Battery Analyzer

Foxwell Battery Analyzer เป็นเครื่องวิเคราะห์สภาพสภาพแบตเตอรี่ที่ ปลอดภัย รวดเร็ว และแม่นยำ ซึ่งใช้งานง่ายโดยไม่ต้องถอดแบตเตอรี่ เพียงคีบแคลมป์เข้ากับขั้วแบตเตอรี่ ใช้ได้กับแบตเตอรี่ระหว่าง 100-2000 CCA เรียกได้ว่าครอบคลุมแบตเตอรี่รถ 12V-24V ทุกรุ่น ใช้ได้กับแบตเตอรี่ทั้งแบบ แห้ง เปียก เจล AGM Ca/CA โดยเครื่องจะบอกค่า โวลล์ที่วัดได้และค่า Cold Crank Ampere (CCA) และบอกสถานะของแบตเตอรี่ว่าถึงเวลาต้องเปลี่ยนหรือยัง (Battery good, Good/Recharge, Charge and Retest และ Replace Battery) วัดโวลล์ของแบตเตอรี่ได้ตั้งแต่ 8-30 โวลล์

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อมูลพื้นฐานของอุปกรณ์ Foxwell

Specifications	
Display	128*64 pixels, large, backlit display screen
Working Temperature	-20 to 60°C (-4 to 140 °F)
Storage Temperature	-20 to 70°C (-4 to 158°F)
Power Supply	8-30 V DC
Dimensions (L*W*H)	190*90*36 mm
Gross Weight	1.6Kg

ตารางที่ 2.5 Global Rating Systems ของอุปกรณ์ Foxwell

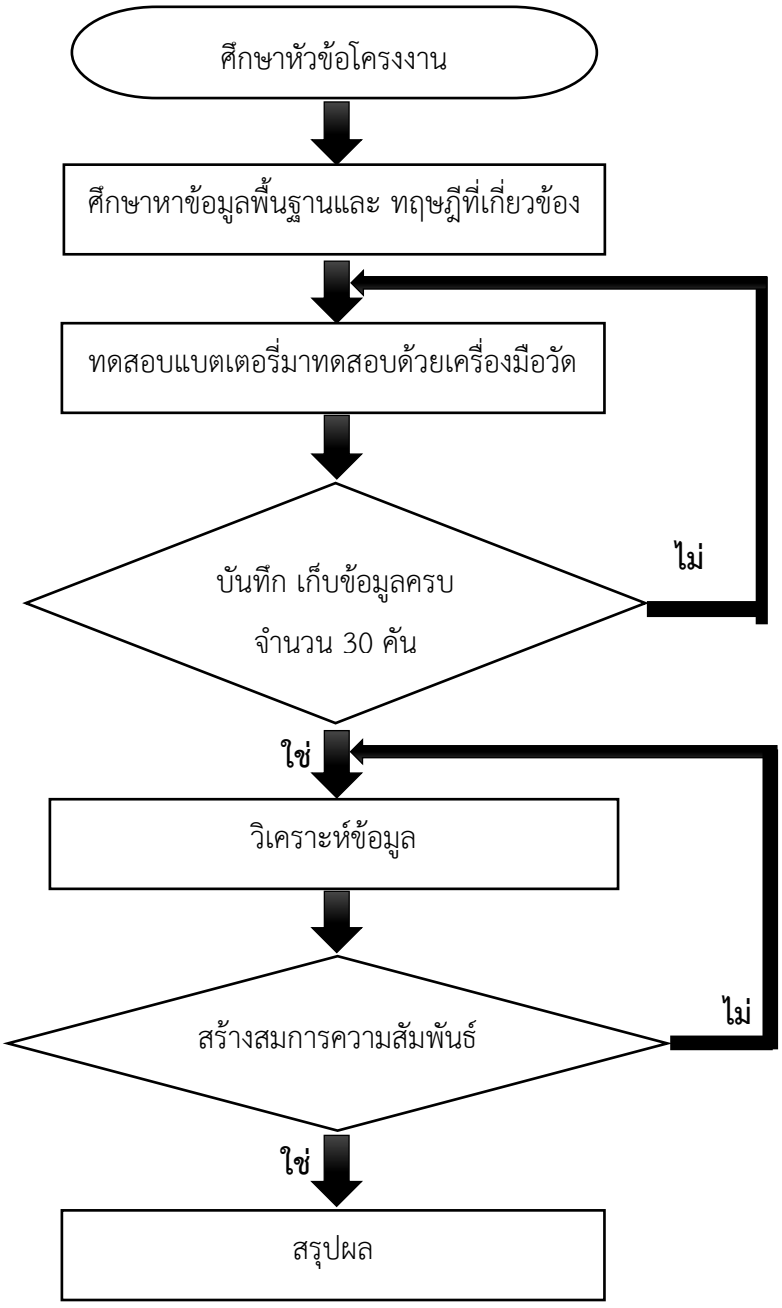
Global Rating Systems

No.	Standard	Description	BT705 Testing Range
1	CCA	Cold Cranking Amps, as specified by SAE. The most common rating for cranking batteries at 0°F (-18°C)	100-2000
2	BCI	Battery Council International standard	100-2000
3	CA	Cranking Amps standard. The effective starting current value at 0°C (32°F).	100-2000
4	MCA	Marine Cranking Amps standard. The effective starting current value at 0°C (32°F).	100-2000
5	JIS	Japanese Industry Standard, shown on a battery as a combination of numbers and letters	26A17--245H52
6	DIN	Deutsche Industrie-Norm	100-2000
7	IEC	International Electrotechnical Commission	100-2000
8	EN	Europa-Norm	100-2000
9	SAE	Society of Automotive Engineers	100-2000
10	GB	China National Standard	100-2000

