



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การทดสอบการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดเพื่อประเมิน
สมรรถนะของแบตเตอรี่

**Charge and Discharge Testing of Lead-Acid Battery for Its Performance
Evaluation**

โดย

นางสาวเยาวลักษณ์ ลิทธิ์ขุนทด 6004220002

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า (152-499)

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2560

หัวข้อโครงการ

การทดสอบการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดเพื่อประเมิน
สมรรถนะของแบตเตอรี่

Charge and Discharge Testing of Lead-Acid Battery for Its Performance
Evaluation

ผู้จัดทำ

นางสาวเขาวลัษณ์ สิทธิขุนทด 6004220002

ภาควิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขงยุทธ นารายณ์

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการการสอบโครงการ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขงยุทธ นารายณ์)

.....พนักงานที่ปรึกษา
(คุณวรากร สุริยะตุ่น)

.....กรรมการกลาง
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาวัลย์ นาคทรัพย์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 10 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

เรื่องขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียนอาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขงยุทธ นารายณ์

ตามที่คุณจัดทำนางสาวเขาวลัษณ์ สิทธิขุนทด นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ.2560 ในตำแหน่ง วิจัยและพัฒนา ณ บริษัท ไทยสโตร์เจ แบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง

“การทดสอบคุณลักษณะในการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดเพื่อ ประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่”

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้วผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่มเพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นางสาวเขาวลัษณ์ สิทธิขุนทด

นักศึกษาสหกิจศึกษาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อโครงการ : การทดสอบการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดเพื่อ
ประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่

ชื่อนักศึกษา : นางสาวเยาวลักษณ์ สีทธิขุนทด 6004220002

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขงยุทธ นารายณ์

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา : 3/2560

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้นำเสนอประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างการทำงานสหกิจศึกษากับบริษัท ไทยสโตน เรจ แบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) พฤติกรรมการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดเพื่อทำนายความสามารถของแบตเตอรี่ได้รับการศึกษาเป็นอย่างดี ขั้นตอนในการทดสอบการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่นี้ถูกนำเสนอไว้อย่างละเอียด ในการทดสอบที่นำเสนอนี้ได้ใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดรุ่น EB 100 LL, 12 V, 100 Ahr จำนวน 2 ลูก กระแสไฟฟ้าสำหรับการอัดและคายประจุถูกควบคุมโดยเครื่องทดสอบแบตเตอรี่เอนกประสงค์รุ่น UBT-50 เครื่องทดสอบแบตเตอรี่เอนกประสงค์นี้ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษสำหรับการทดสอบสมรรถนะของแบตเตอรี่โดยเฉพาะ เครื่องทดสอบนี้เป็นดีซีเพาเวอร์ซัพพลายแบบโปรแกรมได้ที่มีความเที่ยงตรงสูงแบบสองทิศทางเพื่อให้สามารถควบคุมได้ทั้งการอัดและการคายประจุของแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ด้วย การทดลองการอัดประจุและการคายประจุภายใต้สภาวะการทำงานที่แตกต่างกันของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดดำเนินการเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของแบตเตอรี่สำหรับเป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพของแบตเตอรี่ที่จะผลิตต่อไป

คำสำคัญ : การอัดประจุและคายประจุ / แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

Project Title: Charge and Discharge Testing of Lead-Acid Battery for Its Performance Evaluation

By: Ms. Yaowaluk Sitkhunthod 6004220002

Advisor: Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras

Degree: Bachelor of Engineering

Major: Electrical Engineering

Faculty: Engineering

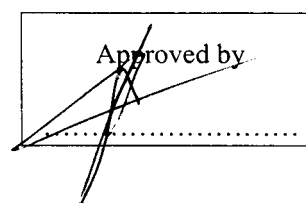
Semester/Academic Year: 3/2017

Abstract

This cooperative education report presents useful experiences in studying lead-acid battery behavior. It was learned during the cooperative education practice with Thai Storage Battery Public Company Limited. The charge-discharge behavior of the lead-acid battery for a prediction of the ability of the battery is well studied. The procedures of charge - discharge testing of the battery are proposed in detail. Two lead-acid batteries version EB 100 LL, 12 V, 100 Ahr were used for the testing. The charge and discharge current were controlled by universal battery tester version UBT-50. The universal battery tester (UBT) was particularly designed for performance testing of batteries. The UBT was bidirectional high-precision programmable DC power supply so as to control the battery charge and discharge, which can also collect the data. The charge - discharge experiments under the different working conditions of lead-acid batteries were carried out to analyze the performance of the batteries, which are important information for improving battery quality for further production.

Keywords: Charge and Discharge / Lead-Acid Battery / Energy Storage

Approved by



กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไทยสโตร์แบริจ จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ.2560 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมายสำหรับรายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. บริษัท ไทยสโตร์แบริจ จำกัด (มหาชน)
2. นายวรากร สุริยะตุน พนักงานพี่เลี้ยง
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ นารายณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นທີ່ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นางสาวเยาวลักษณ์ สิทธิขุนทด

สารบัญ

	หน้า
จดหมายส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 บทนำ	3
2.2 ความเป็นมาของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด	3
2.3 โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	4
2.4 หลักการทำงานของแบตเตอรี่	7
2.5 ปฏิกริยาในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด	9
2.6 หลักการในการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ไว้ได้	10
2.7 ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่ว -กรด	13
2.8 ผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่	15
2.9 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่	15
2.10 ความต้านทานภายในแบตเตอรี่ (Internal Resistance)	19
2.11 สรุปความหมายต่างๆของแบตเตอรี่	19
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	25
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	25
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	25
3.3 รูปแบบการจัดการองค์การและการบริหารงาน	26
3.4 บทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	27
3.5 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา	27
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	27
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	28
3.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ	33
4.1 การทดสอบสมรรถนะในการใช้งานทันทีหลังการชาร์จ	33
4.2 การทดสอบสมรรถนะการใช้งานหลังจากชาร์จเก็บไว้ 30 วัน	39
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลของโครงการ	46
5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	46
5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	48
ประวัติผู้จัดทำ	68



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่	4
รูปที่ 2.2 แผ่นธาตุ	4
รูปที่ 2.3 แผ่นกั้น	5
รูปที่ 2.4 เปลือกหม้อและฝาปิดของแบตเตอรี่	6
รูปที่ 2.5 กลุ่มแผ่นธาตุ	6
รูปที่ 2.6 ฝาจุกแบตเตอรี่หรือฝาจุกระบายอากาศ	7
รูปที่ 2.7 ปฏิกริยาในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด	9
รูปที่ 2.8 ความสามารถในการคายประจุกับเวลาในการคายประจุ	11
รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ Charge Cut-Off Voltage	11
รูปที่ 2.10 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการอัดและการคายประจุ	12
รูปที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของการอัดประจุแบตเตอรี่ขณะทำการอัดประจุ	15
รูปที่ 2.12 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่	18
รูปที่ 3.1 แผนผังด้านวิศวกรรมในบริษัท	25
รูปที่ 3.2 โครงสร้างบริหารงานบริษัท	26
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมน้ำกรดที่ใช้ในการเติมน้ำกรดแบตเตอรี่ทดสอบ	29
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ทดสอบ	30
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทดสอบความจุ 5 ชั่วโมง	31
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทดสอบการคายประจุไฟเอง	32
รูปที่ 4.1 โพลีชาร์ตแสดงการชาร์จ	34
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จเป็นเวลา 20 ชั่วโมง	35
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะน้ำกรดของแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จเป็นเวลา 20 ชั่วโมง	35
รูปที่ 4.4 โพลีชาร์ตแสดงการทดสอบการจ่ายโหลด 100 Ah	36
รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก	37

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก	38
รูปที่ 4.7 โพลีชาร์ตแสดงการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง 30 วัน	39
รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก	40
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ขณะทำการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของ	41
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก	41
รูปที่ 4.11 โพลีชาร์ตแสดงการทดสอบการจ่ายโหลด 100 Ah	42
รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะหลังจากการคายประจุด้วยตัวเอง	43
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะหลังจากการคายประจุด้วยตัวเอง	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	14
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถานะประจุกับค่าความสามารถในการคายประจุ	22



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนได้มีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวัน แต่ด้านพลังงานมีหลากหลายรูปแบบซึ่งได้แก่ พลังงานลม พลังงานความร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการกักเก็บพลังงาน การกักเก็บพลังงานนั้นเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นสำหรับการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้สามารถบริหารจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีพลังงานไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการหรือไว้ในเวลาฉุกเฉิน การกักเก็บพลังงานที่เราจะพูดถึงคือ การกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ซึ่งแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์กักเก็บหรือสำรองพลังงานไฟฟ้าโดยมีกระบวนการทำปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้ากักเก็บไว้ในแบตเตอรี่

ในโครงการเล่มนี้ได้ตระหนักถึงความสำคัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ที่จะนำมาใช้งานดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ในขณะอัดประจุและคายประจุเพื่อประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่นั้น เนื่องจากการผลิตแบตเตอรี่และจำหน่ายให้กับลูกค้าั้นระยะเวลาจากโรงงานถึงลูกค้าั้นโรงงานได้จัดทำเพื่อการศึกษาพฤติกรรมแบตเตอรี่ว่าระยะดังกล่าวนี้มีผลต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่มากน้อยเพียงใด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทดสอบแบตเตอรี่
- 1.2.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ขณะทำการอัดประจุให้เต็ม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ขณะจ่ายกระแสให้โหลด
- 1.2.4 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ขณะแบตเตอรี่คายประจุด้วยตัวเอง
- 1.2.5 เพื่อทดสอบว่าแบตเตอรี่ยังสามารถเก็บกักพลังงานไฟฟ้าได้นานเพียงใด

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบกระบวนการทดสอบแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด
- 1.3.2 ทำการทดสอบแบตเตอรี่ EB 100 LL จำนวน 2 ลูกเปรียบเทียบกัน
- 1.3.3 ทำการทดสอบการอัดประจุจนเต็ม
- 1.3.4 ทำการทดสอบการจ่ายกระแสให้โหลดของแบตเตอรี่ที่ไม่มีการเก็บไว้นานหลังการชาร์จ
- 1.3.5 ทำการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง
- 1.3.6 ทำการทดสอบการจ่ายกระแสให้โหลดของแบตเตอรี่ที่มีการเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน หลังการชาร์จ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถออกแบบกระบวนการทดสอบแบตเตอรี่ได้
- 1.4.2 เข้าใจกระบวนการในการทดสอบแบตเตอรี่
- 1.4.3 เข้าใจพฤติกรรมของแบตเตอรี่ทั้งขณะอัดประจุ ขณะจ่ายกระแสให้โหลดและขณะคายประจุด้วยตัวเอง
- 1.4.4 ได้ข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบตเตอรี่ต่อไป
- 1.4.5 เป็นองค์ความรู้ให้กับพนักงานของบริษัทได้ศึกษา

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ

ในการประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่ที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตในการใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพัฒนาแบตเตอรี่ ในสายการผลิตต่อไปโดยการประเมินสมรรถนะของแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยการทดสอบการอัดและคายประจุในรูปแบบต่างๆ ซึ่งในการออกแบบกระบวนการขึ้นตอนตลอดจนการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบที่ถูกต้องน่าเชื่อถือนั้น จำเป็นต้องมีหลักการหรือทฤษฎีรองรับ ดังนั้นในบทนี้เป็นการอธิบายหลักการโดยละเอียดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ที่จะได้นำเสนอกระบวนการในการทดสอบในบทต่อไป

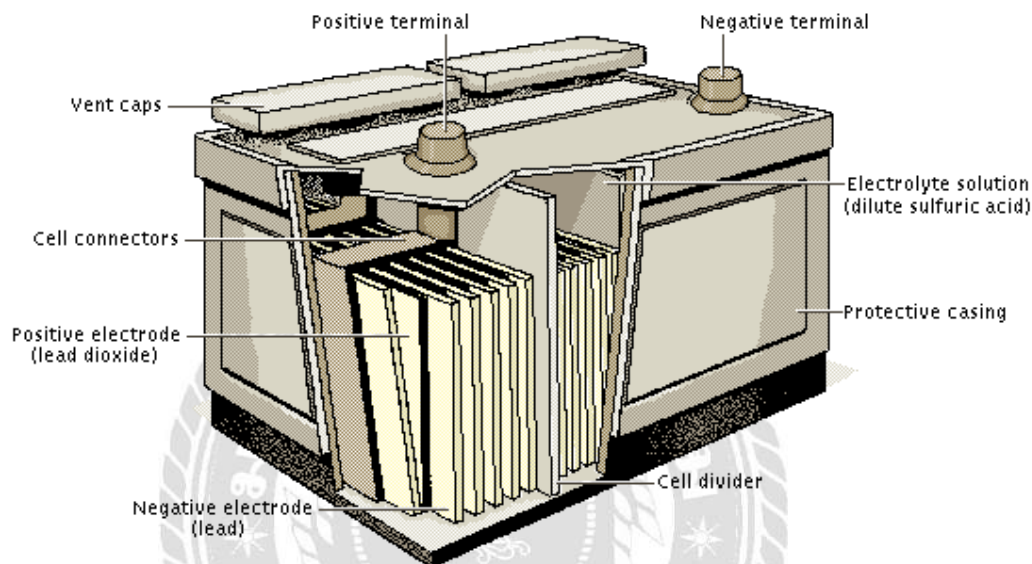
2.2 ความเป็นมาของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (อังกฤษ: Lead-Acid battery) สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1859 (พ.ศ. 2402) โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส แกสตัน พลองด์ (Gaston Planté) แบตเตอรี่ชนิดนี้แบบชาร์จไฟได้ชนิดที่เก่าแก่ที่สุด ซึ่งมีอัตราส่วนพลังงานต่อน้ำหนักที่ต่ำมาก และอัตราส่วนพลังงานต่อปริมาตรที่ต่ำ แต่มีอัตราส่วนกำลังงานต่อน้ำหนักค่อนข้างสูง นั่นหมายถึงมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟกระชากที่สูง ด้วยคุณสมบัติข้างต้นรวมกับราคาที่ค่อนข้างถูก ทำให้เป็นที่น่าสนใจสำหรับการใช้งานในเครื่องยนต์ที่ต้องใช้กระแสสูงสำหรับการจุดเครื่องยนต์ เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้าและปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอยู่อย่างแพร่หลาย โดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ (capacity) สูงๆที่ทำให้กระแสไฟฟ้าได้มาก เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่ชาร์จได้กว่าชนิดอื่นๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และยานพาหนะต่างๆ (Vehicle) รถยกไฟฟ้า (Fork Lift) รถเข็น (Wheel Chair) สกู๊ตเตอร์ (Scooter) รถกอล์ฟ (Golf Car) ระบบสำรองไฟฟ้า (UPS) และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light)

ในช่วงแรกแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีเฉพาะที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้น จนกระทั่งในช่วงกลางของทศวรรษที่ 70 (ระหว่างปี พ.ศ. 2513-2523) ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดแบบแห้งให้ใช้งานได้หลังจากที่มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 (พ.ศ. 2500) โดยอ็อตโต จาเช่ (Otto Jache)

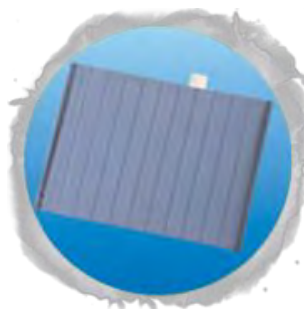
2.3 โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่มีส่วนประกอบคือเปลือกนอกซึ่งทำด้วยพลาสติก ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่หัวของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้น ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มี 2 แบบคือแบบที่ต้องคอยตรวจระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ (Low Maintenance) กับแบบที่ไม่ต้องตรวจระดับน้ำกรดเลยตลอดอายุการใช้งาน (Maintenance Free)



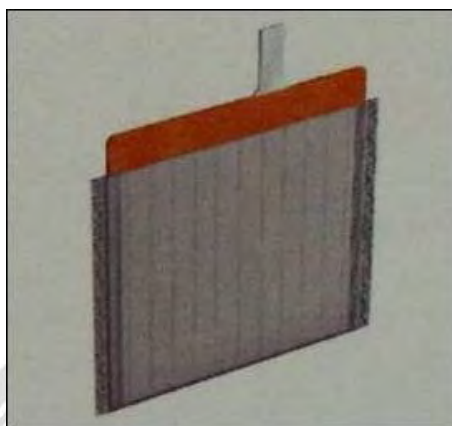
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

2.3.1 แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือแผ่นธาตุบวก (Positive Plate) และแผ่นธาตุลบ (Negative Plate) โดยแผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว (Pb) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดิในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกันด้วยแผ่นกั้น



รูปที่ 2.2 แผ่นธาตุ

2.3.2 แผ่นกั้น (Separators) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบแตะกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางและอาจจะรวมถึงโพลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นและมีรูพรุน เพื่อให้น้ำกรดสามารถไหลถ่ายเทไปมาได้และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ



รูปที่ 2.3 แผ่นกั้น

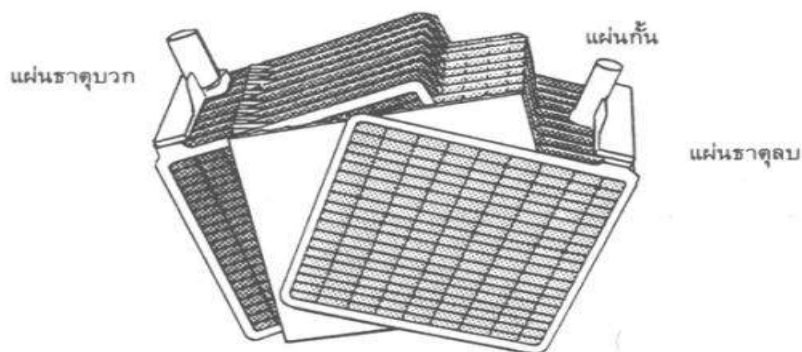
2.3.3 น้ำกรดหรือน้ำยาลิเธียมไฮดรอกไซด์ (Electrolyte) ที่ใช้กับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดคือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ผสมกับน้ำบริสุทธิ์ (H_2O) ให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 1.250-1.300 ขึ้นอยู่กับการออกแบบและประเภทการใช้งานและสภาพภูมิอากาศ ถ้าใช้สารละลายที่มีความถ่วงจำเพาะมากเกินไป จะทำให้เกิดผลเสียหลายอย่าง เช่น การคายประจุในตัวเองและการสุกกร่อนของแผ่นธาตุ แต่จะมีประโยชน์สำหรับภูมิประเทศหนาว เนื่องจากจะทำให้จุดเยือกแข็งของสารละลายลดลง ปกติถ้าเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้กระแสสูงได้แก่ แบตเตอรี่รถยนต์จะใช้กรดที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ไม่ว่าจะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงหรือต่ำ แต่ปริมาณไอออนที่อยู่ในสารละลายก็ต้องเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยาในสารละลาย นอกจากจะมีกรดซัลฟิวริกแล้วยังมีสารอื่นเจือปนอยู่ด้วยเช่น แมงกานีส เหล็ก สารหนู คลอไรด์ ไนโตรเจนออกไซด์ โดยที่มีปริมาณเล็กน้อยจะขึ้นอยู่กับเกรดของน้ำกรด ถ้าเป็นน้ำกรดเกรดเอ จะมีสารเจือปนไม่เกิน 0.03665%