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน และการเก็บข้อมูล

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดค่าแบตเตอรี่ Foxwell

รูปที่ 3.3 เมนูการวิเคราะห์แบตเตอรี่

Batter Analyzer (โหมดการวิเคราะห์แบตเตอรี่) มีการวิเคราะห์โดยอ้างอิงมาตรฐานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบตเตอรี่นั้น ๆ โดยมาตรฐานที่จะทำการทดสอบแบตเตอรี่จะเป็น CCA

3.3 วิธีการใช้เครื่องมือ Foxwell

รูปที่ 3.4 เมนูหลัก

3.3.1 ทำการต่ออุปกรณ์เครื่องวิเคราะห์แบตเตอรี่กับรถยนต์ เลือก Battery Test เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปที่ 3.5 เลือกขนาดแบตเตอรี่

3.3.2 ระบุขนาดแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบ โดยเป็นขนาด 12V

รูปที่ 3.6 ระบุตำแหน่งแบตเตอรี่

3.3.3 ตำแหน่งของแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบ

รูปที่ 3.7 ประเภทของแบตเตอรี่

3.3.4 ระบุประเภทของแบตเตอรี่ ซึ่งประเภทที่ทำการทดสอบเป็น Regular

รูปที่ 3.8 รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.5 ระบุรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น CCA

รูปที่ 3.9 อุณหภูมิแบตเตอรี่

3.3.6 ระบุอุณหูมิที่ทำการทดสอบ มากกว่า 0 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.10 วิเคราะห์ข้อมูล

3.3.7 รอเครื่องมือทำการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปที่ 3.11 ผลการทดสอบ 1/2

3.3.8 ทำการบันทึกค่าที่ได้จากเครื่องมือ โดยระบุ Volt และ ค่าCCA ของแบตเตอรี่

รูปที่ 3.12 ผลการทดสอบ 2/2

3.3.9 ทำการบันทึกค่าที่ได้จากเครื่องมือ โดยทำการบันทึกค่า Volt, CCA และSOC ที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของแบตเตอรี่ลูกดังกล่าว

Volt ที่อ่านค่าได้จากเครื่องมือวัด คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า ของแบตเตอรี่รถยนต์ในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดสอบจากเครื่องมือวัด

CCA ที่อ่านค่าได้จากเครื่องมือวัดนี้ ค่าที่อ่านได้นั้นจะบ่งบอกถึงสภาพแบตเตอรี่ และสถานะของแบตเตอรี่

SOC (State-Of-Charge) ประเมินระดับความจุของแบตเตอรี่เป็นเปอร์เซ็นต์ โดยสถานภาพการอัดประจุ จะเป็นตัวบอกว่าแบตเตอรี่มีไฟฟ้าอยู่เท่าไหร่

3.4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการใช้งานของแบตเตอรี่ของรถยนต์ ที่มีสภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบ และนำมาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของแบตเตอรี่ที่เกิดขึ้นได้ โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.4.1 ทำการเก็บข้อมูลประเภทรถยนต์ ประเภทแบตเตอรี่ ความจุ และCCA

3.4.2 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

3.4.3 ทำการทดสอบ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ CCA และ State of charge

3.4.4 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ตารางผลการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 4.1 ตารางการเก็บบันทึกข้อมูลแบตเตอรี่รถยนต์

	รุ่นรถยนต์	ชนิดของแบตเตอรี่	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	แรงดันไฟฟ้า (Volt)	CCA	State of charge (%)
1	Mazda 2 2018	B24 50Ah CCA370	2 เดือน	9.19 V	47	0%
2	Mazda 2 2018	B24 50Ah CCA370	2 เดือน	12.43 V	524	79%
3	Mazda 2 2016	B24 50Ah CCA370	4 เดือน	12.64 V	378	85%
4	Mazda 2 2018	B24 50Ah CCA370	5 เดือน	12.78 V	370	90%
5	Mazda 2 2018	B24 50Ah CCA370	8 เดือน	12.42 V	510	95%
6	Mazda 2 2018	B24 50Ah CCA370	10 เดือน	12.65 V	346	75%
7	Mazda 2 2017	B24 50Ah CCA370	14 เดือน	11.71 V	352	0%
8	Mazda 2 2015	B24 50Ah CCA370	15 เดือน	12.45 V	336	80%
9	Mazda 2 D 2018	D23 65Ah CCA520	2 เดือน	12.53 V	678	100%
10	Mazda 3 2018	D23 65Ah CCA520	3 เดือน	11.95 V	483	19%
11	Mazda Cx-3 2018	D23 65Ah CCA520	4 เดือน	11.10 V	133	0%

	รุ่นรถยนต์	ชนิดของแบตเตอรี่	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	แรงดันไฟฟ้า (Volt)	CCA	State of charge (%)
12	Mazda 2 D 2018	D23 65Ah CCA520	5 เดือน	12.62 V	587	100%
13	Mazda 3 2018	D23 65Ah CCA520	5 เดือน	12.48 V	528	85%
14	Mazda Cx-3 2018	D23 65Ah CCA520	7 เดือน	12.23 V	603	54%
15	Mazda Cx-5 2017	D23 65Ah CCA520	13 เดือน	12.50 V	377	65%
16	Mazda 3 2016	D23 65Ah CCA520	13 เดือน	12.91 V	659	85%
17	Mazda 3 2017	D23 65Ah CCA520	14 เดือน	12.92 V	312	60%
18	Mazda 3 2017	D23 65Ah CCA520	14 เดือน	12.29 V	422	80%
19	Mazda 2 D 2017	D23 65Ah CCA520	15 เดือน	11.84 V	300	5%
20	Mazda Cx-5 2017	D23 65Ah CCA520	16 เดือน	12.65 V	500	100%
21	Mazda Cx-3 2018	D23 65Ah CCA520	18 เดือน	12.58 V	487	85%
22	Mazda Cx-3D 2017	D26 72Ah CCA622	14 เดือน	12.41 V	473	70%
23	Mazda Cx-3D 2017	D26 72Ah CCA622	15 เดือน	12.34 V	535	71%
24	Mazda Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	2 เดือน	12.52 V	813	100%
25	Mazda Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	5 เดือน	12.26 V	627	80%

	รุ่นรถยนต์	ชนิดของแบตเตอรี่	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่	แรงดันไฟฟ้า (Volt)	CCA	State of charge (%)
26	Mazda Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	5 เดือน	12.52 V	813	100%
27	Mazda Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	15 เดือน	12.49 V	761	86%
28	Mazda 3 Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	15 เดือน	12.92 V	461	55%
29	Mazda 2 Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	17 เดือน	12.68 V	591	60%
30	Mazda 2 Cx-5 D 2018	D31 80Ah CCA782A	17 เดือน	12.92 V	461	55%

จากการเก็บข้อมูลแบตเตอรี่รถยนต์ จำนวน 30คัน ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดเดียวกัน โดยแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบเป็นแบตเตอรี่พื้นฐานที่ติดตั้งในรถยนต์ดังกล่าว ซึ่งแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบมีอยู่ทั้งหมด 4 รุ่น คือแบตเตอรี่รุ่น B24 D23 D26 D31 โดยแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบนั้นมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ทำการรวบรวมเก็บข้อมูลทั้งหมดดังตารางที่ 4.1 นำผลของข้อมูลดังกล่าว มาทำการแจกแจงเพื่อทำการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนโดยทำการเปรียบเทียบผลของข้อมูลดังต่อไปนี้

4.2 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CCA กับค่า Ah

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CCA กับค่า Ah และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า CCA และ Y แทนค่า Ah เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression จะได้ว่า

ตารางที่ [4.2] ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ Ah

X [CCA]	X^2	Y [Ah]	X_iY_i
47	2,209	50	2,350
524	274,576	50	26,200
378	142,884	50	18,900
370	136,900	50	18,500

510	260,100	50	25,500
346	119,716	50	17,300
352	123,904	50	17,600
336	112,896	50	16,800
678	459,684	65	44,070
483	233,289	65	31,395
133	17,689	65	8,645
587	344,569	65	38,155
528	378,784	65	34,320
603	363,609	65	39,195
377	142,129	65	24,505
659	434,281	65	42,835
312	97,344	65	20,280
422	178,084	65	27,430
300	90,000	65	19,500
500	250,000	65	32,500
487	237,169	65	31,655
473	223,729	72	34,056
535	286,225	72	38,520
813	660,969	80	65,040
627	393,129	80	50,160
813	660,969	80	65,040
761	579,121	80	60,880
461	212,521	80	36,880
591	349,281	80	47,280
461	212,521	80	36,880
14,467	**7,878,281**	**1,949**	**972,371**

เมื่อทำการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA กับค่า AH ของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธี Linear Least square regression โดยประมาณความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเส้นตรง $y_c = a_0 + a_1 x$ เพื่อสร้างสมการรูปแบบความสัมพันธ์ จากสมการ (3.1)

$$D = \sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2 \tag{3.1}$$

จากนั้นการประมาณค่าโดยวิธี Least square regression ด้วยการทำให้ค่า D มีค่าน้อยที่สุด

$$\frac{\partial D}{\partial a_0} = \frac{\partial}{\partial a_0} \{ \sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2 = -2 \sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)] = 0 \tag{3.2}$$

$$\frac{\partial D}{\partial a_1} = \frac{\partial}{\partial a_1} \{ \sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2 = -2 \sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)] x_i = 0 \tag{3.3}$$

จากสมการข้างต้น จะได้ว่า

$$\sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)] = 0$$

$$a_0 N + a_1 \Sigma x_1 = \Sigma y_i \tag{3.4}$$

และ

$$\sum_{i=1}^{N} [y_i - (a_0 + a_1 x_i)] x_i = 0$$

$$a_0 \Sigma x_i + a_1 \Sigma x_1^2 = \Sigma x_i y_i \tag{3.5}$$

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=30

$$\Sigma x_i = 14{,}467 ; \qquad \Sigma x_1^2 = 7{,}878{,}281$$

$$\Sigma y_i = 1{,}949 ; \qquad \Sigma x_i y_i = 972{,}371$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

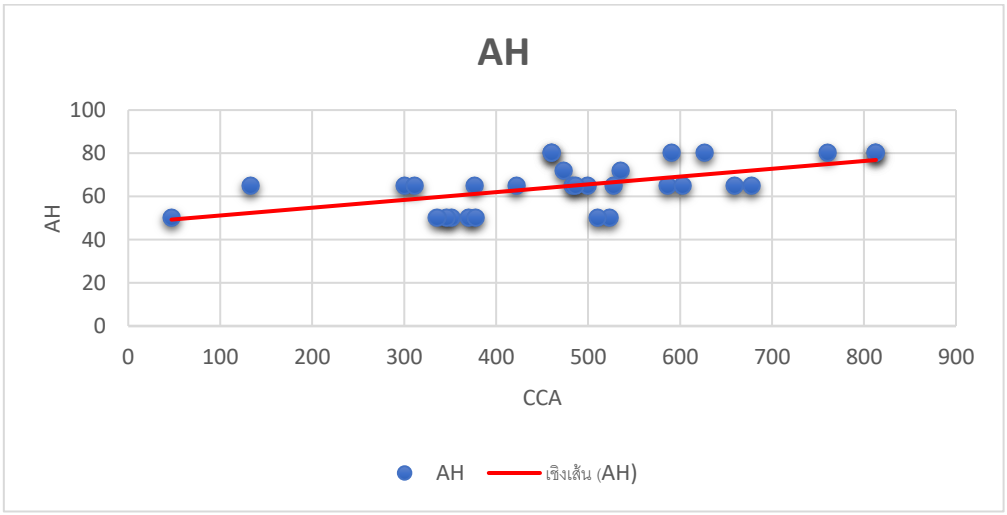
$$30\, a_0 + 14{,}467\, a_1 = 1{,}949 \tag{3.6}$$

$$14{,}467\, a_0 + 7{,}878{,}281\, a_1 = 972{,}371 \tag{3.7}$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้ $a_0 = 47.59$ และ $a_1 = 0.036$