2.3.4 เปลือกหุ้มและฝาปิด (Container and Cover) เป็นภาชนะบรรจุกลุ่มแผ่นธาตุแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่ชนิด 6 โวลต์ แบ่งเป็น 3 ช่อง แบตเตอรี่ชนิด 12 โวลต์ แบ่งออกเป็น 6 ช่อง เปลือกและฝานี้ทำจากยางหรือพลาสติกที่ทนกรดกำมะถัน



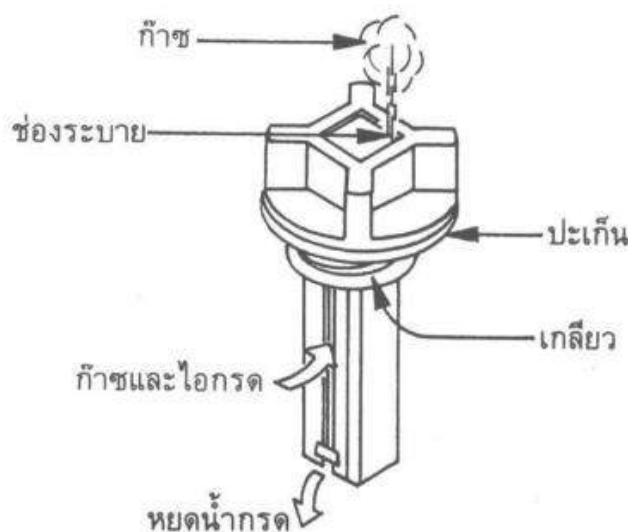
รูปที่ 2.4 เปลือกหุ้มและฝาปิดของแบตเตอรี่

2.3.5 กลุ่มแผ่นธาตุ ประกอบขึ้นจากแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ โดยกั้นด้วยแผ่นกั้น จำนวนแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องเปลือกแบตเตอรี่และความจุของกระแสไฟฟ้าส่วนบนของกลุ่มแผ่นธาตุนี้จะถูกหล่อลื่นหรือเชื่อมให้ต่อกัน ซึ่งเรียกว่า บ่าหัว เมื่อนำกลุ่มแผ่นธาตุใส่ลงในช่องเปลือกแล้วจะเชื่อมต่อระหว่างช่องเซลล์ด้วยสะพานไฟ โดยด้านหนึ่งของกลุ่มจะเป็นขั้วบวก อีกด้านหนึ่งจะเป็นขั้วลบ การต่อจะใช้ขั้วบวกของอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า การต่อแบบอนุกรม



รูปที่ 2.5 กลุ่มแผ่นธาตุ

2.3.6 ฝาจุกแบตเตอรี่หรือฝาจุกระบายอากาศ ส่วนมากทำจากพลาสติก ด้านบนของจุกจะมีรูเล็กๆเพื่อระบายแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นตลอดการใช้งานรูเล็กๆนี้จึงควรรักษาความสะอาด ไม่ให้เกิดการอุดตัน



รูปที่ 2.6 ฝาจุกแบตเตอรี่หรือฝาจุกระบายอากาศ

2.3.7 ตัวเชื่อมระหว่างเปลือกกับฝาแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ชนิดเปลือกพลาสติก (PP) จะเชื่อมระหว่างเปลือกกับฝาโดยใช้ความร้อน ส่วนแบตเตอรี่ชนิดเปลือกทำด้วยยางแข็งและมีหลายฝาจะเชื่อมด้วยยางมะตอยและชนิดฝาเดี่ยวจะเชื่อมด้วยกาวทนความร้อน

2.4 หลักการทำงานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ประกอบด้วยเซลล์หรือหมู่ของเซลล์ต่อเข้าด้วยกัน ในหมู่ของเซลล์ ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มของแผ่นธาตุทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบซึ่งแผ่นธาตุทั้งบวกและลบทำจากโลหะต่างชนิดกัน ถูกกั้นด้วยฉนวน เรียกว่า “แผ่นกั้น” โดยนำมาจุ่มไว้ในอิเล็กโทรไลต์หรือที่เรียกว่า “น้ำกรดผสม” (Sulfuric Acid) น้ำกรดผสมจะทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุในเชิงเคมีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า และแต่ละเซลล์สามารถจ่ายประจุไฟฟ้าได้ประมาณ 2 โวลต์ เซลล์ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะถูกนำมาต่อเข้ากัน “แบบอนุกรม” (Series) ซึ่งจะเพิ่มโวลต์หรือแรงดันขึ้นเรื่อยๆเช่นแบตเตอรี่ 12 โวลต์จะต้องใช้จำนวนเซลล์ 6 เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมแบตเตอรี่ 24 โวลต์ ใช้ 12 เซลล์ เป็นต้น

การเกิดพลังงานไฟฟ้าแผ่นธาตุสองชนิด “แผ่นธาตุบวก” คือ Lead Dioxide และ “แผ่นธาตุลบ” คือ Sponge Lead ถูกนำมาจุ่มลงในกรดผสม “แรงดัน” (โวลต์) ก็จะเกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อระบบแบตเตอรี่ครบวงจร กระแสก็จะไหลทันทีเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีออกมาเป็นพลังงานไฟฟ้าในกรณีนี้เรียกว่า “การคายประจุไฟ”(Discharge) ซึ่งตัวกรดในน้ำกรดผสมวิ่งเข้าทำปฏิกิริยาต่อแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ โดยจะค่อยๆเปลี่ยนสถานะของแผ่นธาตุทั้งสองชนิดให้กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulfate) เมื่อแผ่นธาตุทั้งบวกและลบเปลี่ยนสภาพไปเป็น โลหะชนิดเดียวกันคือ “ตะกั่วซัลเฟต” แบตเตอรี่ก็จะไม่มีสภาพของความแตกต่างทางแรงดันกระแสหยุดไหลหรือไฟหมด

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Cell) คือเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือไฟฟ้าเคมี

เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) คือเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน แบตเตอรี่ ซึ่งเซลล์กัลวานิกจะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. เซลล์ปฐมภูมิ (Primary cell) เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นและดำเนินไปแล้ว ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับไม่ได้หรือนำมาอัดไฟใหม่ไม่ได้
2. เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell) เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้หรือนำมาอัดไฟใหม่ได้

ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

- ขั้วไฟฟ้ามี 2 ชนิด
 1. ขั้วว่องไว (Active electrode) ได้แก่ ขั้วโลหะทั่วไป เช่น Zn Cu Pb ขั้วพวกนี้บางโอกาสจะมีส่วนร่วมในปฏิกิริยา
 2. ขั้วเฉื่อย (Inert electrode) คือ ขั้วที่ไม่มีส่วนร่วมใดๆ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- เซลล์ไฟฟ้าปกติ จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วเสมอ ดังนี้
 1. ขั้วแอโนด (Anode) คือขั้วที่เกิดออกซิเดชัน
 2. ขั้วแคโทด (Cathode) คือขั้วที่เกิดรีดักชัน
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือสารที่มีสถานะเป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนเคลื่อนที่ไปมาอยู่ในสารละลาย ซึ่งสารละลายอิเล็กโทรไลต์มี 2 ชนิดคือ
 1. สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว เช่น สารละลาย NaCl
 2. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายกรด-เบส เกลือ

2.5 ปฏิกริยาในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary Cell) หรือโดยทั่วไปเรียกว่าแบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery) ประกอบด้วยเซลล์ 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรมซึ่งแต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 2 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่ในรถยนต์จึงมีศักย์ไฟฟ้าทั้งหมด 12 โวลต์

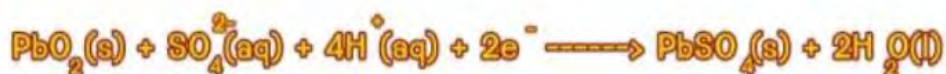
มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าชนิดกระแสตรงแบตเตอรี่ประเภทนี้ใช้งานจนไฟหมดหรือเลิกใช้งานแล้ว สามารถนำไปประจุเพิ่มเติมปรับสภาพทางเคมี ให้กลับสู่สภาพพร้อมใช้งานเหมือนเดิมได้ คือสามารถใช้หมุนเวียนได้จนกว่าแบตเตอรี่นั้นจะเสื่อมสภาพ แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้ในรถยนต์ เพื่อใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ

แบตเตอรี่สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว-กรด จะประกอบด้วยอิเล็กโทรดคือแผ่นตะกั่ว มีกรดกำมะถันเจือจางเป็นอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.7

ขั้วแอโนด - ขั้วลบ :



ขั้วแคโทด - ขั้วบวก :



รูปที่ 2.7 ปฏิกริยาในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

อิเล็กโทรดเป็นแอโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ในขณะที่แคโทดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วไดออกไซด์ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นแอโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์และปล่อยอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก

ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulfate) ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้ง 2 และก๊าซไฮโดรเจนซึ่งรวมกับไอออนของออกซิเจนจากแคโทดกลายเป็นน้ำ ซึ่งแสดง โดยลูกศร 2 ทิศทางว่าเป็นปฏิกิริยาที่ผัน

กลับได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะประจุเซลล์ใหม่โดยการต่อวงจร ซึ่งจะขับอิเล็กตรอนให้ไหลจากแคโทดไปสู่แอโนดโดยสูตรทางเคมีแสดงให้เห็นว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเจือจางลงโดยโมเลกุลของน้ำที่เกิดขึ้นในขณะเดียวกันกับเซลล์คายประจุทำให้เราสามารถใช้เป็นวิธีการหาสถานะการประจุและคายประจุของเซลล์ได้โดยการวัดความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งจะบอกว่าเซลล์ใกล้สถานะคายประจุหมดหรือยังเพื่อจะได้ประจุไฟฟ้ากลับเข้าไปใหม่

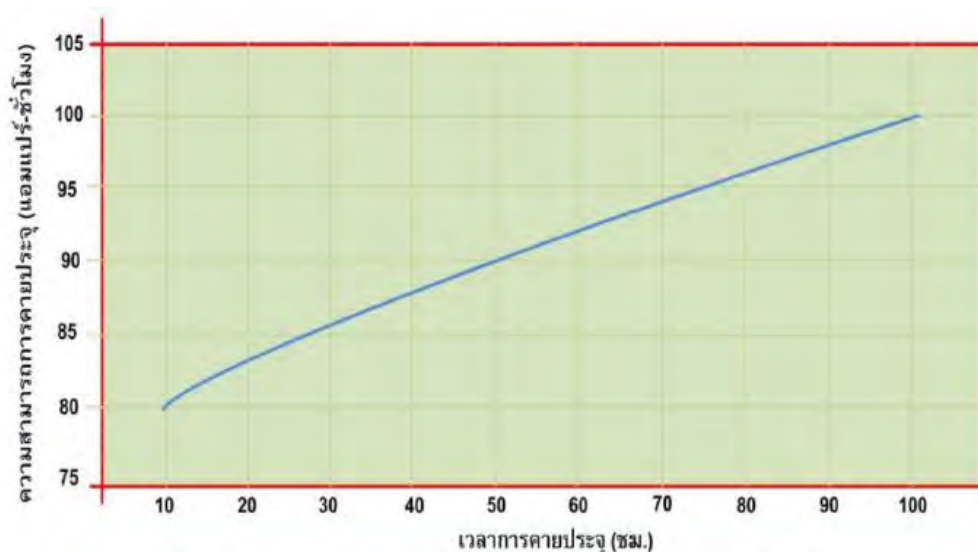
2.6 หลักการในการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ไฟฟ้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่มีการนำเซลล์ไฟฟ้าหลายๆเซลล์มาต่อรวมกัน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงาน ซึ่งสามารถนำไปจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆได้ ดังนั้นเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่จึงถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญสำหรับการเชื่อมต่อแบตเตอรี่กับระบบไฟฟ้า

2.6.1 ความจุของแบตเตอรี่ (Battery Capacity) ความจุของแบตเตอรี่เป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกไปหรือคายประจุได้จนกระทั่งหยุดจ่ายพลังงานหรือหยุดคายประจุโดยความจุปกติของแบตเตอรี่ (Nominal Capacity, C_n) มีค่าเท่ากับค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ขณะคายประจุ (I_n) คูณด้วยเวลาทั้งหมดในการคายประจุจนหมด (t_n)

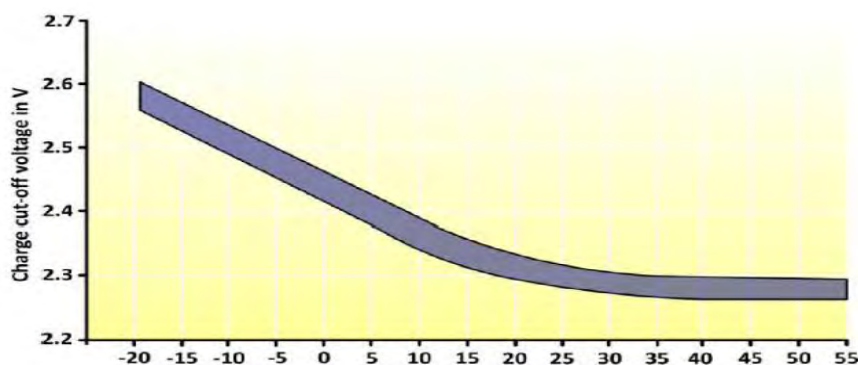
$$C_n = I_n \times t_n$$

ค่าความจุของแบตเตอรี่จะไม่คงที่โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าขณะคายประจุจนหมด และกระแสไฟฟ้าขณะคายประจุ ทั้งนี้หากกระแสไฟฟ้าขณะคายประจุมีค่าต่ำ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการกำลังไฟฟ้าของการคายประจุมากจึงต้องพยายามให้กระแสไฟฟ้าขณะคายประจุมีค่าต่ำและใช้เวลานานขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการคายประจุกับความสามารถในการคายประจุของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.8 ความสามารถในการคายประจุกับเวลาในการคายประจุ

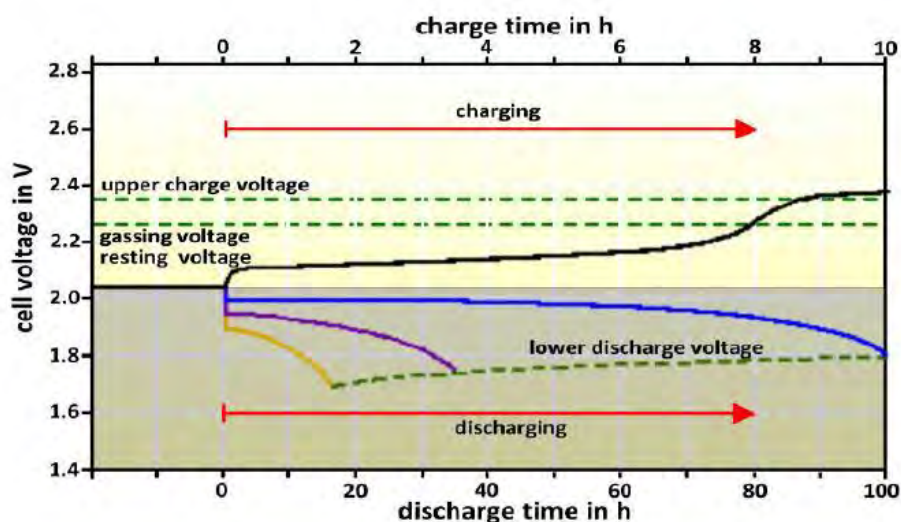
2.6.2 การอัดและการคายประจุ (Charging and Discharging) สำหรับกระบวนการอัดประจุค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่งที่จะเริ่มเกิดก๊าซ (Gassing Voltage) นั่นคือน้ำถูกแยกตัวออกเป็นออกซิเจนและไฮโดรเจนเรียกว่า Oxyhydrogen Gas ซึ่งสามารถจุดติดไฟและระเบิดได้ง่าย ผู้ผลิตเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่จึงควรจำกัดแรงดันไฟฟ้าตอนอัดประจุไม่ให้เกินค่าๆหนึ่งเป็นค่าแรงดันปลดออกเมื่ออัดประจุหรือ Charge Cut-Off Voltage นอกจากนี้เนื่องจากค่าแรงดันที่เริ่มเกิดก๊าซขึ้นอยู่กับค่าอุณหภูมิของแบตเตอรี่ดังนั้นเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ควรต้องมีการวัดอุณหภูมิเพื่อนำมาคำนวณหาค่า Charge Cut Off Voltage อย่างถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ Charge Cut-Off Voltage

สำหรับกระบวนการคายประจุเมื่อเริ่มต้นแรงดันไฟฟ้าจะตกลงอย่างทันทีเนื่องมาจากแรงดันส่วนหนึ่งตกคร่อมบนตัวต้านทานภายในของแบตเตอรี่เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรจากนั้นแรงดันไฟฟ้าจะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องและจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใกล้สิ้นสุดกระบวนการหรือจนถึงค่าแรงดันปลดออกเมื่อคายประจุหรือ Discharge Cut-Out Voltage หากปล่อยให้แรงดันไฟฟ้าลดลงต่อไปจนกระทั่งต่ำกว่าค่า Discharge Cut-Out Voltage จะทำให้ความเข้มข้นของกรดจะมีค่าสูงมากจนเกิดเป็นผลึกซัลเฟต หรือเรียกว่าเกิดซัลเฟตชันซึ่งควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดสภาวะนี้

2.6.3 สภาวะการอัดประจุ (Stage of Charge, SOC) ในการทำงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระที่มีแบตเตอรี่จำเป็นต้องทราบจำนวนเวลาที่ระบบยังสามารถจ่ายไฟให้แก่ภาระทางไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาที่ไม่มีแดดเพื่อประมาณการหรือเตรียมมาตรการรองรับหรือป้องกันการขาดแคลนไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบตลอดเวลาว่ามีปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่มากน้อยเพียงใดซึ่งโดยทั่วไปมี 2 วิธีที่จะทำให้ทราบปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่โดยอาศัยการพิจารณาจากลักษณะแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการอัดและการคายประจุดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการอัดและการคายประจุ

วิธีที่ 1 สำหรับ Unsealed แบตเตอรี่หรือแบตเตอรี่ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลวสามารถทราบได้จากค่าความหนาแน่นของกรด (Acid Density) ซึ่งวัดโดยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) โดยแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะมีค่าต่างกัน

วิธีที่ 2 สำหรับ Sealed แบตเตอรี่หรือแบตเตอรี่ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นแบบเจลซึ่งไม่สามารถวัดค่าความหนาแน่นของกรด (Acid Density) และจำเป็นต้องทราบระดับแรงดันวงจรเปิดขณะเริ่มต้น (Resting Voltage) ก่อนทุกครั้งเพื่อใช้อ้างอิงเป็นค่าเริ่มต้นที่สภาวะการประจุเป็น 0 เปอร์เซนต์และต้องปล่อยแบตเตอรี่ไว้โดยไม่ต่อวงจรไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมงก่อนทำการวัดแรงดัน

2.6.4 ประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ของการประจุ (Charge Factor) ซึ่งเท่ากับสัดส่วนระหว่างปริมาณของไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่แบตเตอรี่มีหน่วยเป็นแอมแปร์- ชั่วโมง (Ah) ต่อปริมาณไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถคายประจุออกมาได้โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 1.02 ถึง 1.2 ขึ้นอยู่กับค่าความลึกของการคายประจุ (Discharge Depth) และชนิดของแบตเตอรี่ส่วนประสิทธิภาพของการอัดประจุ (Charge Efficiency) คือส่วนกลับของ Charge Factor มีค่าอยู่ระหว่าง 83 ถึง 98 เปอร์เซนต์ซึ่งหากผู้ผลิตไม่ระบุค่า Charge Efficiency สามารถจะประมาณได้โดยใช้วิธีดังนี้

- ที่สภาวะการอัดประจุ 90 เปอร์เซนต์มีประสิทธิภาพการอัดประจุมากกว่า 85 เปอร์เซนต์
- ที่สภาวะการอัดประจุ 75 เปอร์เซนต์มีประสิทธิภาพการอัดประจุมากกว่า 90 เปอร์เซนต์
- ที่สภาวะการอัดประจุต่ำกว่า 50 เปอร์เซนต์มีประสิทธิภาพการอัดประจุมากกว่า 95 เปอร์เซนต์

ประสิทธิภาพของพลังงาน (energy efficiency) จะพิจารณาถึงความสูญเสียพลังงานจากการกักเก็บหรือเก็บสะสม สำหรับแบตเตอรี่ใหม่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 70 ถึง 85 เปอร์เซนต์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการอัดประจุของแบตเตอรี่ด้วย

2.7 ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด

ขนาดแรงดันของเซลล์แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มาตรฐานมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 2 โวลต์ต่อเซลล์ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่น้อยมาก ไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้ ดังนั้นการนำแบตเตอรี่ไปใช้งานทำได้โดยการนำเอาแบตเตอรี่หลายๆเซลล์มาต่อกันในลักษณะอนุกรม (Series) จนมีขนาดแรงดันเพียงพอกับความต้องการใช้งานเช่น 12 โวลต์, 24 โวลต์ ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

2.7.1 การชาร์จปกติ (Floating Charge) การชาร์จปกติมีความสำคัญต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การปรับระดับแรงดันของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด จะใช้แรงดันระหว่าง 2.15-2.20 โวลต์ต่อเซลล์ การหาระดับแรงดันในการชาร์จปกติในแต่ละชุดของแบตเตอรี่ จะเท่ากับระดับแรงดันในการชาร์จต่อเซลล์คูณด้วยจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ในชุดนั้น เช่น แบตเตอรี่ขนาด 24 เซลล์ หรือ 48 โวลต์ แรงดันที่ใช้ในการชาร์จอย่างน้อยคือ 2.15×24 เท่ากับ 51.6 โวลต์

2.7.2 การชาร์จรูนแรง (Equalizing Charge) การชาร์จปกติอย่างเดียวเป็นระยะเวลานานๆ ไม่เพียงพอที่จะรักษาแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และมีอายุการใช้งานนาน เพราะการชาร์จปกติไม่สามารถแก้ไขการคายประจุโดยตัวมันเอง (Self-Discharge) และ โลกอลแอคชั่น (Local Action) ได้ 100% ส่งผลให้แรงดันที่ตกคร่อมเซลล์แตกต่างกัน แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ได้รับอุณหภูมิไม่เท่ากัน ทำให้อุณหภูมิของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ไม่เท่ากัน ขั้วต่อแบตเตอรี่ได้รับแรงดันที่ตกคร่อมไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากความหนาแน่นที่ไม่เท่ากัน การทำการชาร์จแบตเตอรี่รูนแรง คือการเพิ่มระดับแรงดันในการชาร์จให้สูงกว่าระดับแรงดันเพื่อให้กระแสไหลในแบตเตอรี่สูงขึ้น เป็นการแก้การสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลภายในวงจรแบตเตอรี่และรักษาไว้ซึ่งประสิทธิภาพในการเก็บและคายประจุไฟของแบตเตอรี่ ระดับแรงดันที่ใช้ในการทำการชาร์จรูนแรงใช้ที่ 2.45 โวลต์ต่อเซลล์ โดยระดับแรงดันที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่จะแสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

จำนวนเซลล์	ระดับแรงดันในการชาร์จ (โวลต์)	
	Float	Equalize
6	13.2	14.7
12	26.4	25.97
24	52.8	55.92
30	66	73.5
48	105.6	111.84
60	132.00	139.80
120	264.00	279.60

หมายเหตุ ระดับแรงดันของการชาร์จปกติใช้ในแรงดันเท่ากับ 2.20 โวลต์ต่อเซลล์

ระดับแรงดันของการชาร์จรูนแรงใช้ในแรงดันเท่ากับ 2.45 โวลต์ต่อเซลล์

2.8 ผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่

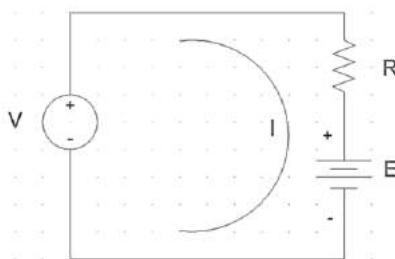
ระดับแรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่มีความสำคัญมาก หากมีการปรับระดับแรงดันในการชาร์จไม่ถูกต้อง ขณะที่มีการชาร์จในทุกๆวัน โอกาสที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อแบตเตอรี่มี 2 ลักษณะ ดังนี้

Under-Charging คือ การใช้แรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่ในระดับแรงดันปกติ (Floating Charge) ต่ำกว่า 2.15 โวลต์ต่อเซลล์ ถ้าหากใช้แรงดันในการชาร์จระดับนี้ไปนานๆ จะทำให้เกิดซัลเฟตเกาะจับที่บริเวณแผ่นธาตุทั้งบวกและลบ หากทิ้งไว้นานๆ ปริมาณซัลเฟตจะเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุให้การทำปฏิกิริยาระหว่างแผ่นธาตุบวกและลบกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทั้งการชาร์จและดิสชาร์จเป็นไปด้วยความยากลำบาก ส่งผลให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลง หากทิ้งไว้นานจะส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังนั้นหากพบว่าแบตเตอรี่เกิดอันเดอร์ชาร์จ (Under Charging) ขึ้นต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

Over-Charging คือการใช้แรงดันในการชาร์จแบตเตอรี่ในระดับแรงดันปกติ (Floating Charge) สูงกว่า 2.15 โวลต์ต่อเซลล์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่สูงกว่าปกติ เกิดกระแสไหลในแบตเตอรี่สูง ทำให้การทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์กับแผ่นเพลทเป็นไปอย่างรุนแรงและรวดเร็วกว่าปกติ ซึ่งทำให้แผ่นเพลททั้งสองเกิดการสึกกร่อนอย่างรวดเร็ว ทำให้อายุการใช้งานลดลง

2.9 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่

การอัดประจุแบตเตอรี่เป็นการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันคร่อมขั้วแบตเตอรี่ จึงทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ โดยขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่แบตเตอรี่สามารถกำหนดได้โดยค่าความต่างศักย์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงกับแรงดันไฟฟ้าคร่อมขั้วแบตเตอรี่ โดยกระแสที่ทำให้การชาร์จจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมา โครงสร้างพื้นฐานการอัดประจุแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างพื้นฐานของการอัดประจุแบตเตอรี่ขณะทำการอัดประจุ

จากภาพที่ 2.11 ได้สมการ

$$V = E + IR$$

$$I = \frac{V-E}{R}$$

การประจุแบตเตอรี่ แบ่งออกเป็น 4 วิธี ดังนี้

2.9.1 การอัดประจุแบบกระแสตรงค่าคงที่ (Constant Current Charging) การอัดประจุแบตเตอรี่แบบกระแสตรงค่าคงที่เป็นการชาร์จที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการชาร์จแบบแรงดันคงที่ และใช้เวลาน้อยกว่า เพราะการชาร์จแบบกระแสตรงค่าคงที่จะถูกจำกัดกระแสชาร์จไว้ ถ้ากระแสที่ใช้ในการชาร์จมีค่าสูง จะทำให้เวลาในการชาร์จสั้นลง แต่ถ้ากระแสที่ใช้ชาร์จมีค่ามากเกินไป แบตเตอรี่เกิดความเสียหาย การชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าตรงค่าคงที่ การชาร์จจะทำอย่างรวดเร็วไม่ได้เนื่องจากกระแสที่ใช้ในการชาร์จจะถูกจำกัดไว้ตามข้อมูลของแบตเตอรี่ชนิดนั้นกำหนด ข้อดีของการชาร์จแบบกระแสตรงค่าคงที่คือเซลล์ทุกๆ เซลล์จะได้รับกระแสในสัดส่วนเท่าๆ กันทุกเซลล์ของชุดแบตเตอรี่

2.9.2 การอัดประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage Charging) การอัดประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ จะใช้เวลาในการชาร์จมากกว่าการชาร์จแบบกระแสตรงค่าคงที่ โดยความเร็วในการชาร์จขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องชาร์จ การชาร์จแบบนี้ทำได้โดยเครื่องอัดประจุเป็นตัวจ่ายแรงดันป้อนเข้าไปในแบตเตอรี่ แต่แรงดันที่จ่ายจะไม่คงที่ จึงต้องมีวงจรควบคุมแรงดันคงที่ จะช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2.9.3 การอัดประจุด้วยกระแสตรงค่าคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Current – Constant Voltage Charging) การอัดประจุด้วยกระแสตรงค่าคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่คือ การรวมวิธีชาร์จแบบกระแสคงที่กับ แรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยจะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงแรก : ชาร์จด้วยกระแสเต็มพิกัดคงที่แรงดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเซลล์ได้รับความต่างศักย์ของ แบตเตอรี่ใกล้เต็ม

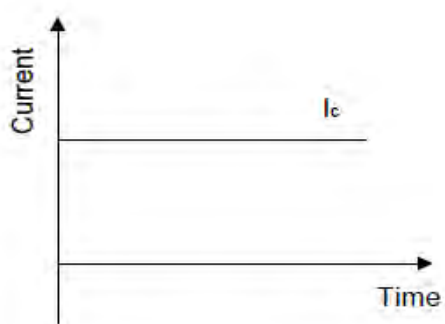
ช่วงที่สอง : ชาร์จด้วยแรงดันเต็มพิกัดคงที่ กระแสที่ชาร์จเข้าเซลล์ของแบตเตอรี่จะค่อยๆ ลดลง และ จะหยุดชาร์จเมื่อกระแสน้อยกว่า 3% ของแบตเตอรี่

2.9.4 การอัดประจุแบบพัลส์ (Pulse Charging) วิธีการชาร์จแบบพัลส์เป็นการชาร์จโดยใช้อิมพัลส์รูปคลื่นแรงดันสามารถชาร์จได้เร็วกว่าแบบแรงดันคงที่ และใช้เวลาใกล้เคียงกับการชาร์จ แบบกระแสคงที่แต่มีข้อดีกว่าแบบกระแสคงที่เนื่องจากช่วยระบายความร้อนของแบตเตอรี่ได้ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่นานยิ่งขึ้น

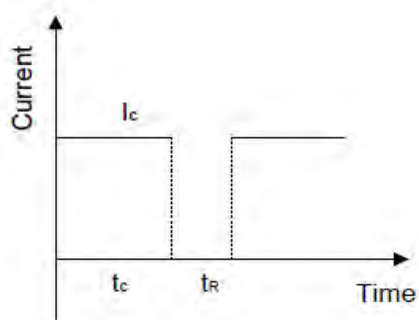
วิธีการชาร์จที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและมีอายุการใช้งานยาวนาน สิ่งที่สำคัญคือความต้านทานภายใน ต้องมีค่าต่ำ พบว่าการชาร์จด้วยกระแสคงที่ ค่าความต้านทานภายในเซลล์มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพการ ชาร์จ การชาร์จด้วยกระแสพัลส์โดยมีการดิสชาร์จ ค่าความต้านทานภายในมีค่าลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพ การชาร์จดีขึ้น

การชาร์จแบตเตอรี่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทางเคมีของขั้วอิเล็กโทรด โดยพัลส์ชาร์จจะสามารถอธิบายการแพร่กระจายของอิเล็กตรอนได้มากขึ้น ทำให้เพิ่มความเร็วในการชาร์จมากขึ้นและอายุการใช้งานนานขึ้น

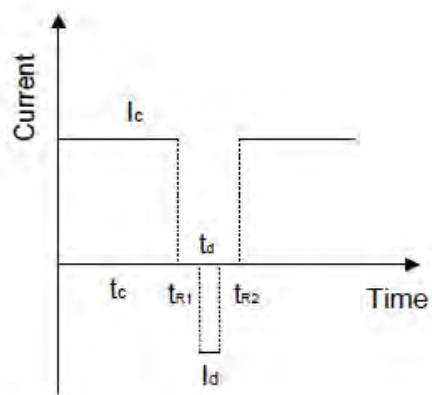




(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.12 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่

(ก) กระแสคงที่

(ข) กระแสพัลส์ไม่มีการคายประจุ

(ค) กระแสพัลส์ที่มีการคายประจุ

2.10 ความต้านทานภายในแบตเตอรี่ (Internal Resistance)

หมายถึงแบตเตอรี่ที่ทำงานการไหลของกระแสผ่านความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ มีสองส่วนของความต้านทานภายในโอห์มและความต้านทานภายในโพลาริซ์ ความต้านทานของแบตเตอรี่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าในการจ่ายแบตเตอรี่ลดลงและเวลาในการคายประจุลดลง ความต้านทานภายในส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากวัสดุกระบวนการผลิตและโครงสร้างแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการวัดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

หมายเหตุ : ความต้านทานการชาร์จโดยทั่วไปเป็นมาตรฐาน การวัดความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ต้องใช้เครื่องวัดความต้านทานภายในพิเศษและไม่สามารถวัดได้ด้วยโอห์มมิเตอร์

2.11 สรุปความหมายต่างๆของแบตเตอรี่

1. แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) เป็นหน่วยพื้นฐานในการวัดความจุของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการคายประจุด้วยกระแสคงที่แล้วจับเวลาเป็นชั่วโมงจนใกล้จะคายประจุหมด ความจุแอมแปร์-ชั่วโมงได้จากการนำค่ากระแสคูณกับเวลาเป็นชั่วโมง ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ความจุ 80 แอมแปร์-ชั่วโมง หมายความว่าแบตเตอรี่ลูกนั้นสามารถจ่ายไฟกระแสตรงคงที่ 8 แอมแปร์ได้นาน 10 ชั่วโมงหรือ 4 แอมแปร์ได้นาน 20 ชั่วโมง

2. ความจุ (Capacity) ในทางปฏิบัติ การวัดความจุของแบตเตอรี่ยังขึ้นกับขนาดของกระแสที่คายประจุ หรือความเร็วในการใช้งานแบตเตอรี่ ถ้ากระแสที่คายประจุเพิ่มขึ้น ความจุแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้จริงจะลดลง ในการกำหนดคุณลักษณะการลดลงของความจุแบตเตอรี่แบบนี้ จะมีการเขียนกำกับความจุของแบตเตอรี่ด้วยอัตราส่วนของความจุต่อเวลา

สาเหตุที่แบตเตอรี่คายประจุด้วยกระแสต่ำ มีความจุมากกว่ากระแสสูงเนื่องจากมีเวลาที่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเข้าไปทำปฏิกิริยามากขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะมากตามไปด้วย แต่การซึมของสารละลายเข้าไปในเพลตยังลึกอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ก็จะลดลง ดังนั้นอัตราการคายประจุเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างความจุแอมแปร์-ชั่วโมง และแรงดันปกติของแบตเตอรี่ และหารด้วย 1000 เช่น แบตเตอรี่ 12V 100 แอมแปร์-ชั่วโมง มีความจุเท่ากับ $12 \times (100/1000) = 1.2$ kWh เป็นต้น

3. แรงดันคัทออฟ (Cut Off Voltage) เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ระบบแบตเตอรี่ยอมให้มีได้ขณะคายประจุ ถ้าต่ำกว่านี้จะมีการเสียหายถาวร ไม่สามารถเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ต่อไปได้

4. รอบการใช้งาน (Cycle) เมื่อประจุแบตเตอรี่จึ้นเต็ม นำไปใช้งานแล้วนำกลับมาประจุใหม่จนเต็มอีกครั้งหนึ่งเรียกรอบการใช้งาน ในการใช้งานมีรอบการใช้งานสองลักษณะคืองานที่มีการคายประจุน้อย และงานที่มีการคายประจุจนหมด การใช้งานแบตเตอรี่แบบไหนนั้นขึ้นกับลักษณะของเซลล์ และส่วนใหญ่ไม่ใช่คายประจุจนหมด ในการใช้งานที่มีการคายประจุมาก มักมีการคายประจุมากกว่า 50 % ต่อรอบการใช้งานขึ้นไป

5. การคายประจุ (Discharge) คือกระบวนการที่แบตเตอรี่คายประจุไฟฟ้าออกมา กำหนดในรูปของกระแสการคายประจุ หรืออัตราการคายประจุ สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด คือปฏิกิริยาที่ตะกั่วตะกั่วไดออกไซด์ และกรดซัลฟริก เปลี่ยนเป็นตะกั่วซัลเฟตและน้ำ

6. การประจุ (Charge) คือกระบวนการที่แบตเตอรี่ประจุไฟฟ้า กำหนดในรูปของกระแสประจุ หรืออัตราการประจุ สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด คือปฏิกิริยาที่ตะกั่วซัลเฟตและน้ำเปลี่ยนเป็นตะกั่วตะกั่วไดออกไซด์ และกรดซัลฟริก

7. อัตราการอัดประจุ และคายประจุ (Rate of Charge/Discharge) คืออัตราส่วนของความจุต่อเวลาเป็นชั่วโมง เช่นแบตเตอรี่ขนาดความจุ 30 Ah ที่ C/10 หรือ C10 หมายถึงแบตเตอรี่สามารถคายประจุ 3 แอมแปร์ในเวลา 10 ชั่วโมง (C/10 หรือ C10 หมายถึงขนาดของกระแสที่คายประจุ ในที่นี้คือ $30/10 = 3$ แอมแปร์) ในแบตเตอรี่ลูกเดียวกัน เมื่อเปลี่ยนเป็น C/5 ความจุจะลดลง

8. ขั้วลบ (Negative Polarity) เป็นจุดที่มีความต่างศักย์ต่ำ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงหรือขั้วลบของแบตเตอรี่ หมายถึงตำแหน่งอิเล็กโทรดที่อิเล็กตรอนไหลออกมาเมื่อมีการคายประจุ

9. ขั้วบวก (Positive Polarity) เป็นจุดที่มีความต่างศักย์สูงในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงหรือขั้วบวกของแบตเตอรี่ หมายถึงตำแหน่งอิเล็กโทรดที่อิเล็กตรอนหรือกระแสไหลเข้าหาเมื่อมีการประจุ

10. แรงดันขณะเปิดวงจร (Open Circuit Voltage) คือแรงดันที่แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะสมดุล ไม่มีการประจุ หรือไม่มีการคายประจุ แรงดันนี้จะขึ้นกับลักษณะการออกแบบแบตเตอรี่ ความถ่วงจำเพาะ และอุณหภูมิ

11. คุณสมบัติในสภาวะการประจุแบตเตอรี่ วิธีการประจุแบตเตอรี่แต่ละชนิด มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการที่กำหนดมาโดยบริษัทผู้ผลิตแบตเตอรี่ การประจุแบบต่างๆสามารถอธิบายได้ดังนี้