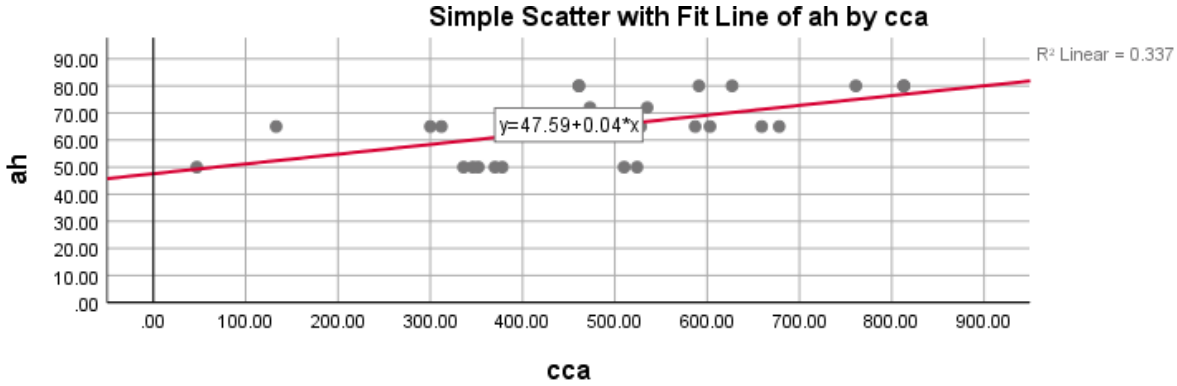
สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 47.59 + 0.036x$ (3.8)

เมื่อทำการนำข้อมูลที่ได้และสมการดังกล่าวมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ AH ของแบตเตอรี่รถยนต์

จากนั้นทำการเปรียบเทียบรูปแบบสมการและกราฟ ด้วยการใช้โปรแกรม SPSS เพื่อเปรียบเทียบสมการที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ AH ของแบตเตอรี่รถยนต์

จากการเปรียบเทียบสมการดังกล่าวในรูปแบบของสมการเส้นตรง พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ AH ในรูปแบบสมการเส้นตรงนั้นมีสมการเดียวกัน คือ

$$AH = 47.59 + (0.04 \times CCA) \quad \text{หรือ} \quad CCA = (AH - 47.59)/0.04 \tag{3.9}$$

จากตารางการเก็บข้อมูลเบื้องต้น มีแบตเตอรี่ที่หมดสภาพการใช้งาน และได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลมาจำนวน 4 ค่า โดยทำการตัดแบตเตอรี่ที่มีค่า SOC ต่ำกว่า 10% ออกจากการนำมาคำนวณ พบว่าเมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=26

$$\sum x_i = 13{,}635 \; ; \qquad \sum x_1^2 = 7{,}644{,}479$$

$$\sum y_i = 1{,}719 \; ; \qquad \sum x_i y_i = 972{,}371$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

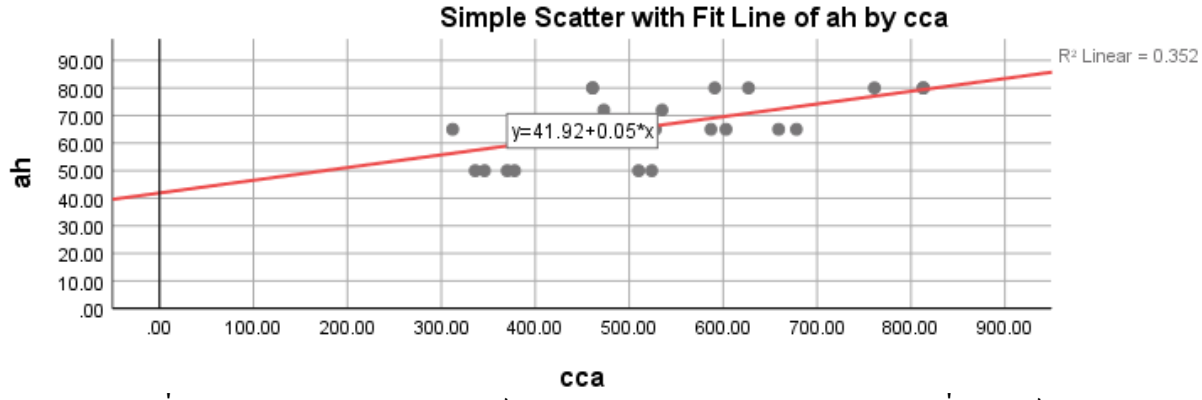
$$26\, a_0 + 14{,}467\, a_1 = 1{,}949 \tag{3.10}$$

$$14{,}467\, a_0 + 7{,}878{,}281\, a_1 = 924{,}276 \tag{3.11}$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้ $a_0 = 41.92$ และ $a_1 = 0.05$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 41.92 + 0.05x$ (3.12)

เมื่อทำการนำข้อมูลที่ได้และสมการดังกล่าวมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ AH ของแบตเตอรี่รถยนต์

จากการสร้างกราฟเพื่อแสดงข้อมูลดังกล่าว จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์คือ

$$Ah = 41.92 + (0.05 \times CCA) \tag{3.13}$$

4.3 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CCA กับค่า แรงดันไฟฟ้า(โวลล์)

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CCA กับค่า แรงดันไฟฟ้า และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า CCA และ Y แทนค่าโวลล์ของแบตเตอรี่ เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression จะได้ว่า