- Bulk or Normal Charge เป็นการประจุแบบปกติในช่วงเริ่มต้นของรอบการประจุ โดยสามารถทำการประจุได้ที่อัตราต่างๆกัน ที่ทำให้แรงดันของแบตเตอรี่ยังไม่ถึงแรงดันก๊าชซึ่ง การประจุแบบนี้ จะทำให้ความจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 80-90% ของความจุทั้งหมด
- Float or Finishing Charge เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่จนใกล้จะเต็มวัสดุทำปฏิกิริยาส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบเริ่มต้น หลังจากนั้นต้องมีการควบคุมอาจจะเป็นกระแสหรือแรงดันที่จะทำการประจุต่อไปเป็นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการประจุเกินเข้าแบตเตอรี่ การประจุแบบนี้มักทำที่อัตราการคายประจุต่ำถึงกลาง
- Equalizing Charge บางครั้งเรียก Refreshing Charge เป็นการประจุด้วยกระแสที่ที่แรงดันสูง เพื่อให้เซลล์แต่ละเซลล์ได้รับการประจุเท่าเทียมกัน ในขณะที่ทำการประจุแบบนี้ เซลล์ที่มีสภาวะการประจุเต็มแล้วจะเกิดก๊าชในขณะที่เซลล์ที่ยังไม่เต็มจะได้รับการประจุให้เต็มการประจุแบบนี้ทำเพื่อบำรุงรักษาระบบเป็นช่วงเวลาที่แน่นอนสำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้งานรายวันที่มีการคายประจุมาก ควรทำการประจุแบบ Equalizing Charge 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง

12. คุณสมบัติในสภาวะการคายประจุ

ก. ความลึกของการคายประจุ (Depth of Discharge : DOD) คือเปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานออกไป หรือคายประจุออกไป เปรียบเทียบกับความจุทั้งหมด มีปริมาณ DOD สองปริมาณที่ใช้อธิบายในระบบเซลล์แสงอาทิตย์คือ

- Allowable DOD หรือ Maximum DOD เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความจุที่มากที่สุดที่ยอมให้มีการใช้งานได้ ถ้ามีการใช้งานเกินค่านี้แล้ว แบตเตอรี่ลูกนั้นจะไม่สามารถนำกลับมาประจุใช้งานได้อีกโดยทั่วไปจะกำหนดโดยแรงดัน Cut off โดยพารามิเตอร์ที่สะท้อนค่า Maximum DOD คือค่าพิกัดแรงดันต่ำสุด (LVD) แต่อย่างไรก็ตามค่า Maximum DOD นี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแวดล้อม และลักษณะของการใช้การทางไฟฟ้า
- Average Daily DOD เป็นปริมาณพลังงานที่ยอมให้มีการจ่ายออกจากแบตเตอรี่ได้ภายใน 1 วันโดยกำหนดจากค่าเฉลี่ยรายวันของภาระทางไฟฟ้า ปริมาณนี้จะสัมพันธ์กับการออกแบบจำนวนวันที่ต้องการเก็บพลังงานไว้ใช้งาน

ข. Stage of Charge (SOC) สถานะของการคายประจุ เป็นค่าที่บอกความจุของแบตเตอรี่ในแต่ละเวลาที่ใช้งาน มีค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุของแบตเตอรี่ในขณะนั้นต่อความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม เช่นแบตเตอรี่มี 100% หมายความว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็มแบตเตอรี่มี SOC 50% หมายความว่ามีความจุเหลืออยู่ 50%

ความลึกของการคายประจุ และการอัดประจุ ค่าดีโอดี (DOD , Depth of Discharge) เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความจุซึ่งถูกใช้งานไปแล้วจากเดิมที่มีการอัดประจุเต็มพิกัด ในทางส่วนกลับของค่าดีโอดี ค่าเอสโอซี (SOC , State of Charge) เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความจุที่คงใช้งานได้ อาจพิจารณาคล้ายกับน้ำอยู่ระดับหนึ่งจะมีส่วนที่ว่างเปล่าหรือส่วนจะต้องเติมให้เต็ม ดังนั้นค่าดีโอดี และค่าเอสโอซีคือ ความสูงของส่วนที่ว่างเปล่าไม่มีน้ำในแก้วและความสูงของน้ำที่มีอยู่ในแก้วตามลำดับในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถานะประจุกับค่าความสามารถในการคายประจุ

สถานะประจุ (%SOC)	ความสามารถในการคายประจุ (%DOD)
100	0
45	25
50	50
25	75
0	100

อย่างไรก็ตาม ค่าดีโอดีหรือเอสโอซีจะใช้เพื่ออ้างอิงความจุปกติ (Nominal Capacity) ตัวอย่างเช่น ความจุที่อัตรา 10 ชั่วโมง การจ่ายกระแสต่ำจะให้ค่าดีโอดีมากกว่า 100% ซึ่งมีความหมายอย่างง่ายคือ แบตเตอรี่มีความจุในการใช้งานได้มากกว่า 100% เมื่ออัตราการคายประจุต่ำกว่าอัตราการคายประจุปกติ

13. การคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge Rate) เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่จนเต็ม และปล่อยให้ไวโดยไม่มีการต่อไปใช้งานจะมีการคายประจุในตัวเองอัตราการคายประจุตัวเองจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความจุทั้งหมดในช่วงเวลา 1 เดือนการคายประจุด้วยตัวเองนี้ขึ้นกับความยากง่ายในการเกิดก๊าซที่เฟลทเมื่อมีการประจุเกินและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น

14. อายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Lifetime) อายุการใช้งานแบตเตอรี่คือช่วงเวลาที่ความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็มลดลงจากความจุเต็มของแบตเตอรี่ใหม่ 80% โดยการลดลงนั้นเกิดขึ้นทั้งจากจำนวนรอบการใช้งานและอายุของเซลล์

ในบางรอบการใช้งาน วัสดุทำปฏิกิริยาจะหลุดออกจากอิเล็กโทรด และจมลงด้านล่างของภาชนะบรรจุ เมื่อวัสดุแยกออกจากอิเล็กโทรดวัสดุนั้นจะไม่สามารถคืนรูปเหมือนเดิมได้ส่งผลให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลงได้เช่นเดียวกัน จำนวนรอบของการใช้งานก่อนที่ความจุเต็มจะลดลงเหลือ 80% เรียกว่าอายุของเซลล์ (Cell Life) อายุของเซลล์นี้จะขึ้นกับลักษณะการคายประจุ ขนาดของกระแสที่คายประจุและอุณหภูมิ

ในการใช้งานบางงานเซลล์ไม่ได้มีการใช้งานเป็นรอบบ่อยๆ เช่นระบบไฟฟ้าฉุกเฉินแบตเตอรี่จะได้รับการประจุเต็มตลอดเวลา จนกระทั่งถึงเวลาฉุกเฉินจึงมีการคายประจุความจุเต็มของแบตเตอรี่ ชนิดนี้จะลดลงตามอายุการใช้งาน ในเซลล์บางชนิด แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้นานเท่าอายุปฏิทินของแบตเตอรี่ ก็ต่อเมื่อมีการใช้งานแบบที่มีการคายประจุน้อยเท่านั้น ดังนั้นจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าเท่ากับความสามารถของแบตเตอรี่ทั้งหมดได้ เวลาที่กล่าวถึงความจุแบตเตอรี่จึงมักกล่าวถึงความจุสองลักษณะคือ ความจุทั่วไป (Nominal Capacity) และความจุที่ใช้งานได้จริง (Usable Capacity)

15. ผลกระทบของอุณหภูมิ (Temperature Effects) สำหรับแบตเตอรี่ที่เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีทั่วไปแล้วมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เช่นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 °C จากอุณหภูมิห้อง หรือ เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ซึ่งเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงเป็นสองเท่าเช่นกัน และนอกจากนั้นอุณหภูมิสูงยังมีผลในการเร่งการสึกหรอของเพลทบวกเนื่องจากผลของการเกิดก๊าซซึ่ง และการสูญเสียน้ำ ส่วนอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อายุการใช้งานนานขึ้นแต่อย่างไรก็ตามทำให้ความจุลดลงในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด

16. ผลกระทบของอัตราการคายประจุ (Effects of Discharge Rate) ความจุเต็มของแบตเตอรี่จะลดลง เมื่อมีการใช้งานแบตเตอรี่ที่อัตราการคายประจุสูงขึ้น อัตราการคายประจุสูงนี้ มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด จะมีค่าต่ำกว่าการใช้อัตราการคายประจุต่ำกว่า บางครั้งอาจส่งผลถึงการเลือกจุดแรงดันต่ำสุดที่จะตัดภาระทางไฟฟ้าออกในแรงดันแบตเตอรี่ค่าเดียวกัน

17. การเกิดแก๊สซึ่ง และปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการประจุเกิน เซลล์ของแบตเตอรี่เมื่อได้รับการประจุเต็มวัสดุทำปฏิกิริยาในอิเล็กโทรด เปลี่ยนรูปจากสภาวะการประจุเต็มทั้งหมด ถ้ายังทำการประจุต่อไปจะเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นแทนที่อิเล็กโทรด ปฏิกิริยาหนึ่งที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาแยกน้ำทำให้เกิดก๊าซ เรียกการเกิดก๊าซซึ่งเนื่องจากมีฟองอากาศเกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโทรด โดยฟองออกซิเจนจะเกิดที่ผิวเพลททั้งบวกและไฮโดรเจนเกิดที่ผิวเพลทขั้วลบ

การเกิดแก๊สซึ่งแบบช้าๆ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ แต่การเคลื่อนที่ของฟองก๊าซแบบช้าๆ กลับทำให้เกิดประโยชน์เนื่องจากฟองก๊าซจะทำให้เกิดการผสมกันของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ไม่ให้เกิดการแยกชั้นความเข้มข้น (Stratification) ถ้ายังมีการเกิดแก๊สอย่างต่อเนื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นและระดับของสารละลายจะลดลง ดังนั้นต้องเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายลดลงต่ำกว่าตำแหน่งต่ำสุด ยังมีปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่เกิดช่วงสภาวะการประจุเกินคือการแยกตัวของโครงสร้างอิเล็กโทรด ปฏิกิริยานี้จะรุนแรงมากกว่าการเกิดก๊าซ เพราะวัสดุที่แยกตัวไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

ดังนั้นในการประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด จึงมีความต้องการระบบควบคุมการประจุเพื่อป้องกันการเสียหายที่เกิดขึ้น

18. แรงดันควบคุมในช่วงการประจุเกินและการเกิดแก๊สซึ่ง แรงดันควบคุมในช่วงประจุเกิน คือแรงดันสูงสุดที่อุปกรณ์ควบคุม ขอมให้มีกรประจุแบตเตอรี่จนเกิดแก๊สได้ถ้าแรงดันแบตเตอรี่เกินจุดนี้ อุปกรณ์ควบคุม จะทำการตัดแหล่งจ่ายที่ใช้ในการประจุออกไปเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดก๊าซมากขึ้น ดังนั้นการเลือกแรงดันควบคุมสูงสุดนี้ ก็จะต้องมีความสำคัญต่อระบบโดยรวมถ้าเลือกแรงดันควบคุมต่ำเกินไป อาจทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุไม่เต็ม

บทที่ 3

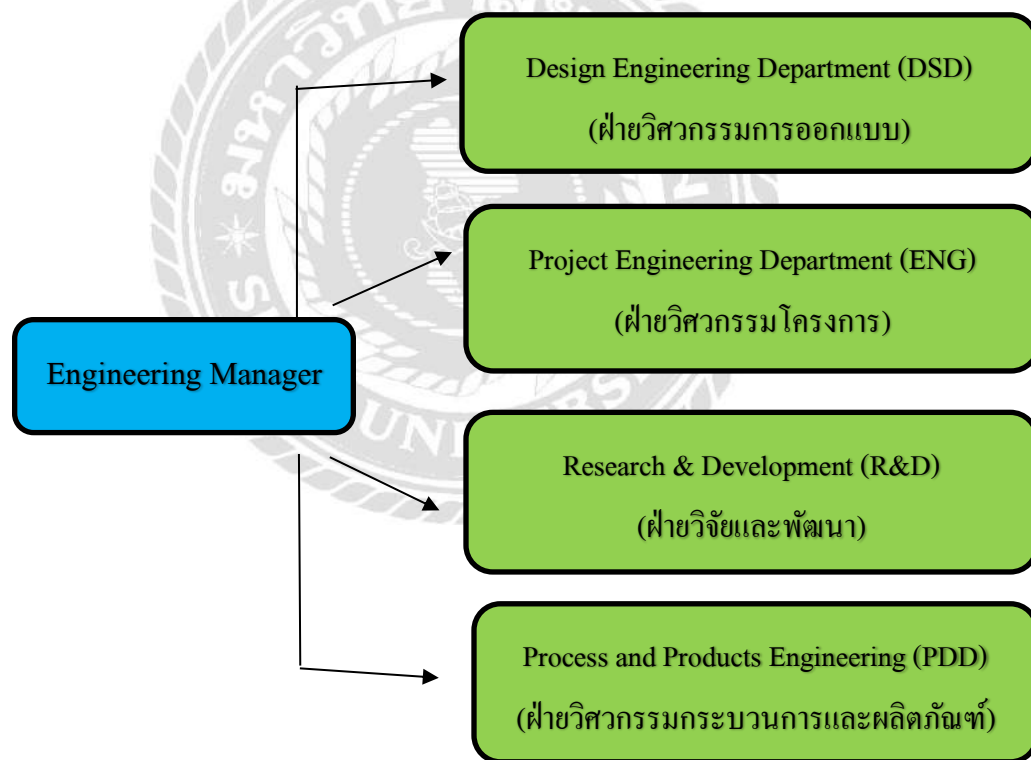
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท ไทยสโตร์จ แบทเตอรี จำกัด (มหาชน) เลขที่ 387 หมู่ที่ 4 ซอยพัฒนา 3
นิคมอุตสาหกรรมบางปู ถนนสุขุมวิท ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280

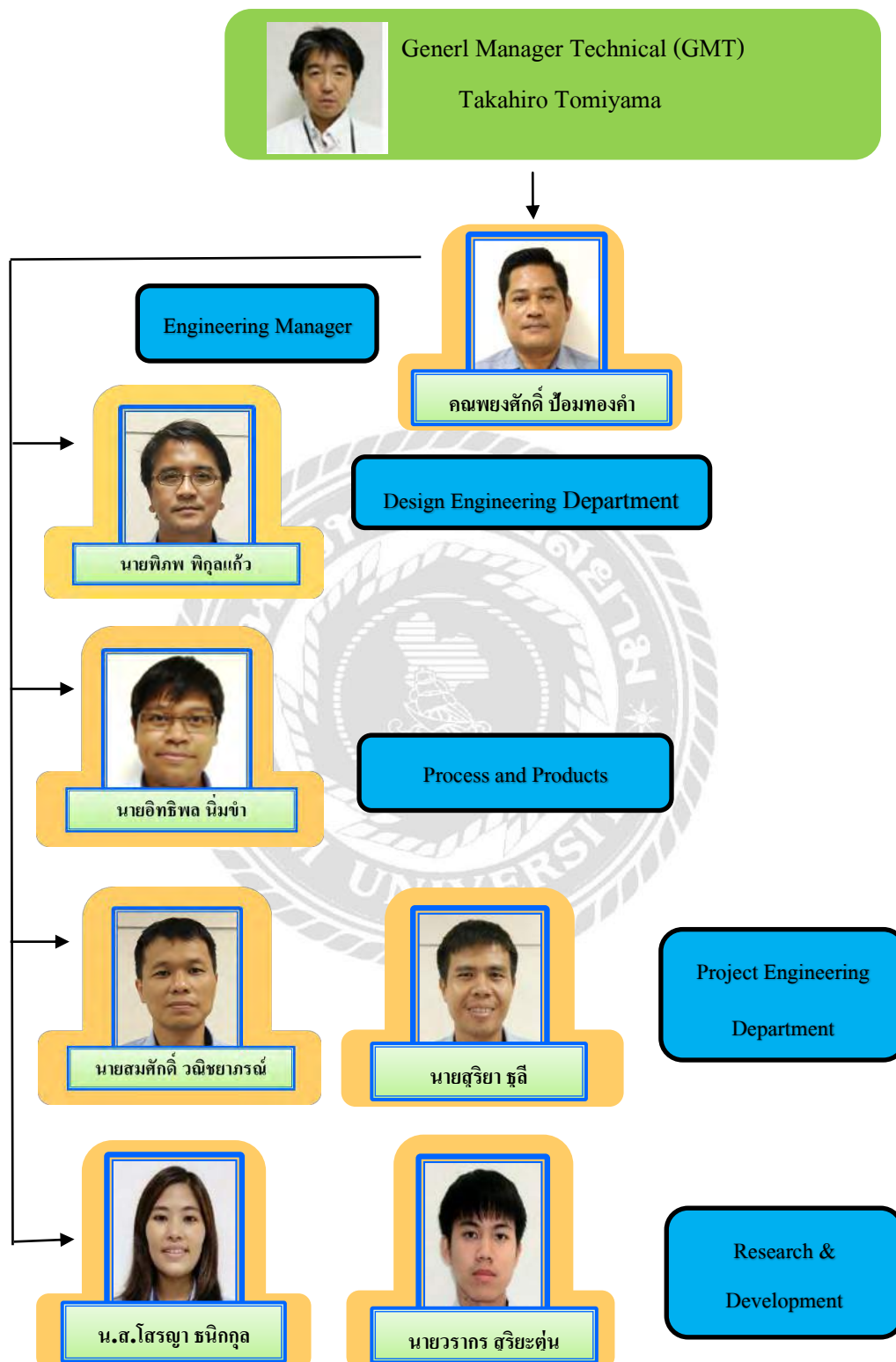
3.2 ลักษณะการประกอบการผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร

รับผิดชอบในการปฏิบัติการควบคุมต่างๆ ดูแลการทำงาน วางแผนและการบริหารจัดการและให้คำปรึกษาแนะนำทางด้านวิศวกรรมดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังด้านวิศวกรรมในบริษัท

3.3 รูปแบบการจัดการองค์การและการบริหารงาน



รูปที่ 3.2 โครงสร้างบริหารงานบริษัท

3.4 บทบาทและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

ผู้ปฏิบัติงาน นางสาวเยาวลักษณ์ ลิทธิ์ขุนทด

1. ศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่
2. ศึกษากระบวนการทดสอบแบตเตอรี่
3. ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่
4. ประเมินประสิทธิภาพแบตเตอรี่

3.5 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา

คุณวรากร สุริยะตุ่น พนักงานที่ปรึกษา ตำแหน่ง Research & Development (R&D)

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระยะเวลาที่ได้ปฏิบัติงานที่บริษัท ไทยสโตนโรจ แบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) เริ่มเข้ามาฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษาตั้งแต่วันที่ 14 เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561 ถึงวันที่ 31 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยระยะเวลาในการทำงานใน 1 วันจะทำงานทั้งหมด 9 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งทำงานตามตารางที่บริษัทจัดให้เป็นการทำงานตั้งแต่ เวลา 08.00 น. – 17.00 น. ซึ่งมีเวลาพัก 1 ชั่วโมงคือช่วง 12.00 -13.00 น. วันหยุด หยุดทุกวันอาทิตย์

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พฤษภาคม 2561	มิถุนายน 2561	กรกฎาคม 2561	สิงหาคม 2561
1. รวบรวมข้อมูล	↔			
2. วิเคราะห์ข้อมูล	↔			
3. ศึกษาข้อมูล	↔			
4. ทดสอบและเก็บผลการทดสอบ			↔	
5. ประเมินผลการทดสอบ			↔	
6. จัดทำเอกสารโครงการ				↔

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.8.1 แบตเตอรี่สำรองไฟชนิด EB 100 LL	2 ลูก
3.8.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบตเตอรี่	1 เครื่อง
3.8.3 เครื่องทดสอบแบตเตอรี่	1 เครื่อง
3.8.4 เครื่องชาร์จ UBT-50	1 เครื่อง
3.8.5 เครื่องวัดความต้านทาน	1 เครื่อง
3.8.6 โวลต์มิเตอร์	1 เครื่อง
3.8.7 ไฮโดรมิเตอร์	1 อัน
3.8.8 เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
3.8.9 น้ำกรดค่าถ่วงจำเพาะ 1.280	
3.8.10 น้ำกลั่น	

3.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนการเตรียมน้ำกรดสำหรับใช้เติมแบตเตอรี่ทดสอบ (Electrolyte)

1. น้ำกรดที่ใช้ในมาตรฐานนี้ ต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.280 ± 0.005 ที่ 20°C
2. เตรียมน้ำกรดตามปริมาณที่ต้องการ ถ้าน้ำกรดมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าที่ต้องการให้เติมน้ำกรด 1.400 ที่ 20°C เพิ่มเข้าไป หรือถ้ามีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าที่ต้องการให้เติมน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน จนได้ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.280 ± 0.005 ที่ 20°C แล้วนำมาเติมลงในแบตเตอรี่
3. หลังจากเติมน้ำกรดเรียบร้อยแล้ว ต้องปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แบตเตอรี่มีอุณหภูมิต่ำลงน้อยกว่า 40°C



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมน้ำกรดที่ใช้ในการเติมแบตเตอรี่ทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ทดสอบ (Full charge)

1. นำแบตเตอรี่ที่ต้องการชาร์จไฟ โดยต่อขั้วบวกแบตเตอรี่เข้ากับขั้วบวกของเครื่อง UBT-50 และขั้วลบแบตเตอรี่ ต่อเข้ากับขั้วลบของเครื่อง UBT-50 โดยจะต้องสวมขั้วให้แน่น และใส่ตัววัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ลงในแบตเตอรี่ช่องที่ 2 เพื่อให้คอมพิวเตอร์บันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปขณะทำการชาร์จ
2. ตั้งโปรแกรมชาร์จแบตเตอรี่ โดยกำหนดกระแสที่ใช้ชาร์จ ให้มีค่าเท่ากับ 10% ของความจุแบตเตอรี่ที่ต้องการชาร์จและทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง
3. ขณะที่ทำการชาร์จจะต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำกรดในแบตเตอรี่ให้อยู่ในอุณหภูมิ 40°C
4. ทำการชาร์จไปจนกว่าความถ่วงจำเพาะและค่าโวลต์ จะคงที่ติดต่อกัน 3 ครั้ง แสดงว่าแบตเตอรี่อยู่ในสภาวะ Full Charge จึงตัดไฟ
5. วัดค่าความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิของน้ำกรดทุกช่องเซลล์



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนการทดสอบความจุที่เวลา 5 ชั่วโมง (Capacity 5 Hour)

1. นำแบตเตอรี่ที่ชาร์จไฟเต็มแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนอุณหภูมิในน้ำกรดในแบตเตอรี่เท่ากับ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ แล้วทำการต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่อง UBT-50 โดยดูขั้วที่ปลายสายให้ถูกต้องตรงกัน
2. ทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ทุกช่องเซลล์
3. ตั้งโปรแกรมจ่ายกระแสไฟ โดยหาค่าได้จาก $100\text{Ah}/5\text{h}$ (ความจุของแบตเตอรี่หารด้วย 5 ชั่วโมง) เมื่อได้กระแสที่ใช้จ่ายกระแสแล้วให้ตั้งค่าโวลต์สุดท้ายเท่ากับ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ และกระแสไฟไม่เกิน 20 แอมแปร์ แล้วทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที เครื่องจะทำการจ่ายกระแสไฟจนโวลต์ของแบตเตอรี่ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ ตามที่ตั้งโปรแกรมไว้แล้ว เครื่องจะหยุดทำงาน และให้ทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ทุกช่องเซลล์
4. โดยการทดสอบแบตเตอรี่จะทดสอบจนกว่าค่าความจุ (%Capacity) มากกว่า 100% ของความจุที่กำหนดได้ 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทดสอบความจุ 5 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนการทดสอบการคายประจุไฟเอง (Self-Discharge)

1. นำแบตเตอรี่ที่ผ่านการประจุไฟตามขั้นตอนการทดสอบ Full charge และขั้นตอนการทดสอบความจุที่เวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก มาปิดจุกให้แน่น และทำความสะอาดทำให้แห้ง
2. นำแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก มาตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วัน
3. ทำการบันทึกค่าโวลต์ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทดสอบการคายประจุไฟเอง



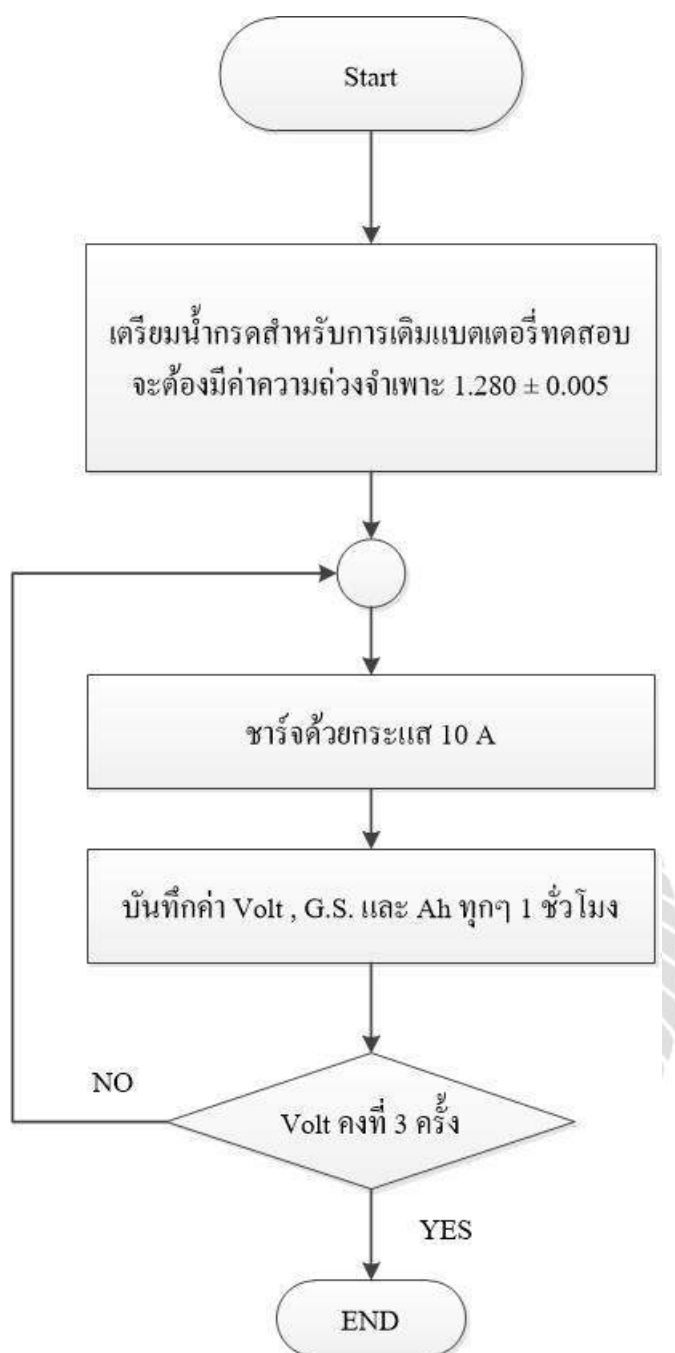
บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

หลังจากได้ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ในกระบวนการทดสอบสำหรับประเมินประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับบริษัท และพนักงานซึ่งเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแบตเตอรี่ชนิด EB 100 LL ในกระบวนการทดสอบโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดสอบสมรรถนะในการใช้งานทันทีหลังการชาร์จ

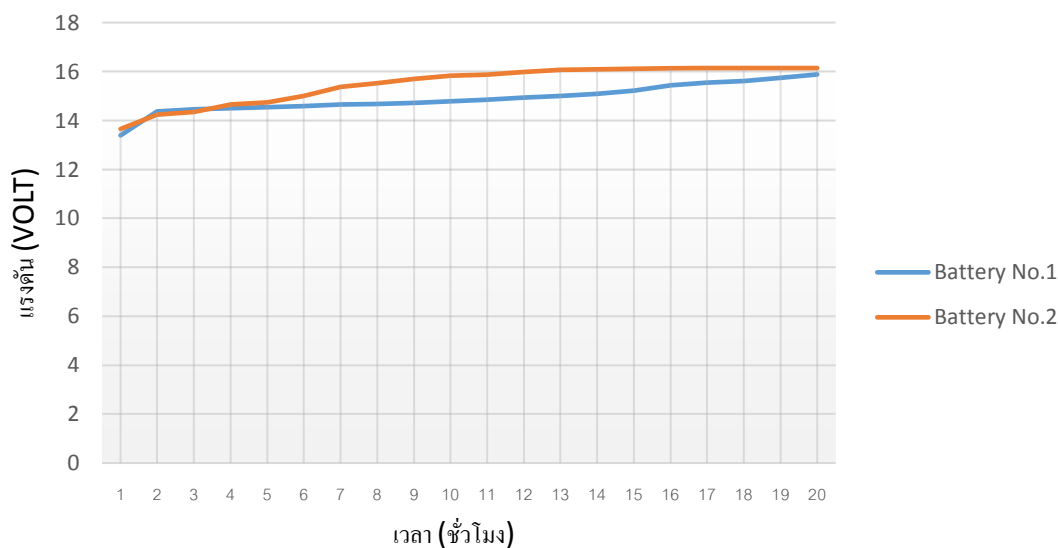
4.1.1 การชาร์จแบตเตอรี่ก่อนนำมาทดสอบ ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการเตรียมน้ำกรดที่ใช้มาตรฐานนี้ ต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.280 ± 0.005 ที่ 20°C ถ้าน้ำกรดมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าที่ต้องการให้เติมน้ำกรด 1.400 ที่ 20°C เพิ่มเข้าไป หรือถ้ามีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าที่ต้องการให้เติมน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน จนได้ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.280 ± 0.005 ที่ 20°C แล้วนำมาเติมลงในแบตเตอรี่หลังจากเติมน้ำกรดเรียบร้อยแล้ว ต้องปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แบตเตอรี่มีอุณหภูมิต่ำลงน้อยกว่า 40°C จากนั้นนำแบตเตอรี่นำแบตเตอรี่ที่ต้องการชาร์จไฟ โดยต่อขั้วบวกแบตเตอรี่เข้ากับขั้วบวกของเครื่อง UBT-50 และขั้วลบแบตเตอรี่ ต่อเข้ากับขั้วลบของเครื่อง UBT-50 โดยจะต้องสวมขั้วให้แน่น และใส่ตัววัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ลงในแบตเตอรี่ช่องที่ 2 เพื่อให้คอมพิวเตอร์บันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปขณะทำการชาร์จ แล้วตั้งโปรแกรมชาร์จแบตเตอรี่ โดยกำหนดกระแสที่ใช้ชาร์จ ให้มีค่าเท่ากับ 10% ของความจุแบตเตอรี่ที่ต้องการชาร์จและทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง ขณะที่ทำการชาร์จจะต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำกรดในแบตเตอรี่ให้อยู่ในอุณหภูมิที่ 40°C ทำการชาร์จไปจนกว่าความถ่วงจำเพาะและค่าโวลต์ จะคงที่ติดต่อกัน 3 ครั้ง แสดงว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะ Full Charge จึงตัดไฟ สามารถแสดงกระบวนการชาร์จด้วยโฟลว์ชาร์ต ดังรูปที่ 4.1



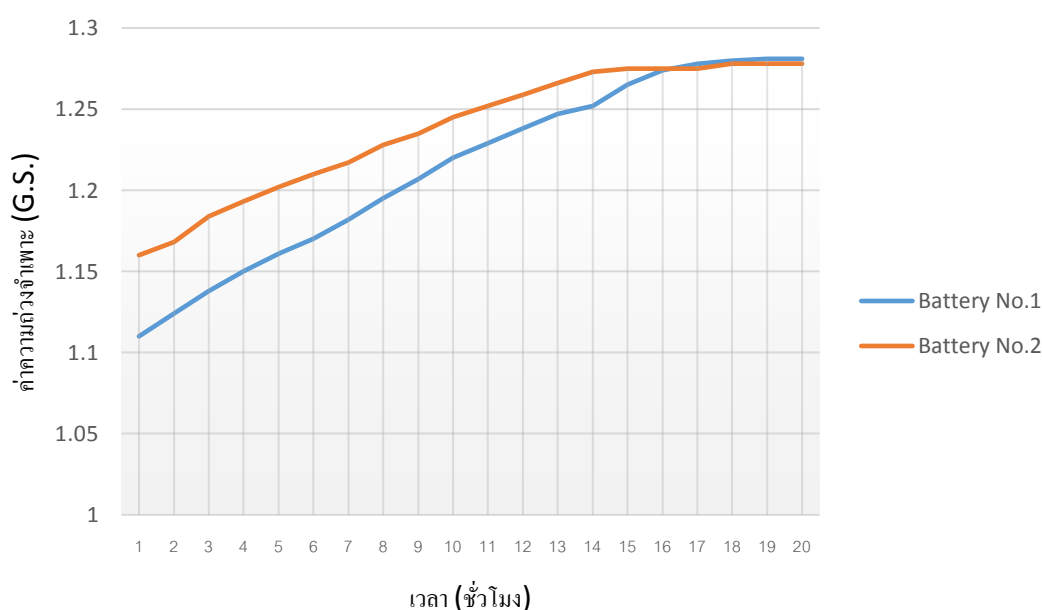
รูปที่ 4.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการชาร์จ

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าแรงดัน (Volt) , ค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเริ่มต้นของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) อยู่ที่ 13.39 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) อยู่ที่ 13.65 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 20 ชั่วโมง ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะคงที่ ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) คงที่ 15.88 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) คงที่ 16.14 โวลต์ และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ซึ่งพบได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเริ่มต้นในการชาร์จ แบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) 1.160 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) 1.092

ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 20 ชั่วโมง ค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะคงที่ ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) คงที่ 1.282 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) คงที่ 1.278 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าแรงดันเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดก็เพิ่มขึ้นตาม สามารถแสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



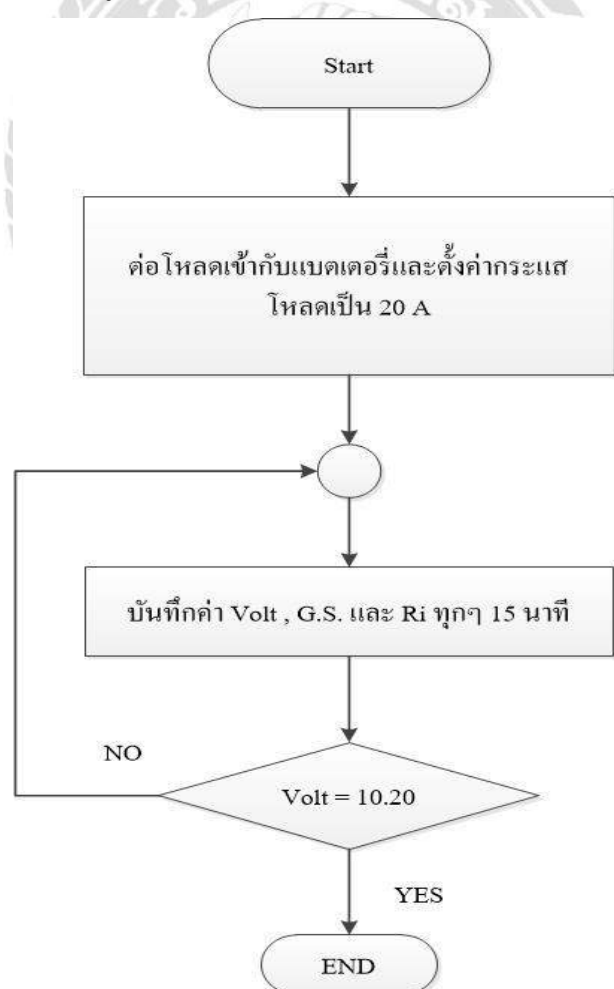
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันของแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จเป็นเวลา 20 ชั่วโมง



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะน้ำกรดของแบตเตอรี่ขณะทำการชาร์จเป็นเวลา 20 ชั่วโมง

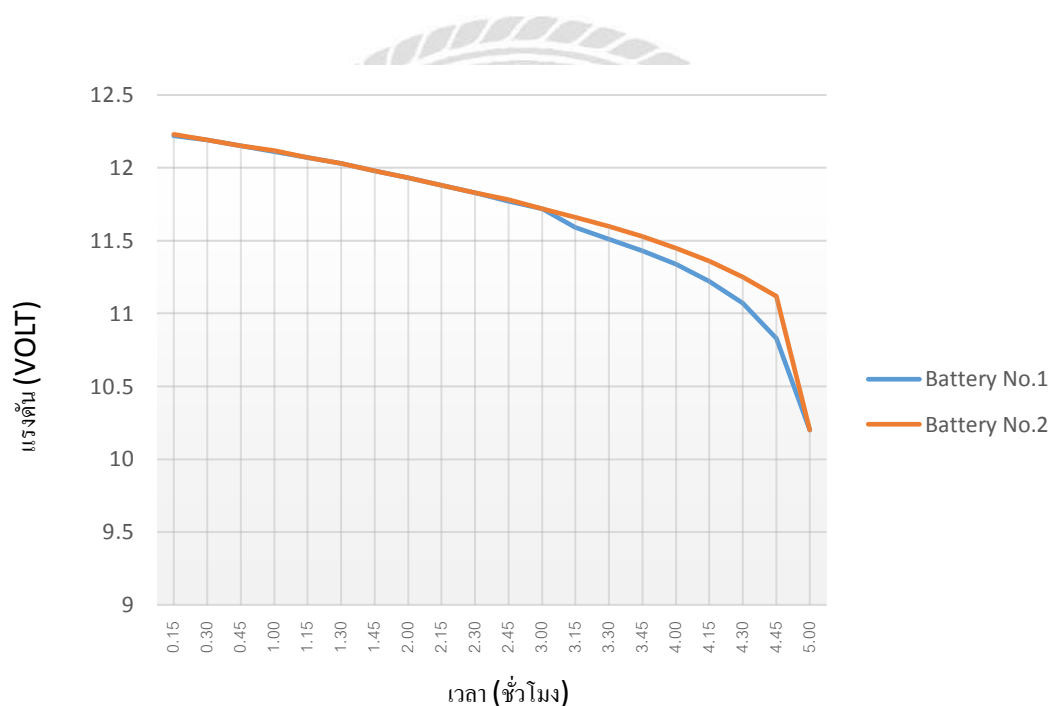
4.1.2 การทดสอบการจ่ายโหลดด้วยกระแส 20 A เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ในการขั้นตอนการทดสอบการจ่ายโหลดนำแบตเตอรี่ที่ชาร์จไฟเต็มแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนอุณหภูมิในน้ำกรดในแบตเตอรี่เท่ากับ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ แล้วทำการต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่อง UBT-50 ซึ่งเป็นโหลดที่ควบคุมกระแสให้คงที่ได้ โดยตรวจสอบขั้วที่ปลายสายให้ถูกต้องตรงกัน จากนั้นทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ทุกช่องเซลล์ ตั้งโปรแกรมจ่ายกระแสไฟของ UBT-50 โดยคำนวณหาค่ากระแสที่โปรแกรมค่ากระแส 100Ah/5hr (ความจุของแบตเตอรี่หารด้วย 5 ชั่วโมง) เท่ากับ 20 A เมื่อได้กระแสที่ใช้จ่ายกระแสแล้วให้ตั้งค่าโวลต์สุดท้ายเท่ากับ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของการทดสอบและกระแสไฟไม่เกิน 20 แอมแปร์ แล้วทำการบันทึก แรงดัน และค่าความถ่วงจำเพาะทุกๆ 15 นาที จนกระทั่งโวลต์ของแบตเตอรี่เท่ากับ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ ตามที่ตั้งโปรแกรมไว้แล้วเครื่องจะหยุดทำงาน สามารถแสดงกระบวนการภายในด้วยโฟลว์ชาร์ต ดังรูปที่ 4.4