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ แรงดันไฟฟ้า

X [CCA]	**X^2**	**Y [โวลต์]**	**X_iY_i**
524	274,576	12.43	6,513.32
378	142,884	12.64	4,777.92
370	136,900	12.78	4,728.60
510	260,100	12.42	6,334.20
346	119,716	12.65	4,376.90
336	112,896	12.45	4,183.20
678	459,684	12.53	8,495.34
483	233,289	11.95	5,771.85
587	344,569	12.62	7,407.94
528	378,784	12.48	6,589.44
603	363,609	12.23	7,374.69
377	142,129	12.5	4,712.50
659	434,281	12.91	8,507.69
312	97,344	12.92	4,031.04
422	178,084	12.29	5,186.38
500	250,000	12.65	6,325
487	237,169	12.58	6,126.46
473	223,729	12.41	5,869.93
535	286,225	12.34	6,601.90
813	660,969	12.52	10,178.76
627	393,129	12.26	7,687.02
813	660,969	12.52	10,178.76
761	579,121	12.49	9,504.89
461	212,521	12.92	5,956.12
591	349,281	12.68	7,493.88
461	212,521	12.92	5,956.12
13,635	**7,644,479**	**326.09**	**170,870**

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=26

$$\Sigma x_i = 13{,}635 ; \qquad \Sigma x_1^2 = 7{,}644{,}479$$

$$\Sigma y_i = 326.09 ; \qquad \Sigma x_i y_i = 170{,}870$$

จากนั้นนำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

$$26\, a_0 + 13{,}635\, a_1 = 326.09 \qquad (3.14)$$

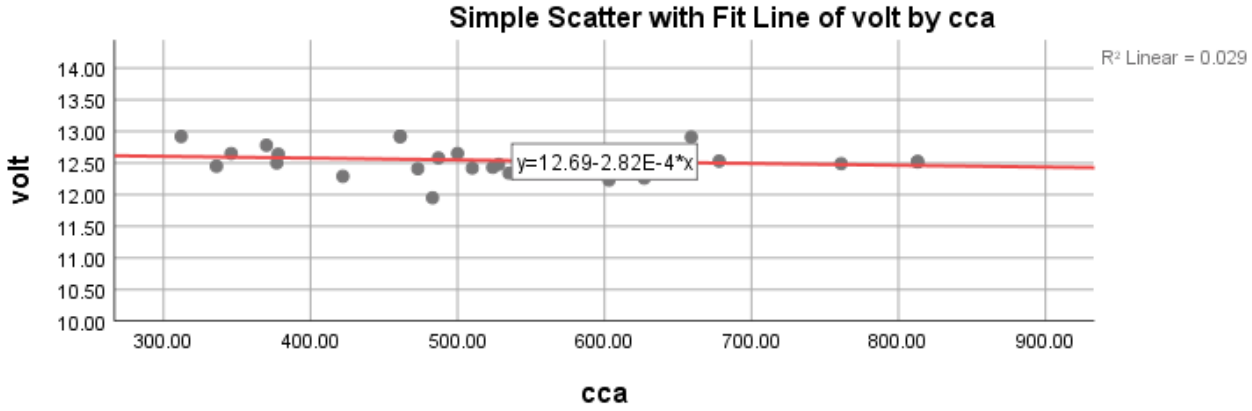
$$13{,}635\, a_0 + 7{,}644{,}479\, a_1 = 170{,}870 \qquad (3.15)$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้

$$a_0 = 12.69 \qquad \text{และ } a_1 = -2.82\text{x}10^{-4}$$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 12.69 - 2.82\text{x}10^{-4}x$ (3.16)

เมื่อทำการนำข้อมูลที่ได้และสมการดังกล่าวมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ โวลล์ ของแบตเตอรี่รถยนต์

จากการเปรียบเทียบและวิเคราะห์สมการดังกล่าว พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA และ โวลล์ของแบตเตอรี่รถยนต์นั้น มีค่าความเบี่ยงเบนในรูปแบบสมการเส้นตรงคือ

$$\text{Volt} = 12.69 - (2.82 \times 10^{-4} \times \text{CCA}) \qquad (3.17)$$

4.4 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ กับค่า CCA

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ กับค่า CCA และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า อายุการใช้งาน(เดือน) และ Y แทนค่า CCA เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression จะได้ว่า

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ อายุการใช้งาน(เดือน)

X [อายุการใช้งาน(เดือน)]	**X^2**	**Y [CCA]**	**X_iY_i**
2	4	524	1,048
4	16	378	1,512
5	25	370	1,850
8	64	510	4,080
10	100	346	3,460
15	225	336	5,040
2	4	678	1,356
3	9	483	1,449
5	25	587	2,935
5	25	528	2,640
7	49	603	4,221
13	169	377	4,901
13	169	659	8,567
14	196	312	4,368
14	196	422	5,908
16	256	500	8,000
18	324	487	8,766
14	196	473	6,622
15	225	535	8,025
2	4	813	1,626
5	25	627	3,135
5	25	813	4,065
15	225	761	11,415
15	225	461	6,915
17	289	591	10,047
17	289	461	7,837
259	**3,359**	**13,635**	**129,788**

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=26

$$\sum x_i = 259 ; \qquad \sum x_1^2 = 3,359$$

$$\sum y_i = 13,635 ; \qquad \sum x_i y_i = 129,788$$

นำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

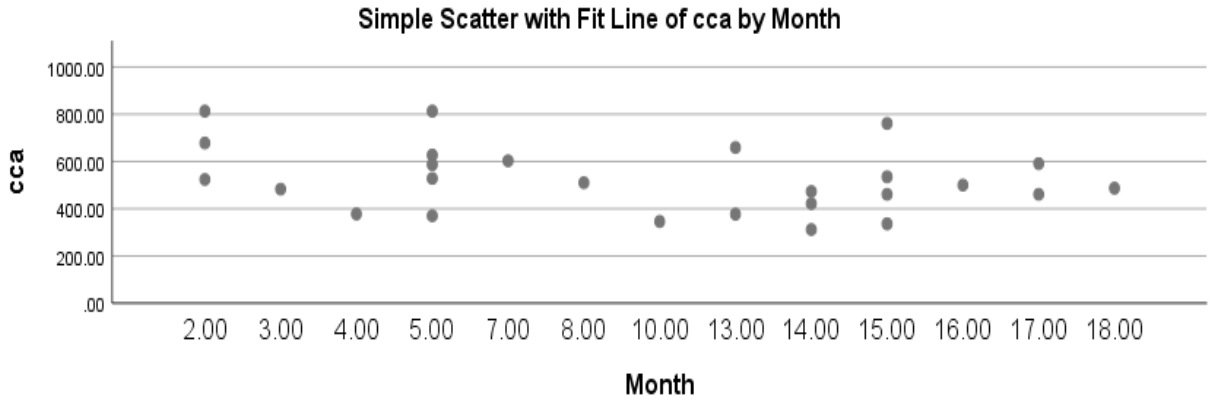
$$26\ a_0 + 259\ a_1 = 13,635 \qquad (3.18)$$