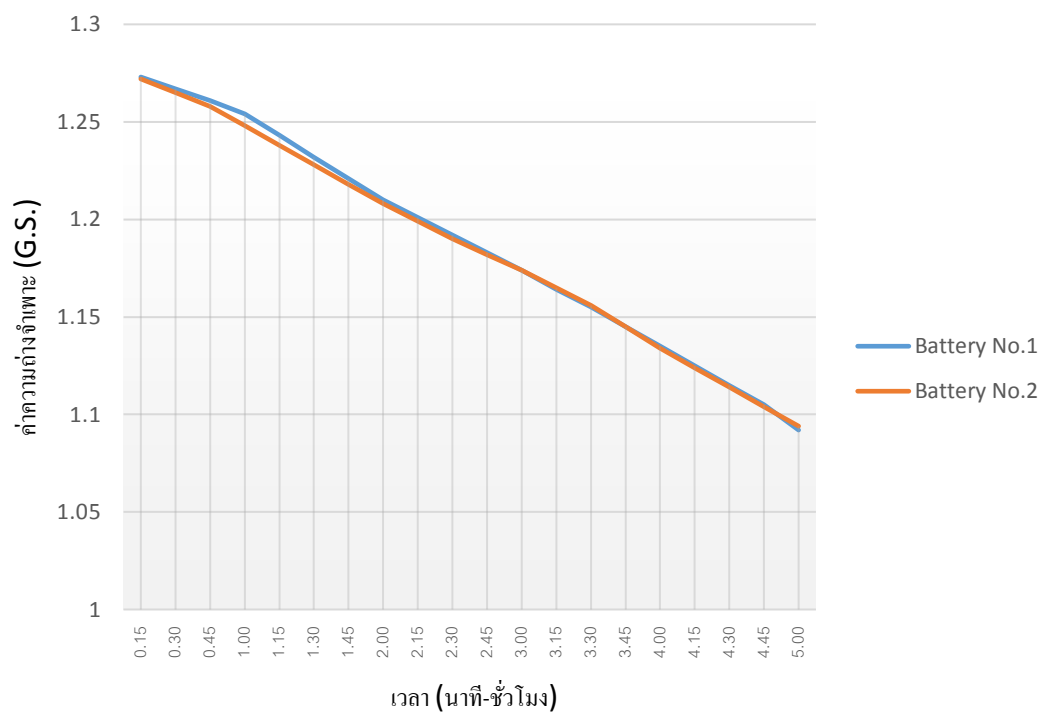


รูปที่ 4.4 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทดสอบการจ่ายโหลด 100 Ah

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าแรงดัน (Volt) , ค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ในขณะที่ทดสอบการจ่ายโหลดด้วยกระแส 20 A เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเริ่มต้นของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) อยู่ที่ 12.22 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) อยู่ที่ 12.23 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะลดลง ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) จะลดลงเหลือ 10.20 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) จะลดลงเหลือ 10.20 โวลต์ และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ซึ่งพบได้ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเริ่มต้นในขณะที่ทดสอบการจ่ายโหลด ลูกที่ 1 (Battery No.1) 1.273 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) 1.272 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชั่วโมง ค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) จะลดลงที่ 1.092 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) จะลดลงที่ 1.094 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะสังเกตได้ว่าค่าแรงดันลดลงค่าความถ่วงจำเพาะก็ลดลงตาม สามารถแสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่

ทั้ง 2 ลูก

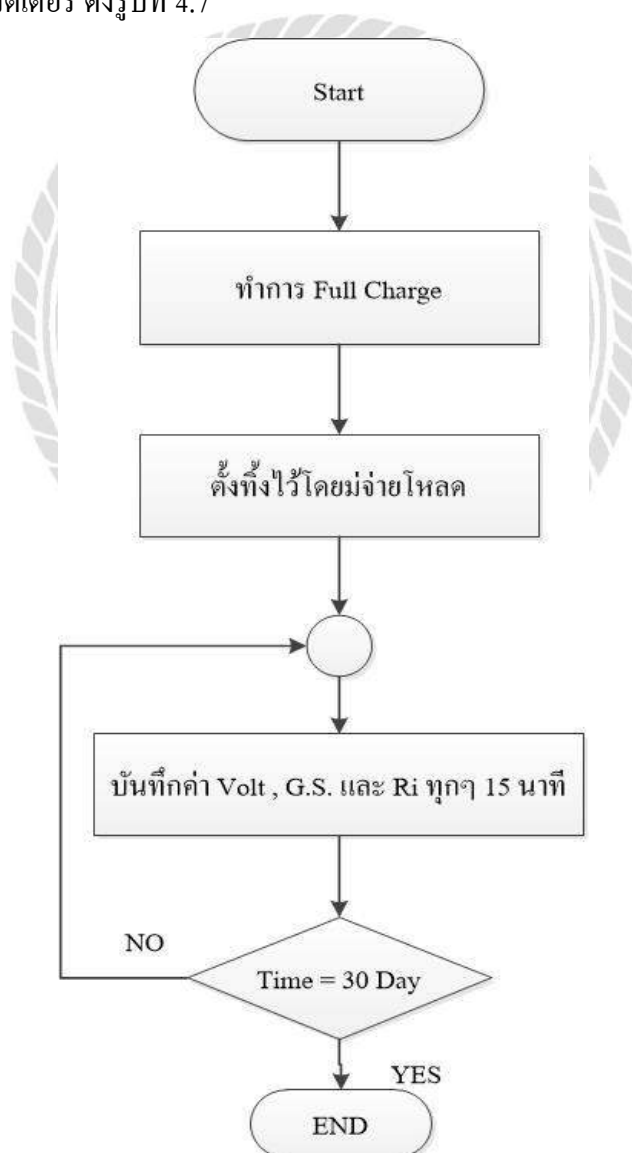


4.2 การทดสอบสมรรถนะการใช้งานหลังจากชาร์จไว้ 30 วัน

ก่อนการทดสอบทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มโดยมีขั้นตอนในการชาร์จให้เต็มดังโพล์ชาร์ตรูปที่ 4.1 แล้วทำการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge) โดยการตั้งทิ้งไว้ไม่จ่ายโหลดโดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

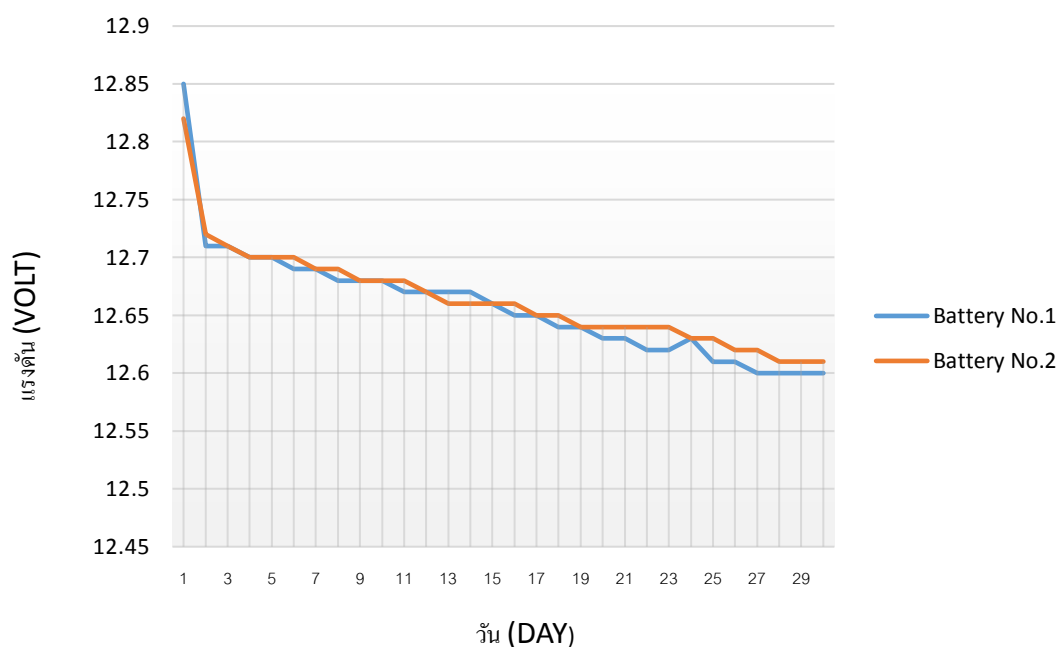
4.2.1 การทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง

ในขั้นตอนการทดสอบนำแบตเตอรี่ที่ผ่านการประจุไฟตามขั้นตอนการทดสอบ Full charge และขั้นตอนการทดสอบความจุที่เวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก มาปิดจุกให้แน่น และทำความสะอาดทำให้แห้งนำแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก มาตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วันทำการบันทึกค่าโวลต์ ค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่ทุกๆ 1 วัน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4.7



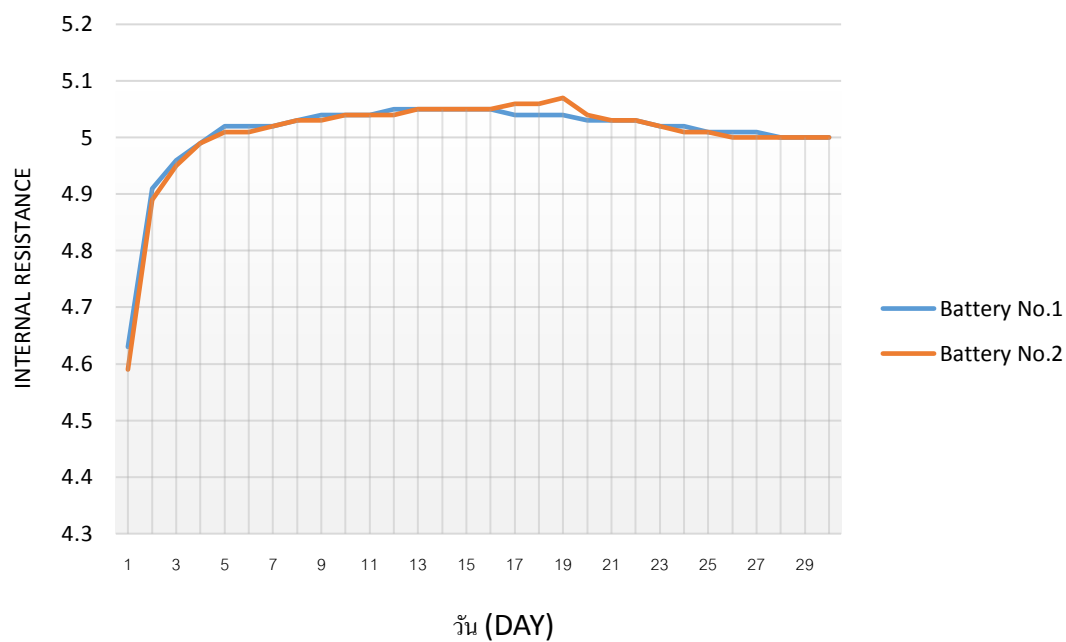
รูปที่ 4.7 โพล์ชาร์ตแสดงการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง 30 วัน

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าแรงดัน (Volt) , ค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) และค่าความต้านทานภายใน (Ri) ในขณะที่ทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองมีการบันทึกค่าทุกวันเป็นเวลา 30 วันซึ่งพบว่าค่าแรงดันลูกที่ 1 (Battery No.1) อยู่ที่ 12.85 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) อยู่ที่ 12.82 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) จะลดลงเหลือ 12.60 โวลต์ ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) จะลดลงเหลือ 12.61 โวลต์ ความต้านทานภายในแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะเพิ่มขึ้นตามค่าแรงดัน ค่าความต้านทานภายในที่บันทึกได้ในวันที่ 1 แบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) ได้ 4.63 แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) ได้ 4.59 และเมื่อตั้งแบตเตอรี่ไว้เป็นเวลา 30 วัน ค่าความต้านทานภายในจะเพิ่มขึ้น แบตเตอรี่ลูกที่ 1 บันทึกค่าได้ 5.00 แบตเตอรี่ลูกที่ 2 บันทึกค่าได้ 5.00 แต่ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงตามค่าแรงดัน ค่าความถ่วงจำเพาะที่บันทึกได้ในวันแรก แบตเตอรี่ลูกที่ 1 ที่บันทึกได้ 1.278 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 ที่บันทึกได้ 1.275 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน ค่าความถ่วงจำเพาะลดลงสามารถแสดงดังรูปที่ 4.8 , 4.9 และ 4.10

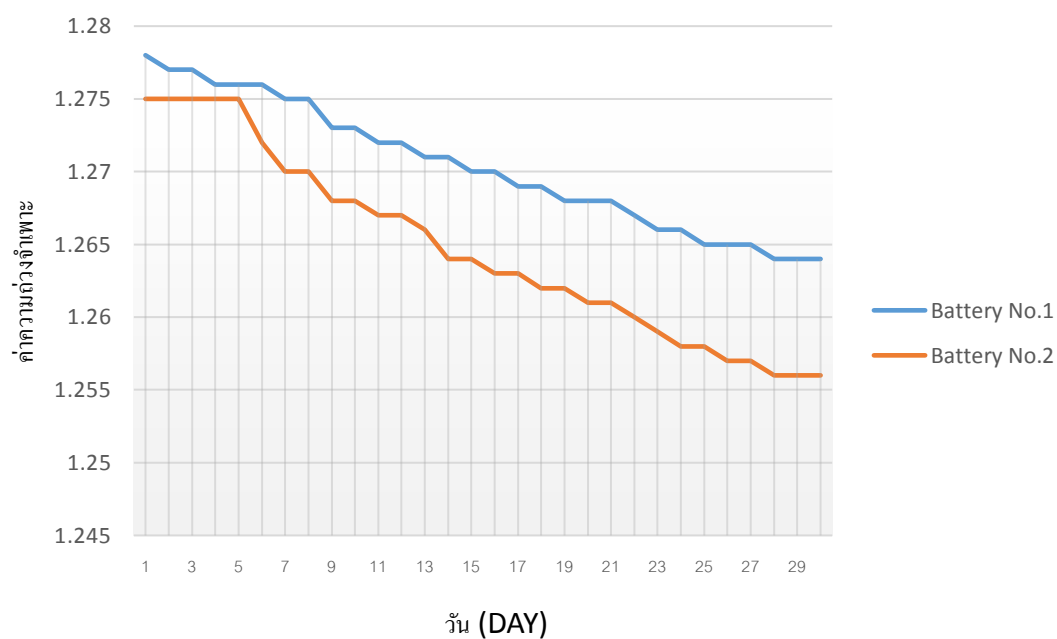


รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของแบตเตอรี่

ทั้ง 2 ลูก



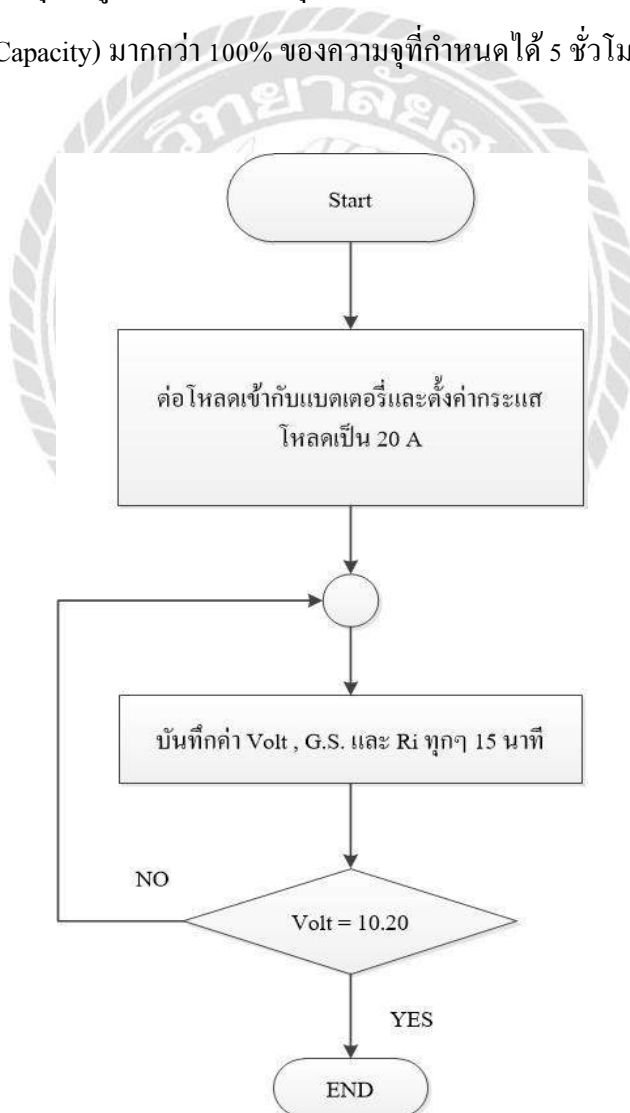
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ขณะทำการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเองของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก

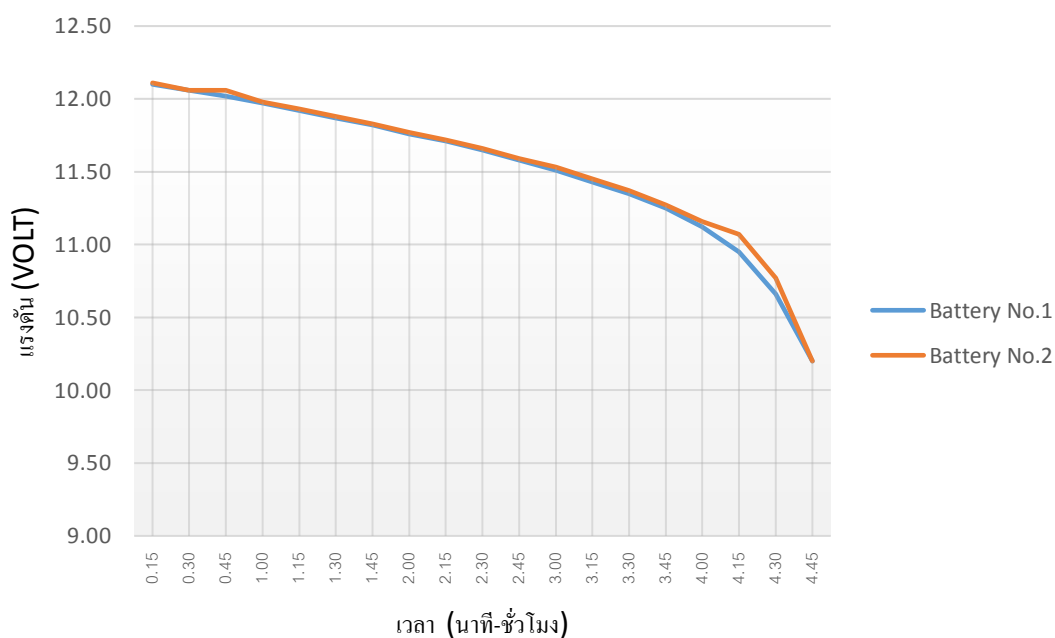
4.2.2 การทดสอบการจ่ายโหลดด้วยกระแส 20 A.

ในการขั้นตอนการทดสอบการจ่ายโหลดนำแบตเตอรี่ที่ชาร์จไฟเต็มแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ จนอุณหภูมิในน้ำกรดในแบตเตอรี่เท่ากับ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ แล้วทำการต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่อง UBT-50 โดยดูขั้วที่ปลายสายให้ถูกต้องตรงกันทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิของแบตเตอรี่ทุกช่องเซลล์ ตั้งโปรแกรมจ่ายกระแสไฟ โดยหาค่าได้จาก $100\text{Ah}/5\text{h}$ (ความจุของแบตเตอรี่หารด้วย 5 ชั่วโมง) เมื่อได้กระแสที่ใช้จ่ายกระแสแล้วให้ตั้งค่าโวลต์สุดท้ายเท่ากับ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ และกระแสไฟไม่เกิน 20 แอมแปร์ แล้วทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 15 นาที เครื่องจะทำการจ่ายกระแสไฟจนโวลต์ของแบตเตอรี่ 10.2 โวลต์/แบตเตอรี่ หรือ 1.7 โวลต์/เซลล์ ตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ แล้วเครื่องจะหยุดทำงาน และให้ทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะ อุณหภูมิของแบตเตอรี่ทุกช่องเซลล์ โดยผลการทดสอบแบตเตอรี่จะทดสอบจนกว่าค่าความจุ (%Capacity) มากกว่า 100% ของความจุที่กำหนดได้ 5 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.11

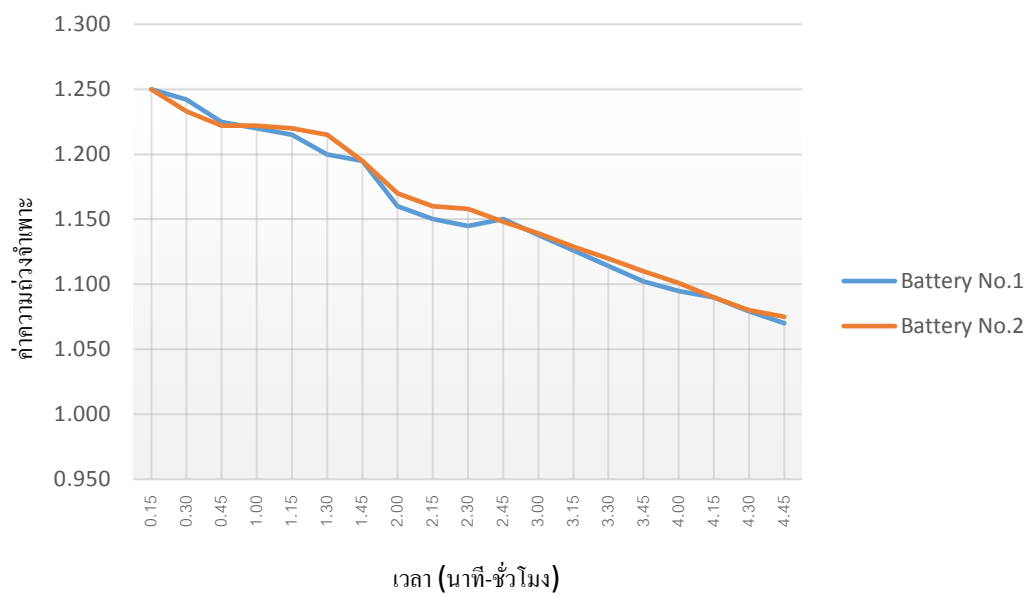


รูปที่ 4.11 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทดสอบการจ่ายโหลด 100 Ah

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าแรงดัน (Volt) , ค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ในขณะที่ทดสอบการจ่ายโหลดด้วยกระแส 20 A. หลังจากผ่านกระบวนการทดสอบการคายประจุด้วยตัวเอง ซึ่งพบว่าค่าแรงดันเริ่มต้นของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) อยู่ที่ 12.10 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) อยู่ที่ 12.11 โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไป 4.45 ชั่วโมง ค่าแรงดันของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะลดลง ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) จะลดลงเหลือ 10.20 โวลต์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) จะลดลงเหลือ 10.20 โวลต์ และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ (G.S.) ซึ่งพบได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเริ่มต้นในขณะที่ทดสอบการจ่ายโหลด ลูกที่ 1 (Battery No.1) 1.250 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) 1.250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 4.45 ชั่วโมง ค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกนั้นจะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (Battery No.1) จะลดลงที่ 1.070 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบตเตอรี่ลูกที่ 2 (Battery No.2) จะลดลงที่ 1.075 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะสังเกตได้ว่าค่าแรงดันลดลงค่าความถ่วงจำเพาะก็ลดลงตาม สามารถแสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะหลังจากการคายประจุด้วยตัวเอง



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะหลังจากการคายประจุด้วยตัวเอง



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลของโครงการ

การปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษาตั้งแต่วันที่ 14 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 31 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 กับบริษัท บริษัท ไทยสโตร์เจ แบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) โดยงานที่ผู้จัดทำได้รับมอบหมายให้ไปปฏิบัติคือการทดสอบแบตเตอรี่ ชนิด EB 100 LL สำหรับประเมินประสิทธิภาพแบตเตอรี่เชิงไฟฟ้าที่ผ่านการตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยผู้จัดทำได้รับมอบหมายให้ไปปฏิบัติคือการ ทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ผ่านการคายประจุด้วยตนเองสามารถสรุปผลได้จากผลของการทดสอบของแบตเตอรี่รุ่น EB 100 LL จำนวนทั้ง 2 ลูก (Battery No.1 , Battery No.2) ซึ่งจากการทดสอบความจุของแบตเตอรี่ชนิด EB 100 LL (Amp Hour Capacity) ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน เป็นไปตามมาตรฐาน IEC Standard และสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- 1.แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบทั้ง 2 ลูก ตอนชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มได้โดยใช้เวลา 20 ชั่วโมง โดยค่าความถ่วงจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Volt
- 2.เมื่อการทดสอบการจ่ายกระแสที่ 20A พบว่าแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบจ่ายได้ถึง 5 ชั่วโมง แสดงว่าแบตเตอรี่สามารถจ่ายเต็มพิกัด 100 Ah
- 3.เมื่อชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มตั้งทิ้งไว้ 30 วัน จะทำให้ค่า Volt ตกลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการคายประจุด้วยตัวเอง จากความต้านทานภายในแบตเตอรี่
- 4.เมื่อนำแบตเตอรี่ที่ผ่านการตั้งทิ้งไว้ 30 วันไปทดสอบการจ่ายกระแสที่ 20A ปรากฏว่าสามารถจ่ายกระแส 20A ได้ 4 ชั่วโมง 45 นาที
- 5.ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงและพัฒนาของบริษัทต่อไป

สิ่งที่ผู้จัดทำได้รับจากการปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ได้รู้ความรู้ทางด้านแบตเตอรี่มากมาย ทั้งในด้านการประกอบแบตเตอรี่ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไปจนถึงการประกอบเป็นแบตเตอรี่ ประเภทของแบตเตอรี่ และส่วนประกอบของแบตเตอรี่ การเตรียมกรตที่ค่าความถ่วงจำเพาะต่างๆ ได้ใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ไม่เคยรู้จัก ได้รับประสบการณ์การทำงานร่วมกับผู้อื่น ฝึกฝนความมีระเบียบวินัยในตนเอง ทั้งในด้านความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา ขยันและอดทน ได้เห็นการทำงานและการบริหารงานจริงในองค์กร มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงาน รวมไปถึงการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในหน้าที่ได้รับมอบหมาย

สิ่งต่างๆเหล่านี้ที่ผู้จัดทำได้รับ ผู้จัดทำจะเก็บไว้เป็นประสบการณ์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันและในการทำงานจริง อีกทั้งจะนำความรู้ที่ได้รับมา เพื่อเผยแพร่ให้รุ่นได้รับต่อไป

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.1 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษารั้งนี้ ผู้จัดทำยังได้พบปัญหาขณะที่ปฏิบัติงาน โดยมี รายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์หรือเครื่องมือสามารถใช้งานได้โดยไม่เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีจำนวนจำกัด ซึ่งทำให้การเก็บผลได้ค่อนข้างล่าช้า
2. ปัญหาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องพึ่งแรง อย่างมากซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ต้องดูแลด้วยสายตา อุปกรณ์วัดค่าความถ่วงจำเพาะควรเป็นแบบ Digital เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานและความรวดเร็วต่อการใช้งาน

5.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษารั้งนี้ ผู้จัดทำยังได้พบแนวทางการแก้ไขปัญหขณะที่ ปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้องมีการวางแผนก่อนการปฏิบัติงาน เพื่อกำหนดระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการ ปฏิบัติงาน
2. จำเป็นต้องฝึกฝนการใช้งานอุปกรณ์วัดค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มมากขึ้น เพื่อการใช้งาน อย่างมีประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้น

5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

บริษัทที่มีการดูแลอบรมให้ความรู้แก่นักศึกษาฝึกงานเป็นอย่างดี มีการวางแผนและแบ่งงาน ให้แก่นักศึกษาปฏิบัติงานสหกิจศึกษาอย่างเหมาะสม มีการทำงานอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะในส่วนการทดสอบแบบเตอรี ในส่วนของห้องทดสอบที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ควรมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพและอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ ทันสมัยเพื่อความสะดวกในการใช้งานซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้อย่าง ถูกต้องและรวดเร็ว

บรรณานุกรม

- ชัชวาล กงสมบูรณ์. (2551). การศึกษาพฤติกรรมของแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับพลังงานทดแทน. ปรินญา
นิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- โชคปัญญา คอเปอร์เรชน. (ม.ป.ป.). ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมีของแบตเตอรี่. เข้าถึงได้จาก <http://www.cbbattery.com/articles/41985280/ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมีของแบตเตอรี่.html>
- ธนวัฒน์ คุรุทใจกล้า. (2553). การศึกษาทดสอบและวิเคราะห์การใช้งานแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด. ปรินญา
นิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ฝ่ายมาตรการรื้อถอนส่วนสืบสวนและประมวลหลักฐานสำนักตรวจสอบป้องกันและปราบปราม กรม
สรรพสามิต. (2542). โครงสร้างของแบตเตอรี่. เข้าถึงได้จาก <http://lab.excise.go.th/group3/battery/batstruc.html>
- Ozgun, H., Lam, L.T., Rand, D.A.J. & Bhargava, S.K. (1994). Effect of plate preparation on active-
material utilization and cycleability of positive plates in automotive lead/acid batteries. *Journal
of Power Sources*, 52(2), 159-320.
- Pavlov, D. & Papazov, G. (1976). Dependence of the properties of the lead-acid battery positive plate
paste on the processes occurring during its production. *Journal of Applied Electrochemistry*,
6(4), 339-345.
- Pavlov, D. (2011). Lead-acid batteries science and technology: A handbook of lead-acid
battery technology and its influence on the product. *Elsevier Science*.



ภาพผนวก

ภาคผนวก

1. ข้อมูลจากการชาร์จของแบตเตอรี่ให้เต็มก่อนเริ่มทำการทดสอบ (Full charge)

ตารางที่ 1 แสดงค่าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่ (Full charge) Battery No.1

Data		ความจุของแบตเตอรี่ขณะ Full charge 10 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.00	0.00	35	1.171	2.24	-0.15
1	01.00	13.39	10.00	33	1.110	2.38	-0.45
2	02.00	14.37	20.00	33	1.124	2.46	-0.06
3	03.00	14.45	30.00	33	1.138	2.47	-0.06
4	04.00	14.50	40.00	32	1.150	2.47	-0.05
5	05.00	14.55	50.00	31	1.161	2.47	-0.04
6	06.00	14.59	60.00	31	1.170	2.47	-0.04
7	07.00	14.64	70.00	31	1.182	2.49	0.01
8	08.00	14.68	80.00	32	1.195	2.49	0.02
9	09.00	14.72	90.00	32	1.207	2.50	0.05
10	10.00	14.78	100.00	32	1.220	2.50	0.10
11	11.00	14.85	110.00	32	1.229	2.50	0.12
12	12.00	14.93	120.00	32	1.238	2.50	0.15
13	13.00	15.00	130.00	32	1.247	2.50	0.17
14	14.00	15.09	140.00	33	1.252	2.50	0.20
15	15.00	15.22	150.00	33	1.265	2.50	0.20
16	16.00	15.44	160.00	33	1.274	2.50	0.20
17	17.00	15.55	170.00	33	1.278	2.50	0.20
18	18.00	15.62	180.00	33	1.280	2.50	0.20
19	19.00	15.73	190.00	33	1.281	2.50	0.20
20	20.00	15.88	200.00	33	1.282	2.50	0.20
21	21.00	16.00	210.00	33	1.283	2.50	0.20

22	22.00	16.04	220.00	33	1.284	2.50	0.20
23	23.00	16.06	230.00	33	1.284	2.50	0.20
24	24.00	16.06	240.00	33	1.284	2.50	0.20

ตารางที่ 2 แสดงค่าที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่ (Full charge) Battery No.2

Data		ความจุของแบตเตอรี่ขณะ Full charge 10 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.51	0.00	35	1.171	2.24	-0.15
1	01.00	13.65	10.00	30	1.160	2.42	-0.14
2	02.00	14.23	20.00	30	1.168	2.45	-0.08
3	03.00	14.34	30.00	31	1.184	2.46	-0.07
4	04.00	14.65	40.00	32	1.193	2.48	-0.04
5	05.00	14.74	50.00	33	1.202	2.48	-0.02
6	06.00	15.00	60.00	33	1.210	2.49	0.01
7	07.00	15.37	70.00	33	1.217	2.50	0.05
8	08.00	15.53	80.00	33	1.228	2.50	0.08
9	09.00	15.70	90.00	33	1.235	2.51	0.10
10	10.00	15.82	100.00	33	1.245	2.51	0.15
11	11.00	15.88	110.00	33	1.252	2.51	0.17
12	12.00	15.99	120.00	33	1.259	2.51	0.21
13	13.00	16.06	130.00	34	1.266	2.51	0.21
14	14.00	16.10	140.00	34	1.273	2.51	0.21
15	15.00	16.12	150.00	34	1.275	2.51	0.21
16	16.00	16.13	160.00	34	1.275	2.51	0.21
17	17.00	16.14	170.00	34	1.275	2.51	0.21

2. ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความจุของแบตเตอรี่ชนิด EB 100 LL (Amp Hour Capacity)

ตารางที่ 3 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบความจุแบตเตอรี่ (Battery No.1)

Data		ความจุของแบตเตอรี่(Battery No.1) โดยจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp.	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.70	1.66	27	1.279	2.30	-0.12
1	00.15	12.22	4.99	26	1.273	2.19	-0.15
2	00.30	12.19	9.99	26	1.267	2.19	-0.15
3	00.45	12.15	14.99	26	1.261	2.18	-0.15
4	1.00	12.11	19.99	26	1.254	2.18	-0.16
5	1.15	12.07	24.99	26	1.243	2.17	-0.16
6	1.30	12.03	29.99	26	1.232	2.16	-0.16
7	1.45	11.98	34.99	26	1.221	2.16	-0.17
8	2.00	11.93	39.99	26	1.210	2.15	-0.17
9	2.15	11.88	44.99	26	1.201	2.15	-0.17
10	2.30	11.83	49.99	26	1.192	2.14	-0.18
11	2.45	11.77	54.99	26	1.183	2.14	-0.18
12	3.00	11.72	59.99	26	1.174	2.13	-0.18
13	3.15	11.59	64.99	26	1.164	2.13	-0.19
14	3.30	11.51	69.99	26	1.155	2.12	-0.19
15	3.45	11.43	74.99	26	1.145	2.11	-0.19
16	4.00	11.34	79.99	26	1.135	2.10	-0.20
17	4.15	11.22	84.99	26	1.125	2.09	-0.20
18	4.30	11.07	89.99	26	1.115	2.08	-0.20
19	4.45	10.83	94.99	26	1.105	2.05	-0.21
20	5.00	10.20	104.06	26	1.092	2.03	-0.21

ตารางที่ 4 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบความจุแบตเตอรี่ (Battery No.2)

Data		ความจุของแบตเตอรี่ (Battery No.2) โดยจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.70	0.00	27	1.279	2.20	-0.12
1	00.15	12.23	4.99	26	1.272	2.19	-0.15
2	00.30	12.19	9.99	26	1.265	2.19	-0.15
3	00.45	12.15	14.99	26	1.258	2.18	-0.16
4	1.00	12.12	19.99	26	1.248	2.18	-0.16
5	1.15	12.07	24.99	26	1.238	2.17	-0.16
6	1.30	12.03	29.99	26	1.228	2.16	-0.17
7	1.45	11.98	34.99	26	1.218	2.16	-0.17
8	2.00	11.93	39.99	26	1.208	2.15	-0.17
9	2.15	11.88	44.99	26	1.199	2.15	-0.18
10	2.30	11.83	49.99	26	1.190	2.15	-0.18
11	2.45	11.78	54.99	26	1.182	2.14	-0.19
12	3.00	11.72	59.99	26	1.174	2.14	-0.19
13	3.15	11.66	64.99	26	1.165	2.13	-0.19
14	3.30	11.60	69.99	26	1.156	2.12	-0.19
15	3.45	11.53	74.99	26	1.145	2.11	-0.20
16	4.00	11.45	79.99	26	1.134	2.11	-0.20
17	4.15	11.36	84.99	26	1.124	2.09	-0.20
18	4.30	11.25	89.99	26	1.114	2.08	-0.21
19	4.45	11.12	94.99	26	1.104	2.06	-0.21
20	5.00	10.20	103.05	26	1.094	2.03	-0.21

3. ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการคายประจุด้วยตนเองของแบตเตอรี่ (Self-Discharge)

ตารางที่ 5 การทดสอบการคายประจุด้วยตนเองของแบตเตอรี่ (Self-Discharge) Battery No.1

No.	Day	Volt	Internal Resistance	Cell 2	
				S.G.	Temp
1	26/6/61	12.85	4.63	1.278	28
2	25/6/61	12.71	4.91	1.277	32
3	26/6/61	12.71	4.96	1.277	31
4	27/6/61	12.70	4.99	1.276	31
5	28/6/61	12.70	5.02	1.276	30
6	29/6/61	12.69	5.02	1.276	31
7	30/6/61	12.69	5.02	1.275	30
8	2/7/61	12.68	5.03	1.275	31
9	3/7/61	12.68	5.04	1.273	31
10	4/7/61	12.68	5.04	1.273	31
11	5/7/61	12.67	5.04	1.272	31
12	6/7/61	12.67	5.05	1.272	31
13	7/7/61	12.67	5.05	1.271	31
14	9/7/61	12.66	5.05	1.271	31
15	10/7/61	12.65	5.05	1.270	30
16	11/7/61	12.65	5.05	1.270	30
17	12/7/61	12.64	5.04	1.269	30
18	13/7/61	12.64	5.04	1.269	30
19	14/7/61	12.64	5.04	1.268	30
20	16/7/61	12.63	5.03	1.268	31
21	17/7/61	12.63	5.03	1.268	31
22	18/7/61	12.63	5.03	1.267	30
23	19/7/61	12.62	5.02	1.266	30
24	20/7/61	12.62	5.02	1.266	30