$$259\ a_0 + 3,359\ a_1 = 129,788 \qquad (3.19)$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้

$$a_0 = 601.63 \quad \text{และ} \quad a_1 = -7.75$$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 601.63 - 7.75x$ (3.20)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า อายุการใช้งาน(เดือน) และ CCA

เมื่อทำการนำสมการดังกล่าว มาเขียนกราฟ พบว่ากราฟดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงมากเกินไป จนไม่สามารถจะสร้าง สมการแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง อายุการใช้งาน กับ CCA ได้ จึงไม่สามารถหาค่าสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวได้

4.4.1 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ กับค่า CCA

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า อายุการใช้งาน และ Y แทนค่า CCA เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression โดยทำการวิเคราะห์จากแบตเตอรี่ B24 จะได้ว่า

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ อายุการใช้งาน(เดือน)

X [อายุการใช้งาน(เดือน)]	**X^2**	**Y [CCA]**	**X_iY_i**
2	4	524	1,048
4	16	378	756
5	25	370	1,850
8	64	510	4,080
10	100	346	3,460
15	225	336	5,040
44	**434**	**2,464**	**16,234**

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=6

$$\sum x_i = 44 ; \qquad \sum x_1^2 = 434$$

$$\sum y_i = 2{,}464 ; \qquad \sum x_i y_i = 16{,}234$$

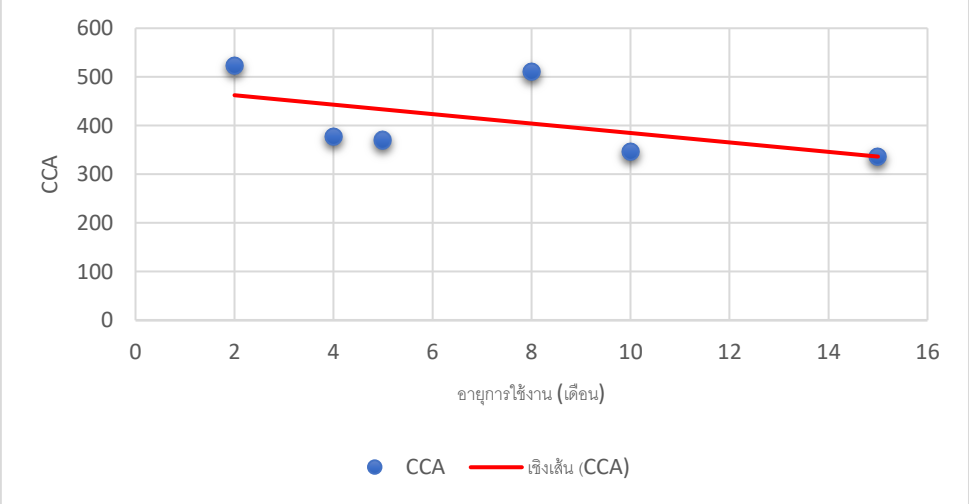
นำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

$$6\, a_0 + 44\, a_1 = 2{,}464 \qquad (3.21)$$

$$44\, a_0 + 434\, a_1 = 16{,}234 \qquad (3.22)$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้ $a_0 = 531.56$ และ $a_1 = -16.48$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 531.56 - 16.48x$ (3.23)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า อายุการใช้งาน(เดือน) และ CCA

4.4.2 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ กับค่า CCA

ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า อายุการใช้งาน และ Y แทนค่า CCA เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression โดยทำการวิเคราะห์จากแบตเตอรี่ D23 จะได้ว่า

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ อายุการใช้งาน(เดือน)

X [อายุการใช้งาน(เดือน)]	**X^2**	**Y [CCA]**	**X_iY_i**
2	4	678	1,356
3	16	483	1,449
5	25	587	2,935
5	25	528	2,640
7	49	603	4,221
13	169	377	4,901
13	169	659	8,567
14	196	312	4,368
14	196	422	5,908
16	256	500	8,000
18	324	487	8,766
110	**1,429**	**5,636**	**53,111**

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=11

$$\sum x_i = 110 ; \qquad \sum x_1^2 = 1,429$$

$$\sum y_i = 5,636 ; \qquad \sum x_i y_i = 53,111$$

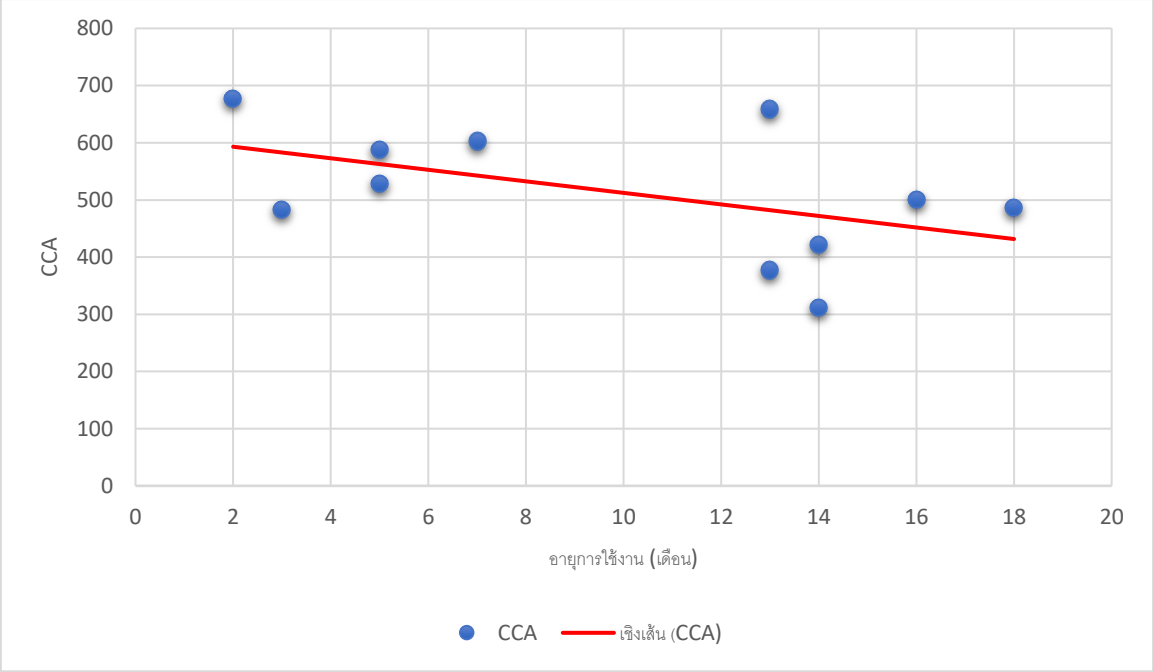
นำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

$$11\ a_0 + 110\ a_1 = 5,636 \qquad (3.24)$$

$$110\ a_0 + 1,429\ a_1 = 53,111 \qquad (3.25)$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้ $a_0 = 611.12$ และ $a_1 = -9.88$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 611.12 - 9.88x$ (3.26)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า อายุการใช้งาน(เดือน) และ CCA

4.4.3 เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ กับค่า CCA

และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ x แทนค่า อายุการใช้งาน และ Y แทนค่า CCA เมื่อทำการทดสอบโดยวิธี Linear Least square regression โดยทำการวิเคราะห์จากแบตเตอรี่ D31 จะได้ว่า

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงความสัมพันธ์ CCA กับ อายุการใช้งาน(เดือน)

X [อายุการใช้งาน(เดือน)]	**X^2**	**Y [CCA]**	**X_iY_i**
2	4	813	1,626
5	25	627	3,135
5	25	813	4,065
15	225	761	11,415
15	225	461	6,915
17	289	591	10,047
17	289	461	7,837
76	**1,082**	**4,527**	**45,040**

เมื่อนำค่าจากตารางที่ได้จากการทดสอบโดยการแทนค่า N=7

$$\Sigma x_i = 76 ; \qquad \Sigma x_1^2 = 1,082$$

$$\Sigma y_i = 4,527 ; \qquad \Sigma x_i y_i = 45,040$$

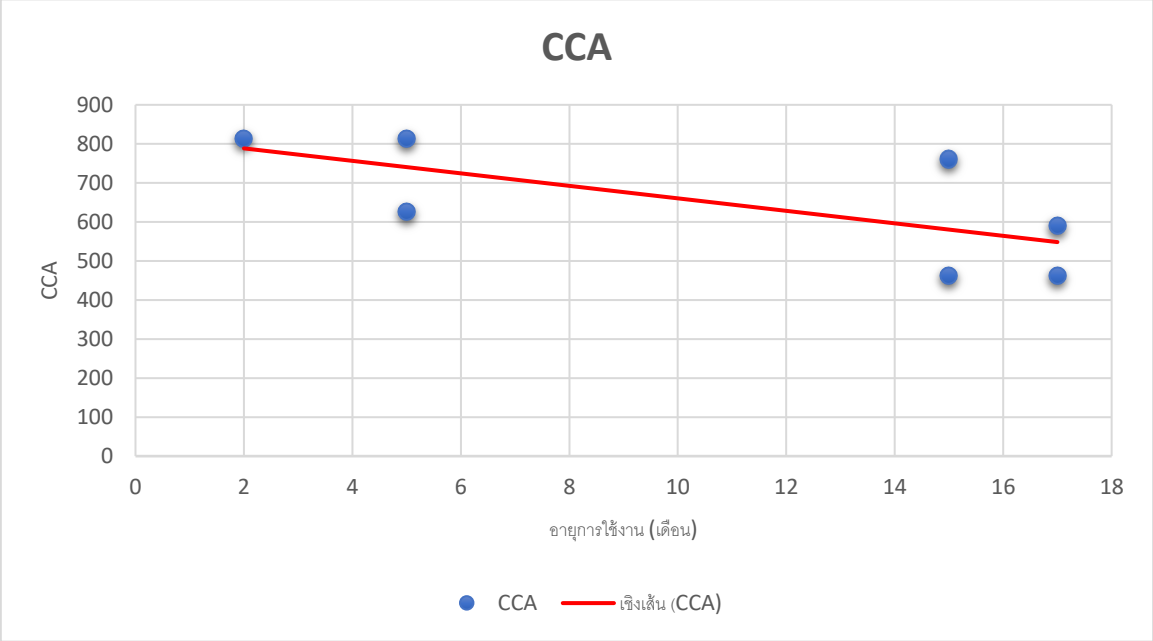
นำค่าที่ได้มาแทนลงในสมการที่ (3.4) และ (3.5) จะได้

$$7\ a_0 + 76\ a_1 = 4,527 \qquad (3.27)$$

$$76\ a_0 + 1,082\ a_1 = 45,040 \qquad (3.28)$$

เมื่อทำการแก้สมการข้างต้นจะได้ $a_0 = 820.45$ และ $a_1 = -16$

สมการแสดงความสัมพันธ์จะอยู่ในรูปแบบ $y_c = 820.45 - 16x$ (3.29)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า อายุการใช้งาน(เดือน) และ CCA

จากการเปรียบเทียบและวิเคราะห์สมการดังกล่าว พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง อายุการใช้งาน และ CCA ของแบตเตอรี่รถยนต์นั้น มีค่าความเบี่ยงเบนในรูปแบบสมการเส้นตรงคือ

แบตเตอรี่ขนาด B24 จะได้สมการ เป็น CCA = 531.56 - (16.48 x อายุการใช้งาน(เดือน)) (3.30)

แบตเตอรี่ขนาด D23 จะได้สมการ เป็น CCA = 611.12 - (9.88 x อายุการใช้งาน(เดือน)) (3.31)

แบตเตอรี่ขนาด D31 จะได้สมการ เป็น CCA = 820.45 - (16 x อายุการใช้งาน(เดือน)) (3.32)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ ได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการศึกษาเกี่ยวกับแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อทำการเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น โดยความสัมพันธ์ที่ได้ทำการทดสอบมีดังนี้

1. ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ AH ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์

2. ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) ของแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์

3. ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

5.1 ผลการทดสอบแบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์

จากการเก็บค่าแบตเตอรี่รถยนต์ ที่ผ่านการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกันจำนวน 30 คัน โดยเป็นแบตเตอรี่ยี่ห้อเดียวกัน แต่มีขนาดต่างกัน คือ B24 D23 D26 และ D31 ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดเดียวกัน ยี่ห้อเดียวกัน แต่มีขนาด ความจุ และค่า CCA ที่แตกต่างกัน

เมื่อทำการเก็บข้อมูลในกลุ่มรถดังกล่าวแล้ว พบว่า ค่าที่ได้ในรถแต่ละคันนั้น มีค่าที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ไม่ว่าจะเป็น แรงดันไฟฟ้า(โวลล์) อายุการใช้งาน CCA และ State of charge (SOC) จากนั้นทำการนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการสร้างกราฟแสดงรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยใช้วิธี Least square regression เพื่อใช้ในการประมาณความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าว

5.1.1ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ Ah ของแบตเตอรี่ในรถยนต์ พบว่ายิ่งแบตเตอรี่มีค่า CCAที่มากขึ้น ค่าAh ของแบตเตอรี่ก็ยิ่งเพิ่มขึ้นมากไปด้วยตามสมการ $AH = 41.92 + (0.05 \times CCA)$

5.1.2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า(โวลล์) ของแบตเตอรี่ในรถยนต์ พบว่าค่า CCA ที่มากขึ้น แต่โวลล์จะมีค่าลดลงดันสมการ $Volt = 12.69 - (2.82 \times 10^{-4} \times CCA)$

หมายเหตุ เนื่องจากค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว ไม่ได้มีการแบ่งแยกขนาดของแบตเตอรี่ในการทดสอบ ทำให้มีค่าที่ได้มีความคาดเคลื่อนแตกต่างไปจากความเป็นจริง

5.1.3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในรถยนต์ และ CCA พบว่าเมื่อแบตเตอรี่จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ไม่สามารถระบุรูปแบบของสมการที่ชัดเจนได้เนื่องจาก

ข้อมูลที่มีนั้น มีการกระจายตัวค่อนข้างมาก ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ข้อมูล จึงทำการแยกข้อมูลของแบตเตอรี่ตามแต่ละขนาดของแบตเตอรี่ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

แบตเตอรี่ขนาด B24 มีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็น CCA = 531.56 – (16.48 x อายุการใช้งาน(เดือน))

แบตเตอรี่ขนาด D23 มีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็น CCA = 611.12 – (9.88 x อายุการใช้งาน(เดือน))

แบตเตอรี่ขนาด D31 มีสมการแสดงความสัมพันธ์เป็น CCA = 820.45 – (16 x อายุการใช้งาน(เดือน))

5.2 สรุปผล

จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแบตเตอรี่ในรถยนต์ โดยปัจจัยการเสื่อมของแบตเตอรี่นั้นเกิดขึ้นจาก การเสื่อมสภาพของ CCA ที่ลดลงเนื่องจากอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่มากขึ้น และCCAของแบตเตอรี่นั้นมีผลต่อ Ah ของแบตเตอรี่ด้วยเช่นกัน ยิ่งค่า CCA ของแบตเตอรี่สูงขึ้น ค่า Ah ของแบตเตอรี่ก็ยิ่งมีค่ามากขึ้นด้วย แต่ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCA กับค่า โวลล์ ของแบตเตอรี่นั้น จากกราฟ ยิ่งค่าCCA มากขึ้นโวลล์จะลดลง แต่จากการศึกษา พบว่า ค่าCCA ที่เปลี่ยนไป ไม่มีผลต่อค่าโวลล์ของแบตเตอรี่

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการทดสอบแบตเตอรี่ควรจะเพิ่มจำนวนแบตเตอรี่ในแต่ละรุ่นที่ใช้ในการทดสอบให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ละเอียดและมีความแม่นยำที่มากยิ่งขึ้น

5.3.2 จากการอ่านค่าที่ได้ ค่า SOC กับค่าแรงดันไฟฟ้า เมื่อนำไปเทียบกับตารางแสดงความสัมพันธ์แล้ว ค่าที่ได้มีความคาดเคลื่อนค่อนข้างสูง เพื่อให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำมากขึ้น อาจจะต้องใช้อุปกรณ์การวัดค่าที่มีความแม่นยำหรือมีความละเอียดที่มากขึ้น เพื่อให้ค่าอื่น ๆ ที่ทำการวัดมีความแม่นยำมากขึ้นตามไปด้วย

5.3.3 จากการเก็บข้อมูลพบว่า จะต้องมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มขึ้นด้วย เช่น เรื่องอุณหภูมิของแบตเตอรี่ในขณะวัดเก็บข้อมูล หากสามารถควบคุมอุณหภูมิได้จะมีผลทำให้ข้อมูลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นด้วย

5.3.4 จากค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CCA และ ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า(โวลล์) ควรทำการแยกทดสอบตามแต่ละขนาดของแบตเตอรี่ เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่แม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น