25	21/7/61	12.61	5.01	1.265	30
26	23/7/61	12.61	5.01	1.265	31
27	24/7/61	12.61	5.01	1.265	31
28	25/7/61	12.60	5.00	1.264	31
29	26/7/61	12.60	5.00	1.264	31
30	30/7/61	12.60	5.00	1.264	31

ตารางที่ 6 การทดสอบการคายประจุด้วยตนเองของแบตเตอรี่ (Self-Discharge) Battery No.2

No.	Day	Volt	Internal Resistance	Cell 2	
				S.G.	Temp
1	26/6/61	12.82	4.59	1.275	28
2	25/6/61	12.72	4.89	1.275	32
3	26/6/61	12.71	4.95	1.275	31
4	27/6/61	12.70	4.99	1.275	31
5	28/6/61	12.70	5.01	1.275	30
6	29/6/61	12.70	5.01	1.272	31
7	30/6/61	12.69	5.02	1.270	30
8	2/7/61	12.69	5.03	1.270	31
9	3/7/61	12.68	5.03	1.268	31
10	4/7/61	12.68	5.04	1.268	31
11	5/7/61	12.68	5.04	1.267	31
12	6/7/61	12.67	5.04	1.267	31
13	7/7/61	12.66	5.05	1.266	31
14	9/7/61	12.66	5.05	1.264	30
15	10/7/61	12.66	5.05	1.264	30
16	11/7/61	12.65	5.05	1.263	30
17	12/7/61	12.65	5.06	1.263	30

18	13/7/61	12.65	5.06	1.262	30
19	14/7/61	12.64	5.07	1.262	30
20	16/7/61	12.64	5.04	1.261	31
21	17/7/61	12.64	5.03	1.261	31
22	18/7/61	12.64	5.03	1.260	30
23	19/7/61	12.64	5.02	1.259	30
24	20/7/61	12.63	5.01	1.258	30
25	21/7/61	12.63	5.01	1.258	30
26	23/7/61	12.62	5.00	1.257	31
27	24/7/61	12.62	5.00	1.257	31
28	25/7/61	12.61	5.00	1.256	31
29	26/7/61	12.61	5.00	1.256	31
30	30/7/61	12.61	5.00	1.256	31

4. ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความจุของแบตเตอรี่ชนิด EB 100 LL (Amp Hour Capacity)

ตารางที่ 7 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบความจุแบตเตอรี่ (Battery No.1)

Data		ความจุของแบตเตอรี่ (Battery No.2) โดยจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.55	0.00	29	1.252	2.21	-0.12
1	00.15	12.10	4.99	29	1.250	2.17	-0.17
2	00.30	12.06	9.99	29	1.242	2.17	-0.17
3	00.45	12.02	14.99	29	1.225	2.17	-0.17
4	1.00	11.97	19.99	29	1.220	2.17	-0.17
5	1.15	11.92	24.99	29	1.215	2.16	-0.18
6	1.30	11.87	29.99	29	1.200	2.16	-0.18
7	1.45	11.82	34.99	29	1.195	2.16	-0.18
8	2.00	11.76	39.99	29	1.160	2.15	-0.19

9	2.15	11.71	44.99	29	1.150	2.15	-0.19
10	2.30	1.65	49.99	29	1.145	2.14	-0.20
11	2.45	11.58	54.99	29	1.150	2.14	-0.20
12	3.00	11.51	59.99	29	1.138	2.14	-0.20
13	3.15	11.43	64.99	29	1.126	2.13	-0.21
14	3.30	11.35	69.99	29	1.114	2.13	-0.21
15	3.45	11.25	74.99	29	1.102	2.12	-0.22
16	4.00	11.12	79.99	29	1.095	2.12	-0.22
17	4.15	10.95	84.99	29	1.090	2.12	-0.22
18	4.30	10.66	89.99	29	1.079	2.12	-0.22
19	4.45	10.20	92.93	29	1.070	2.11	-0.23

ตารางที่ 8 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบความจุแบตเตอรี่ (Battery No.2)

Data		ความจุของแบตเตอรี่ (Battery No.2) โดยจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์					
Elapsed Time		Volt	Ah	Temp	S.G.	Cd +	Cd -
Before charging		12.55	0.00	29	1.250	2.21	-0.12
1	00.15	12.11	4.99	29	1.250	2.18	-0.17
2	00.30	12.06	9.99	29	1.233	2.18	-0.17
3	00.45	12.02	14.99	29	1.222	2.17	-0.16
4	1.00	11.98	19.99	29	1.222	2.17	-0.16
5	1.15	11.93	24.99	29	1.220	2.16	-0.18
6	1.30	11.88	29.99	29	1.215	2.16	-0.18
7	1.45	11.83	34.99	29	1.195	2.15	-0.18
8	2.00	11.77	39.99	29	1.170	2.15	-0.19
9	2.15	11.72	44.99	29	1.160	2.15	-0.19
10	2.30	11.66	49.99	29	1.158	2.14	-0.20
11	2.45	11.59	54.99	29	1.148	2.14	-0.20
12	3.00	11.53	59.99	29	1.139	2.14	-0.20

13	3.15	11.45	64.99	29	1.129	2.13	-0.21
14	3.30	11.37	69.99	29	1.120	2.13	-0.21
15	3.45	11.27	74.99	29	1.110	2.13	-0.21
16	4.00	11.16	79.99	29	1.101	2.12	-0.22
17	4.15	11.07	84.99	29	1.090	2.12	-0.22
18	4.30	10.77	89.99	29	1.080	2.12	-0.22
19	4.45	10.20	94.13	29	1.075	2.11	-0.23



รูปที่ 1 โต๊ะทำงานและศึกษาหาข้อมูล



รูปที่ 2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบตเตอรี่



รูปที่ 3 โวลต์มิเตอร์



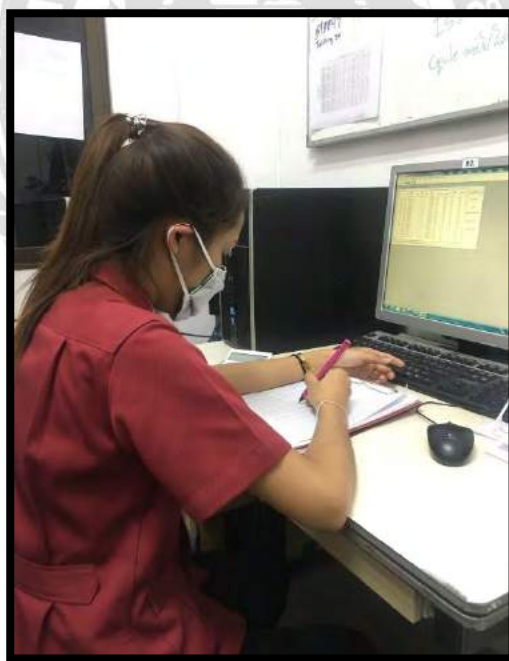
รูปที่ 4 ไฮโดรมิเตอร์



รูปที่ 5 เครื่องวัดความต้านทาน



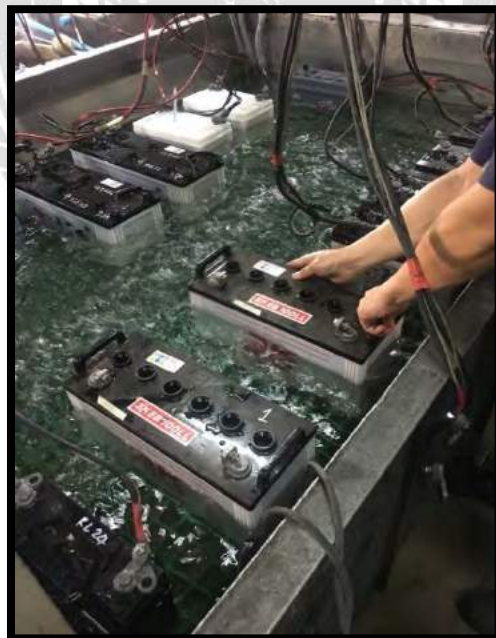
รูปที่ 6 อ่างควบคุมอุณหภูมิในการชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 7 ห้องควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 8 เตรียมน้ำกรดสำหรับใช้เติมแบตเตอรี่



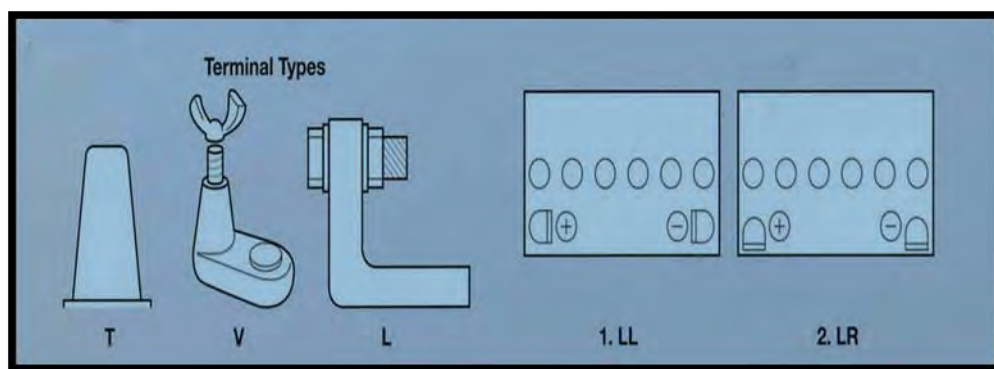
รูปที่ 9 นำแบตเตอรี่ทำการชาร์จ



รูปที่ 10 เก็บค่าความถี่จําเพาะในขณะที่ชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 11 เก็บค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่



รูปที่ 12 ลักษณะของขั้วแบตเตอรี่



รูปที่ 13 แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปถ่ายขณะนำเสนองาน



อาจารย์ที่ปรึกษาได้มานิเทศงาน



Plagiarism Checking Report

Created on Nov 26, 2018 at 21:57 PM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
1053226	Nov 26, 2018 at 21:57 PM	yaowalak.jit@siam.edu	มหาวิทยาลัยสยาม	รูปเล่มสหกิจ.docx		

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	การออกแบบระบบและการจัดการการใช้แบตเตอรี่ร่วมกันของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อการขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯ, Design of a battery sharing system and management of electric two-wheelers for Bangkok public transportation	พงษ์เดช เคนยงที	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น	0.93 %
2	ผลของโปรแกรมสุขศึกษาเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้เจตคติพฤติกรรมการป้องกันการผลิตยาและระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานแบตเตอรี่, The effect of health education with participatory resource management program on knowledge, at	ทพโยธิน เมธนาวัน	มหาวิทยาลัยบูรพา	0.76 %



3/12/2561

อักษรวิสุทธิ

Match Details

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT

Fork Lift รถเข็น Wheel Chair ลิฟต์เลื่อน Scooter รถสก๊อต Golf Car ระบบสำรองไฟฟ้า UPS และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน Emergency Light ในช่วงแรกแบตเตอรี่ใช้การได้ดีจนสามารถนำมายึดเฉพาะที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก Flooded Type หรือ Wet Type ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้นจนกระทั่งในช่วงกลางของทศวรรษที่ 70 ระหว่างปีพ.ศ. 2513 - 2523 ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบแห้งใช้ในงานโถงสูงจากที่มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปีค. 1957 พ.ศ. 2500 โดยอัลโตจาเช

ธาตุลบ Negative Plate โดยเพิ่มธาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ และเพิ่มธาตุลบทำจากตะกั่ววางเรียงสลับกันจนเสถียรในเซลล์เซลล์แล้วกับไนโตรเจนด้วยแผ่นกั้นรูปที่ 2 2 แผ่นชุด 2 3 2 แผ่นกับ Separators ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อะตอมบวกและลบเข้าด้วยกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นซึ่งแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางและอาจรวมถึงโพลีเอทรีลมีความยืดหยุ่นและมีพรุน

ลิฟต์เลื่อน Scooter รถสก๊อต Golf Car ระบบสำรองไฟฟ้า UPS และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน Emergency Light ในช่วงแรกแบตเตอรี่ใช้การได้ดีจนสามารถนำมายึดเฉพาะที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก Flooded Type หรือ Wet Type ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้นจนกระทั่งในช่วงกลางของทศวรรษที่ 70 ระหว่างปีพ.ศ. 2513 - 2523 ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบแห้งใช้ในงานโถงสูงจากที่มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปีค. 1957 พ.ศ. 2500 โดยอัลโตจาเช Otto Jache 2 3 โครงสร้างของ

ธาตุบวกทำ จากตะกั่วเปอร์ออกไซด์และเพิ่มธาตุลบทำจากตะกั่ววางเรียงสลับกันจนเสถียรในเซลล์เซลล์แล้วกับไนโตรเจนด้วยแผ่นกั้นรูปที่ 2 2 แผ่นชุด 2 3 2 แผ่นกับ Separators ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อะตอมบวกและลบเข้าด้วยกันซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นซึ่งแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางและอาจรวมถึงโพลีเอทรีลมีความยืดหยุ่นและมีพรุนเพื่อให้การเคลื่อนที่ของไอออนภายใน

TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)

’นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปีค.ศ.1859(พ.ศ.2402)เป็นต้นมา แบตเตอรี่แบบประจุใหม่ได้ชนิดแรกที่พาลออกมาเพื่อการค้าและในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอย่าง ก แพรหลายโดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ Capacity สูงกว่าใช้กระแสไฟฟ้าจากเดิมจากเดิม ก ส่วนมากในการกักเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่แบบประจุได้ชนิดอื่นๆที่มีอยู่ในตอนยุคแรกๆ ก อานพาทนะยาน Vehicle รถยกไฟฟ้า Fork Lift รถเข็น Wheel Chair รถสก๊อต ก (Scooter รถสก๊อต Golf Car ระบบสำรองไฟฟ้า UPS และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน ก (Emergency Light) ก แบตเตอรี่สำหรับใช้กับรถที่ผลิตออกมาจำหน่ายในสมัยแรกๆที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก ก (Flooded Type หรือ Wet Type ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้นจนกระทั่งในช่วงกลางของ ก ทศวรรษที่ 70 (ระหว่างปีพ.ศ. 2513 - 2523 ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ที่มีการพัฒนาแห้งใช้ในงานโถงสูงจากได้มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปีค.ศ. 1957 (พ.ศ. 2500 โดยอัลโตจาเช Otto J, Jache) ก ทำในการใช้ถ่านและตัวอื่นที่สามารถวางตำแหน่งของแบตเตอรี่ได้หลายรูปแบบมากขึ้นบางแบบที่ ก วางตะกั่วใส่แต่ไม่สามารถวางกลับได้

กับการใช้งานที่หนักหน่วงการสิ้นเปลืองจากการขึ้นยี่ใน ก สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกับและเพื่อป้องกันการถูกกัดกร่อนจากสารเคมีที่อาจเกิดขึ้นภายใน ก2 .แผ่นธาตุ(Plates)ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิดคือแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ(แผ่นธาตุ) ก บทบาทจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ PbO \ ก2 \ ก)และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว(Pb)นำมาหล่อเป็นแผ่น ก สี่เหลี่ยมแล้วเคลือบด้วยสารเคมีบางอย่างผสมกับดินซึ่งแผ่นธาตุบวกและธาตุลบจะมีส่วนผสม ก แยกต่างกับหลังจากขึ้นน้ำไปอบไฟความชื้นจนนำไปใช้งานป่วงเชื่อมสลับกับจนเสถียรในเซลล์ ก เซลล์แล้วกับไนโตรเจนด้วยแผ่นกั้น ก3 แผ่นกั้น Separators ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อะตอมบวกและลบเข้าด้วยกัน ก ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสที่นิยมใช้กันจนกระทั่งปัจจุบัน ก มักสามารถใช้ทดแทนแทนได้โดยแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางและอาจรวมถึงโพลีเอทรีลมีความยืดหยุ่นและมีพรุน ก4 .นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ประดิษฐ์ Electrolyte นักประดิษฐ์แบตเตอรี่ชนิดนี้ขึ้นที่ ก การเคลื่อนที่ของไอออนในเซลล์ ก H

\ ก บทที่ 2 \ ก ทบทวนที่เกี่ยวกับ ก2 .ในแบตเตอรี่ที่ ก แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดเป็นแบตเตอรี่แบบประจุใหม่ได้กประเภทที่ ก2 ก แกสตันพลาเต (Gaston \ Plante)’นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปีค.ศ.1859(พ.ศ.2402)เป็นต้นมา แบตเตอรี่แบบประจุใหม่ได้ชนิดแรกที่พาลออกมาเพื่อการค้าและในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอย่าง ก แพรหลายโดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ Capacity สูงกว่าใช้กระแสไฟฟ้าจากเดิมจากเดิม ก ส่วนมากในการกักเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่แบบประจุได้ชนิดอื่นๆที่มีอยู่ในตอนยุคแรกๆ ก อานพาทนะยาน Vehicle รถยกไฟฟ้า Fork Lift รถเข็น Wheel Chair รถสก๊อต ก (Scooter รถสก๊อต Golf Car ระบบสำรองไฟฟ้า UPS และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน ก (Emergency Light) ก แบตเตอรี่สำหรับใช้กับรถที่ผลิตออกมาจำหน่ายในสมัยแรกๆที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก ก (Flooded Type หรือ Wet Type ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้นจนกระทั่งในช่วงกลางของ ก ทศวรรษที่ 70 (ระหว่างปีพ.ศ. 2513 - 2523 ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ที่มีการพัฒนาแห้งใช้ในงานโถงสูงจากได้มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปีค.ศ. 1957 (พ.ศ.

ส่วนใหญ่นำมาจาก Polypropylene เซลล์ตามาน ก ลวดหนืดใช้สำหรับเชื่อมและเพื่อป้องกันการไปอยู่ที่ที่เกิดการกัดกร่อนและเพื่อป้องกันการขึ้นยี่ใน ก สภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกับและเพื่อป้องกันการถูกกัดกร่อนจากสารเคมีที่อาจเกิดขึ้นภายใน ก2 .แผ่นธาตุ(Plates)ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิดคือแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ(แผ่นธาตุ) ก บทบาทจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์(PbO \ ก2 \ ก)และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว(Pb)นำมาหล่อเป็นแผ่น ก สี่เหลี่ยมแล้วเคลือบด้วยสารเคมีบางอย่างผสมกับดินซึ่งแผ่นธาตุบวกและธาตุลบจะมีส่วนผสม ก แยกต่างกับหลังจากขึ้นน้ำไปอบไฟความชื้นจนนำไปใช้งานป่วงเชื่อมสลับกับจนเสถียรในเซลล์ ก เซลล์แล้วกับไนโตรเจนด้วยแผ่นกั้น ก3 แผ่นกั้น Separators ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อะตอมบวกและลบเข้าด้วยกัน ก ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสที่นิยมใช้กันจนกระทั่งปัจจุบัน ก มักสามารถใช้ทดแทนแทนได้โดยแผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางและอาจรวมถึงโพลีเอทรีลมีความยืดหยุ่นและมีพรุน ก4 .นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ประดิษฐ์ Electrolyte นักประดิษฐ์แบตเตอรี่ชนิดนี้ขึ้นที่ ก การเคลื่อนที่ของไอออนในเซลล์ ก Electrolyte



ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ - นามสกุล : นางสาวเขาวลัษณ์ ลิทธิ์ขุนทด

รหัสนักศึกษา : 6004220002

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

ที่อยู่ : 76/7 คอนโดพญาชีตวิวัฒน์ หมู่ 5 ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางเมือง อำเภอเมือง
จังหวัดสมุทรปราการ 10270

เบอร์ติดต่อ : 089-3943-2182

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนบุรารักษ์

มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า สมุทรปราการ

ปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม