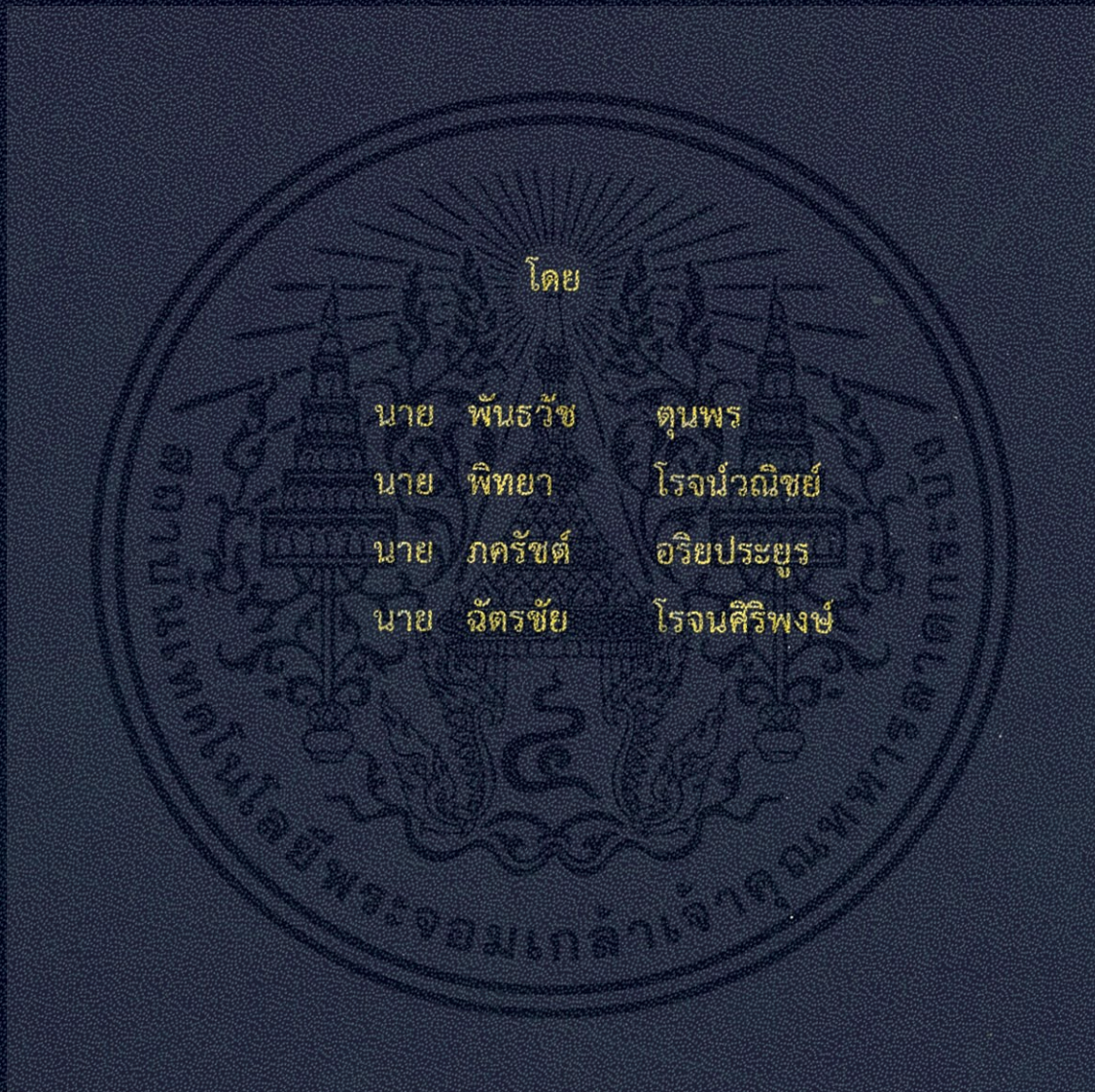


การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่
Development of Battery Energy Indicator



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่
Development of Battery Energy Indicator



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Battery Energy Indicator

By

Panthawat

Toonporn

Pittaya

Rojvanit

Pakarat

Ariyaprayoon

Chatchai

Rodjanasiripong



A PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่

ผู้จัดทำ

1. นาย พันธวัช ตุนพร
2. นาย พิทยา โรจน์วณิชย์
3. นาย ภครีชต์ อริยประยูร
4. นาย ฉัตรชัย โรจน์ศิริพงษ์




..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่

นาย พันธวิช คุณพร
นาย พิทยา โรจน์วณิชย์
นาย ภครชต์ อริยประยูร
นาย ฉัตรชัย โรจนศิริพงษ์
ผศ.ดร. สมยศ เกียรติวินชิวไล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่ การวิเคราะห์ค่าความจุของแบตเตอรี่สามารถทำได้จากการวัดค่าแรงดันและกระแส ระบบการวัดทำโดยใช้ตัวตรวจจับแรงดัน-กระแส และโหมดของการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (AVD Converter) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งค่ากระแสและแรงดันที่ได้นำไปพล็อตกราฟลงบนคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมวิซิวเบสิก (Visual basic) ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง (A-H), สถานะอายุของแบตเตอรี่ (state of health) และสามารถประมาณอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ จากผลของการทดลองระบบที่พัฒนา สามารถนำไปทำนายความจุแบตเตอรี่, อายุการใช้งาน และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Battery Energy Indicator

Panthawat Toonporn
Pittaya Rojvanit
Pakarat Ariyaprayoon
Chatchai Rodjanasiripong
Dr.Somyot Kaitwanidvilai Supervisor
Year 2012

Abstract

This project deals with the development of battery energy indicator. The analysis of battery capacity can be performed by measuring voltage and current profiles. The measuring system is carried out by voltage-current sensor and A/D converter mode in microcontroller. The voltage and current data are sent to personal computer and then be plotted by Visual basic program. The expected A-H, state of health of battery and lifetime can be predicted. Based on the experimental results, the developed system can be used to predict the capacity of battery, lifetime and evaluate the effectiveness of usage.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ คุณนศรศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจนคุณกมลวรรณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จการซื้อของทำโครงการ

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	1
1.4 แผนการดำเนินโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	2
1.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	4
2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่	4
2.3 ประเภทของแบตเตอรี่	5
2.4 ชนิดของแบตเตอรี่	5
2.5 คุณสมบัติของการคายประจุ	8
2.6 การวัดพฤติกรรมการคาย	8
2.7 ค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่	9
2.8 คำจำกัดความค่าความจุแบตเตอรี่	9
2.9 ค่าความจุไฟฟ้าที่อัดประจุเต็ม	10
2.10 อัตราความจุของการคายประจุ	11
2.11 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความจุไฟฟ้า	11
2.12 ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	12
2.13 อัตราค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่กับอัตราการคายประจุ	12
2.14 ค่าความต้านทานภายในกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	13
2.15 สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่	13
2.16 คำจำกัดความการสิ้นสุดอายุ	14
2.17 ผลทางกลกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	15
2.18 อุณหภูมิกับอายุของแบตเตอรี่	15
2.19 ระยะเวลาการทดสอบและอัตราการคายประจุ	15
2.20 วิธีการหาค่าความจุ	15
2.21 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีใหม่แอมป์จัสท์และวิธีเรทแอมป์จัสท์	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.22 การประมาณอายุที่เหลืออยู่	21
2.23 ปฏิกริยาที่มีผลต่อค่าความจุของแบตเตอรี่	23
2.24 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	23
2.25 การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม	24
บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้างวงจรจำลอง	26
3.1 วงจรจำลองการหาอายุของแบตเตอรี่	26
บทที่ 4 การทดสอบและประเมินผล	30
4.1 วงจรจำลองบนโปรแกรมโปรทีอุส	30
4.2 ผลการทดลอง	34
4.3 ผลสรุปการทดลอง	40
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	41
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 ปัญหา	41
5.3 แนวทางการพัฒนา	41
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	51
บรรณานุกรม	55



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างพื้นฐานของแบตเตอรี่	4
2.2	แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม	6
2.3	แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์	6
2.4	แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด	7
2.5	แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน	8
2.6	ประสิทธิภาพการคายประจุ	9
2.7	ลักษณะเวลาของการคายประจุ	11
2.8	อัตราการคายประจุของแบตเตอรี่	11
2.9	ค่าความจุที่เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิของเซลล์	12
2.10	ค่าความจุไฟฟ้ากับอายุของแบตเตอรี่	12
2.11	กราฟระหว่างค่าความต้านทานภายในและอายุของเซลล์แบตเตอรี่	13
2.12	แนวโน้มอายุของแบตเตอรี่	14
2.13	ผลของอุณหภูมิต่ออายุแบตเตอรี่	15
2.14	กราฟการคายประจุ (%) กับ ค่าความจุ (Ah)	21
2.15	กราฟทำนายแนวโน้มอายุของแบตเตอรี่	22
2.16	แผนผังกระบวนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	23
2.17	การต่อตัวต้านทานเพื่อแบ่งแรงดัน	24
3.1	วงจรจำลองการหาเวลาที่เหลือของแบตเตอรี่ในเมทแลป	26
3.2	กราฟกระแสที่ได้จากสโคป	27
3.3	กราฟแรงดันที่ได้จากสโคป	27
3.4	กราฟของเวลาที่เหลือจากค่าความจุที่ดิซชาร์จออกไปจากผู้ผลิต	28
3.5	กราฟการทำฟิตเคิร์ฟในเมทแลป	29
4.1	วงจรจำลองการวัดแรงดันจากโปรแกรมโปรทีอัส	30
4.2	หน้าต่างของโปรแกรมที่รับค่าแรงดันมาเพื่อพล็อตกราฟ	31
4.3	รูปผลการวัดแบตเตอรี่ที่แรงดัน 6 โวลต์	32
4.4	วงจรจำลองทดลองการวัดแรงดันของแบตเตอรี่	32
4.5	หม้อแปลง AC 9 โวลต์	33
4.6	แบตเตอรี่ 6 โวลต์และ 12 โวลต์รวมที่ชาร์จแบตเตอรี่	33
4.7	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 1	34
4.8	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 2	34
4.9	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 3	35
4.10	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 1	35
4.11	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 2	36
4.12	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 3	36
4.13	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 4	37
4.14	กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 5	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 1	38
4.16 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 2	38
4.17 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 3	39
4.18 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 4	39



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การดำเนินโครงการ	2
2.1 ค่าความจุที่อัตราการคายประจุต่างๆ	13
2.2 ปัจจัยปรับแก้เวลา	16
2.3 ปัจจัยปรับแก้เวลาสำหรับอุณหภูมิอื่นๆ	16
2.4 ปัจจัยปรับแก้อัตรา	18
2.5 ปัจจัยปรับแก้อัตราสำหรับอุณหภูมิอื่น	18
2.6 ค่ากระแสฟัดของเซลล์ชนิด XYZ33	20
2.7 ชื่อขาสัญญาณต่างๆของหัวต่อ DB9	25
4.1 ผลการทดลองทั้งหมด	40



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันมีการใช้แบตเตอรี่เป็นที่แพร่หลายอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่ชนิดต่างๆอย่างแน่นนอน ซึ่งแบตเตอรี่แต่ละชนิดนั้นมีอายุการใช้งานแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานะการใช้งาน การดูแลรักษาและสภาพแวดล้อมการใช้งาน

แบตเตอรี่นั้น เมื่อมีการใช้จนหมดหรือเกือบหมดแล้วต้องทำการชาร์จประจุขึ้นใหม่เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้งานต่อ ซึ่งในการใช้แบตเตอรี่ ถ้าใช้ไปในระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้แบตเตอรี่นั้นเก็บประจุได้น้อยลงกว่าเดิมหรือที่เรียกว่า “แบตเตอรี่เสื่อม” นั่นเอง ดังนั้นจึงควรหาวิธีที่จะยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ เพื่อจะลดการใช้งานแล้วทิ้งของแบตเตอรี่ออกจากกระบวนการ ทำให้การวัดพลังงานของแบตเตอรี่เพื่อศึกษาอายุการใช้งานนั้นเป็นส่วนหนึ่งนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการใช้งานของแบตเตอรี่ เพื่อออกแบบแบตเตอรี่ให้มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาศักยภาพของเครื่องวัดพลังงานแบตเตอรี่
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะและรูปแบบการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1. ศึกษาออกแบบวงจรที่ใช้วัดแรงดันและกระแสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เขียนโปรแกรมวิซัวเบสิก (Visual Basic) เพื่อนำข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปแสดงผลเป็นกราฟบนคอมพิวเตอร์
3. เพื่อศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่ให้มีความแม่นยำมากขึ้น (Battery Energy Indicator)
4. เพื่อวัดความจุของแบตเตอรี่

1.4 แผนการดำเนินโครงการ

1. ประชุมและวางแผนการดำเนินงาน
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ
3. ออกแบบและจำลองวงจรวัดแรงดันและกระแสบนโปรแกรม
4. ออกแบบวงจรที่ใช้วัดแรงดันของแบตเตอรี่
5. ซื้ออุปกรณ์และเขียนโปรแกรมของวงจร
6. ทดลองต่อวงจรวัดแรงดันและกระแสบนแผ่นจำลองเอกประสงค์
7. ทดลองเก็บผลการทดลองการวัดแรงดันและหาการทำนายอายุของแบตเตอรี่
8. จัดทำรูปเล่มรายงานและเอกสารทางวิชาการ

ตารางที่ 1.1 การดำเนินโครงการ

แผนการดำเนินโครงการ	เวลาการดำเนินงาน									
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ประชุมและวางแผนการดำเนินงาน	↔									
2.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ	↔									
3.ออกแบบและแจ้งจำลองวงจรวัดแรงดันและกระแสบนโปรแกรม		↔								
4.ออกแบบวงจรที่ใช้วัดแรงดันของแบตเตอรี่		↔								
5.ซื้ออุปกรณ์และเขียนโปรแกรมของวงจร					↔					
6.ทดลองต่อวงจรวัดแรงดันและกระแสบนแผ่นจำลองอเนกประสงค์					↔					
7.ทดลองเก็บผลการทดลองการวัดแรงดันและหาการทำนายอายุของแบตเตอรี่						↔				
8.จัดทำรูปเล่มรายงานและเอกสารทางวิชาการ								↔		

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

1. เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่
2. สามารถทำนายอายุของแบตเตอรี่ว่าเหลืออายุการใช้งานอีกเท่าไร
3. วงจรสามารถนำไปใช้กับแบตเตอรี่จำพวกแบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่แล็ปท็อป
4. สามารถนำไปพัฒนาต่อในงานด้านต่างๆที่ใช้แบตเตอรี่เป็นส่วนประกอบในอุปกรณ์จำพวก รถยนต์ไฮบริดจ์ สมาร์ทโฟน หรือ คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป
5. สามารถเลือกใช้งานแบตเตอรี่อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. นาย Yu-Hua Sun, นาย Hurng-Liahng Jou และนาย Jinn-Chang Wu วิศวกรชาวไต้หวัน ได้ร่วมกันทำงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยศึกษาด้วยวิธี โนวเวลออกซิลาร์ไดอะโนซิส สำหรับตรวจสอบสถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health) ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด ผลวิจัยการคายประจุของแบตเตอรี่จะทำให้อายุการใช้งานนั้นลดลงอาศัยหลักการกราฟการคายประจุ สำหรับแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพจะเป็นไปในลักษณะกราฟโค้งเรียบ และจากการศึกษาทำให้ทราบว่า สาเหตุที่ทำให้แบตเตอรี่มีสภาพการใช้งานที่ลดลงเนื่องมาจากการเกิดลัดวงจรภายในเซลล์เอง , การลัดวงจรกันจากการเปิดวงจร หรือการต่อเซลล์ที่ผิดขั้ว เป็นเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ โดยใช้การประมาณเอนโทรปี เป็นดัชนีในการบอกอายุ ถ้าการประมาณเอนโทรปีมีค่ามากกว่า 4.5 จะถือว่าแบตเตอรี่หมดอายุ

2. นาย Yu-Hua Sun, นาย Hurng-Liahng Jou และนาย Jinn-Chang Wu วิศวกรชาวไต้หวัน ได้ร่วมกันทำงานวิจัยที่เกี่ยวกับการ การประมาณค่าความจุที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด เพื่อนำไปพิจารณาระดับของเซลล์ไฟฟ้าว่ามีคุณภาพมากน้อยอย่างไร การวิจัยใช้สมการมัลติเลเวล พิวเกิท (multilevel peukert) และการรวมค่าแอมแปร์ชั่วโมง (ampere hour accumulation) ในการหาค่าความจุที่เหลืออยู่ จากผลการวิจัยการประมาณค่าความจุที่เหลืออยู่นั้นสามารถพิจารณาจากการวัดแรงดันและกระแสจากจำนวนของการคายประจุเพื่อตรวจสอบคุณภาพแบตเตอรี่ว่าสามารถเก็บค่าความจุได้อยู่ในระดับใด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ และสามารถนำไปพัฒนาคุณภาพของแบตเตอรี่ต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

3. นาย Asa R Waters, นาย Kathryn R Bullock และคณะ ศึกษาสถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health) ของแบตเตอรี่ VRLA โดยใช้เทคนิคการวัดอิมพีแดนซ์ ผลวิจัยที่ได้สามารถระบุค่าสถานะอายุของแบตเตอรี่ได้อย่างแม่นยำไม่ว่าจะทดสอบในที่สนามหรือในห้องปฏิบัติการ

4. นาย Phillip E. Pascoe และนาย Adnan H. Anbuky วิจัยเกี่ยวกับการประมาณอายุที่เหลือของแบตเตอรี่ VRLA โดยใช้สถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health) มาวิเคราะห์ เพื่อระบุอายุของแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ว่ามีมากน้อยแค่ไหน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

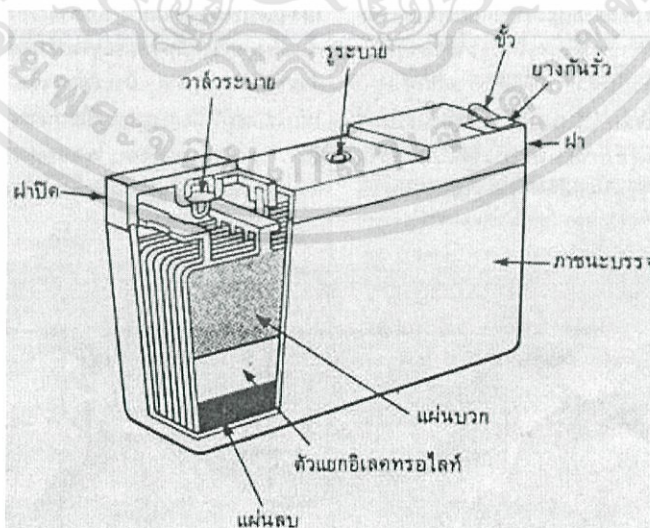
2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเก็บรักษาพลังงานไฟฟ้าเอาไว้ใช้งานโดยวิธีการอัดประจุ แบตเตอรี่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าและเก็บรักษาในรูปของพลังงานเคมี เมื่อนำไปใช้งาน แบตเตอรี่จะคายประจุออกทำให้เกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโหลดที่ใช้งาน การทำงานของแบตเตอรี่จะเปลี่ยนพลังงานเคมีที่ถูกเก็บไว้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้านำไปใช้งาน

เครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ข้อมูลสามารถนำมาพล็อตเป็นกราฟ คำนวณหาค่าแอมแปร์-ชั่วโมง และสามารถนำไปคาดการณ์อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ บทความฉบับนี้นำเสนอการวัดแรงดันของแบตเตอรี่โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC18F252 วัดแรงดันของแบตเตอรี่นำข้อมูลที่ส่งจาก PIC ผ่าน MAX232 เข้าสู่พอร์ตอนุกรม RS232 เพื่อส่งข้อมูลเข้ากับคอมพิวเตอร์ นำไปแสดงผลเป็นกราฟในวิซิวเบสิก (Visual Basic) โดยพล็อตเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลา โดยค่าที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่าแอมแปร์-ชั่วโมงรวมถึงสามารถนำไปคาดการณ์อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่

ภายในเซลล์แบตเตอรี่ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และสารละลายที่เรียกว่า อิเล็กโทรไลต์ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบจะวางอยู่คู่กันถูกวางอยู่ในสารละลายที่เรียกว่า “อิเล็กโทรไลต์” ในเซลล์แบตเตอรี่ลูกหนึ่งอาจจะมีแผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบจำนวนหลายคู่เพื่อให้ขนาดของกระแสที่ออกมามีค่ามากขึ้น ปริมาณของขนาดของกระแสที่ได้จากแบตเตอรี่เป็นปัจจัยกับพื้นที่ผิวของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ ระยะห่างระหว่างแผ่นธาตุทั้งสองและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ ความจุของแบตเตอรี่วัดเป็นหน่วย แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของแบตเตอรี่ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประเภทของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภท

1. แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถใช้งานได้ครั้งเดียว เมื่อใช้งานหมดพลังงานที่สะสมอยู่แล้วไม่สามารถนำมาอัดประจุกลับไปใช้งานใหม่ได้

2. แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้หลังจากใช้พลังงานที่สะสมอยู่จนหมดแล้ว สามารถอัดประจุกลับเข้าไปใหม่ทำให้สามารถใช้งานจำนวนรอบมากกว่าแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ สาเหตุข้างต้นทำให้แบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิมีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ชนิดปฐมภูมิ

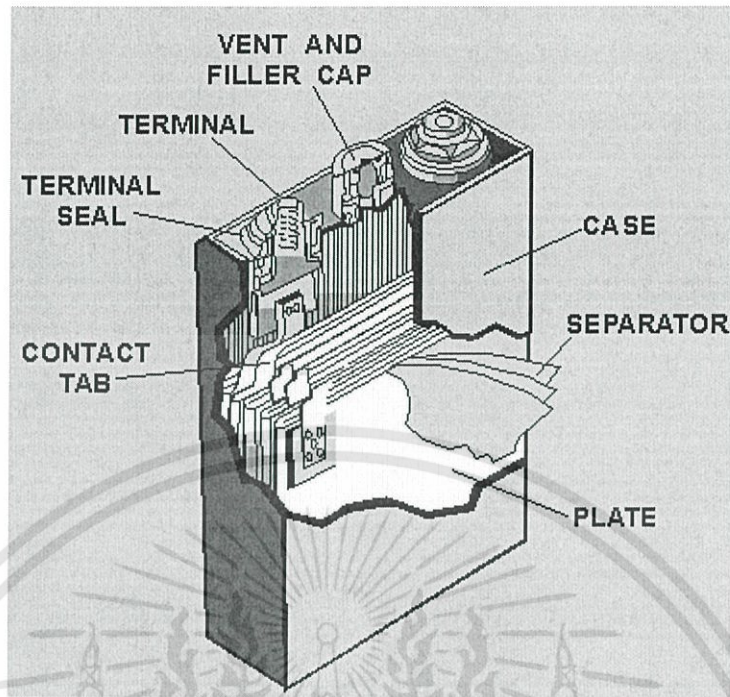
2.4 ชนิดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีหลายชนิดหลายขนาดและมีคุณสมบัติที่หลากหลาย ดังนั้นการเลือกใช้แบตเตอรี่ต้องเลือกให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงาน การจะเลือกใช้อย่างไรต้องรู้จักคุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดนั้นก่อน

แบตเตอรี่ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิด ทำให้มีความสะดวกในการเลือกใช้งาน แบตเตอรี่ที่ตีควร์ออกแบบให้มีขนาดเล็ก มีอายุการใช้งานยาวนาน มีความทนต่อการใช้งาน ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วผู้ผลิตสามารถผลิตได้แต่จะมีราคาแพงเกินไปไม่เหมาะกับผู้ใช้ทั่วไป ชนิดของวัสดุขั้วที่ใช้ทำแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบทำให้เกิดการแบ่งแยกชนิดของแบตเตอรี่ตามวัสดุขั้วที่ใช้สร้างแผ่นธาตุทั้งสอง สามารถแบ่งชนิดของแบตเตอรี่ได้ดังนี้

1. แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมเป็นแบตเตอรี่ที่มีการอัดประจุที่ง่ายและรวดเร็วมีจำนวนรอบในการอัดประจุและคายประจุสูง สามารถอัดประจุและคายประจุได้มากกว่า 1,000 ครั้ง มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ มีความแข็งแรงทนทาน เก็บรักษาง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก เก็บรักษาได้ประมาณ 5 ปีหลังจากการอัดประจุครั้งแรก และราคาถูก ข้อจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ มีผลของเมมโมรี่เอฟเฟค (Memory effect) ดังนั้นในการอัดประจุ และคายประจุแบตเตอรี่จะทำอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันผลของเมมโมรี่เอฟเฟค (Memory effect) มีผลของการคายประจุด้วยตัวเองสูง จำเป็นต้องมีการอัดประจุหลังจากเก็บรักษา นอกจากนี้แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังเป็นแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้งานกับวิทยุสองทาง เครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับยา และอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.2 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม [2]

2. แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม แต่มีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า การเก็บรักษาง่ายและเคลื่อนย้ายสะดวก นอกจากนี้วัสดุที่ใช้ไม่มีสารพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อจำกัดของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ มีอายุการใช้งานที่จำกัด เมื่อเริ่มใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้จะเสื่อมลงหลังจากการอัดประจุและการคายประจุ 200-300 รอบ เก็บรักษาได้ไม่นานประมาณ 3 ปี การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะช่วยยืดเวลาการเก็บรักษาได้ มีกระแสคายประจุจำกัด การจ่ายกระแสมากเกินไปจะมีผลให้อายุการใช้งานลดลง มีผลของการคายประจุด้วยตนเองสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมประมาณ 50% มีการดูแลรักษาสูง นอกจากนี้การทำงานของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะเสื่อมลงหากเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้งานกับโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์แล็ปท็อป



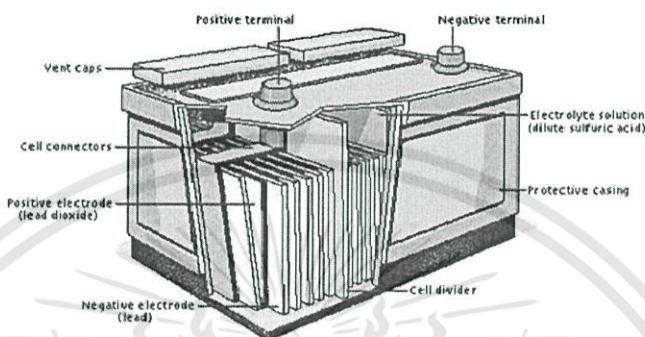
Ni-MH Batteries

รูปที่ 2.3 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการใช้งานที่ต้องการกำลังสูง แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับเครื่องมือทางการแพทย์ แก้อัคนไข้ ไฟในห้องฉุกเฉิน และระบบยูพีเอส (UPS) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาถูกและมีความแข็งแรงทนทาน ในปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 2.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด [9]

4. แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานสูง มีน้ำหนักเบา เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีความปลอดภัยอีกด้วย เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดนี้มีวงจรป้องกัน (protection circuit) ในการจำกัดความต่างศักย์และกระแสสำหรับเหตุผลด้านความปลอดภัย คุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง เป็นแบตเตอรี่ที่มีการดูแลรักษาต่ำ ไม่มีเมมโมรี (memory) ดังนั้นจึงไม่มีผลของ เมมโมรีเอฟเฟค (memory effect) นอกจากนี้ยังมีผลการคายประจุด้วยตนเองต่ำอีกด้วย

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความจำเป็นต้องมีวงจรป้องกันเพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัย ในการจำกัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าในขณะอัดประจุและคายประจุโดยวงจรป้องกันจะจำกัดค่าความต่างศักย์สูงสุดในแต่ละเซลล์ในขณะอัดประจุและป้องกันไม่ให้ความต่างศักย์ต่ำเกินไปในขณะคายประจุนอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบอุณหภูมิของเซลล์แบตเตอรี่ไม่ให้สูงเกินไปอีกด้วย ส่วนกระแสไฟฟ้าทั้งในขณะอัดประจุและคายประจุจะถูกจำกัดให้มีค่าสูงสุดอยู่ระหว่าง 1C และ 2C ด้านการเก็บรักษาแบตเตอรี่ชนิดนี้ควรเก็บรักษาในสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการใช้งาน ขณะเก็บรักษาควรคายประจุกระแสออกบางส่วนให้เหลือประมาณ 40% เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดนี้มีปัญหาด้านอายุการใช้งานถึงแม้ว่าจะไม่ได้ใช้งาน และจะเริ่มเสื่อมหลังจากใช้งานไปแล้วประมาณ 1 ปี และแบตเตอรี่จะเริ่มหมดอายุภายใน 2-3 ปี แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องคอมพิวเตอร์แล็ปท็อปและโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 2.5 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน [2]

2.5 คุณสมบัติของการคายประจุ

ในการทดสอบความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และพฤติกรรมของการคายประจุ เป็นการเปรียบเทียบการคายประจุ, การถ่ายเทกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นการหมุนเวียนประจุจากแบตเตอรี่ทำให้สามารถถ่ายเทประจุได้อย่างรวดเร็ว การถ่ายเทประจุของแบตเตอรี่แบ่งออกเป็นสามแบบในการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ต่างๆ แต่แต่ละส่วนสามารถพิจารณาและออกแบบตามผู้ผลิตและค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ของอัตราการคายประจุ ซึ่งมีระดับสูง กลางและต่ำ

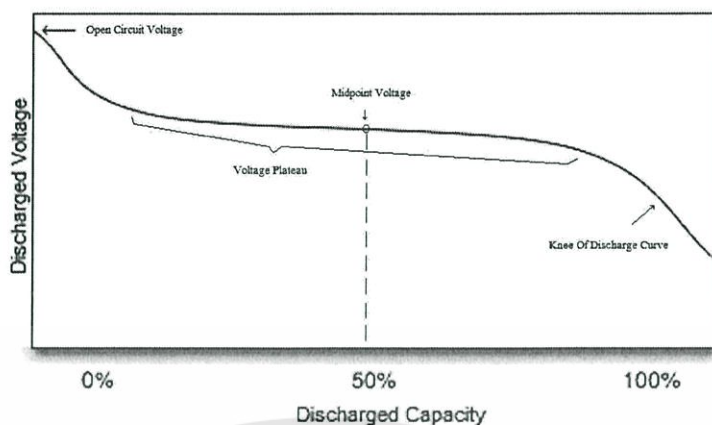
อัตราการคายประจุระดับสูง (High-Rate Discharge) จะถูกคายประจุที่กระแส 4C ในการเริ่มต้นเครื่องจักรที่ต้องการอัตราการคายประจุอยู่ที่ 10 C โดยปกติการคายประจุแบบนี้ใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาที แม้ว่าจะป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความผิดปกติ อุปกรณ์ที่ใช้ควรจะมีอัตราการคายประจุที่ต่ำกว่าระดับ 4C

อัตราการคายประจุระดับกลาง (Medium-Rate Discharge) ถูกใช้ในอุปกรณ์ที่มีระดับกระแสที่ 1C ส่วนใหญ่จะมีการผลิตแบตเตอรี่เป็นสินค้าสำหรับเวลาครึ่งชั่วโมงถึงสองชั่วโมง จำพวก กำลังไฟสำรอง (UPS) ในระบบไฟเตือนต่างๆ

อัตราการคายประจุระดับต่ำ (Low-Rate Discharge) จะถูกใช้ในอัตราที่มีความจุน้อยกว่า 0.2C ซึ่งอุปกรณ์ต้องการกระแสให้คงอยู่ประมาณห้าชั่วโมง อัตราการคายประจุระดับนี้ต้องมีอุปกรณ์เครื่องวัดถ้าต้องการที่ดำเนินการนานถึงแปดชั่วโมง

2.6 การวัดพฤติกรรมการคายประจุ

ค่าพารามิเตอร์สำหรับการคายประจุเกี่ยวพันถึงระดับแรงดันและค่าความจุไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์ของสองอย่างนี้เป็นฟังก์ชันของตัวเลขซึ่งสัมพันธ์กัน โดยทั่วไปรูปร่างกราฟของการคายประจุจะเป็นดังรูปที่ 2.6 ระดับแรงดันของการคายประจุเริ่มแรกจะค่อนข้างคงที่ จนกระทั่งลดลงอย่างรวดเร็ว พื้นที่ของความสัมพันธ์ที่ระดับแรงดันคงที่เรียกว่า “แรงดันราบเรียบ” (Voltage plateau) ซึ่งความกว้างของการคายประจุขึ้นอยู่กับแบตเตอรี่ส่วนจุดของระดับแรงดันที่ลดลงอย่างรวดเร็วเรียกว่า “จุดหักเสี้ยนโค้ง” (Knee of the curve)



รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพการคายประจุ [5]

จากกราฟการคายประจุ เมื่อถูกพิจารณาผลกระทบของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอกแบบโครงสร้างภายนอก เงื่อนไขตามการใช้จริงที่มีอิทธิพลต่อแบตเตอรี่ เป็นผลมาจากลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากระดับแรงดันและค่าความจุไฟฟ้า

หนึ่งในการพิจารณาการหาค่าพฤติกรรมการคายประจุของแบตเตอรี่เกี่ยวข้องกับค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตคือการเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่เกิดขึ้นบนอิเล็กโทรดถึงการกระตุ้นวัสดุสำหรับการเกิดผลของเซลล์แบตเตอรี่ ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งแบตเตอรี่เสถียรภาพจะเป็นจริงที่มากกว่าหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ของค่าความจุไฟฟ้าปกติ

2.7 ค่าความจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

การส่งค่าความจุไฟฟ้าแต่ละเซลล์ คือ ผลรวมของกระแสที่ซึ่งไม่มีการลดจำนวนของแหล่งจ่ายอิเล็กตรอนถึงวงจรรายนอก จำนวนของอิเล็กตรอนของเซลล์จะจัดเป็นฟังก์ชันของวิธีการใช้ สิ่งแวดล้อมขณะใช้งานและอุณหภูมิ ในหัวข้อนี้จะให้คำจำกัดความของค่าความจุไฟฟ้าซึ่งบรรยายถึงพารามิเตอร์ที่มีผลต่อค่าความจุไฟฟ้าที่เซลล์สามารถจ่ายได้ โดยทั่วไปค่าความจุไฟฟ้าจะวัดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง ค่าความจุไฟฟ้านี้จะแปลให้ง่ายคือ วัดต์-ชั่วโมง, โวลต์-แอมแปร์-นาที่หรือวัดพลังงานที่เซลล์สามารถจ่ายให้กับโหลด

2.8 คำจำกัดความค่าความจุแบตเตอรี่

ค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่หมายถึงผลรวมของกระแสในช่วงเวลาหนึ่ง

$$C = \int_{t_1}^{t_2} i \, dt \quad (2.1)$$

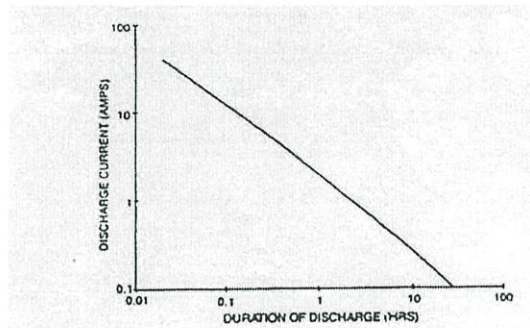
มาตรฐานความจุไฟฟ้า หมายถึง การวัดผลรวมของค่าความจุไฟฟ้าที่สัมพันธ์กัน ซึ่งแบตเตอรี่สามารถถ่ายเทพลังงานภายใต้มาตรฐานของเงื่อนไขของการนำไปใช้ หรืออุปกรณ์ซึ่งสันนิษฐานว่า

แบตเตอรี่จะเต็ม เมื่ออัดประจุที่อุณหภูมิตามมาตรฐานที่กำหนด และสามารถคายประจุที่อุณหภูมิมาตรฐานเดียวกันกับที่กำหนด อัตราการคายประจุจะถึงจุดสิ้นสุดการคายประจุ

แบตเตอรี่ควรมีความหลากหลายในค่าความจุไฟฟ้า ซึ่งค่ามาตรฐานความจุไฟฟ้าแต่ละผู้ผลิตจะอ้างอิงถึงสถิติของค่าความจุไฟฟ้าที่ผลิตเมื่อบางส่วนของเงื่อนไขแต่ละอุปกรณ์ต่างจากมาตรฐาน ค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละเซลล์จะเปลี่ยนใหม่เป็นค่าความจุไฟฟ้าจริงซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของค่าสิ้นสุดการคายประจุเป็นค่าความจุไฟฟ้าที่เหมาะสม เช่น มาตรฐานสิ้นสุดการคายประจุอยู่ที่ 1.6 โวลต์ต่อเซลล์ ค่าความเหมาะสมของค่าความจุไฟฟ้าถึงสิ้นสุดการคายประจุจะมีค่าเท่ากับ 1.8 โวลต์ต่อเซลล์จะมีค่าน้อยกว่าค่าความจุจริง แบตเตอรี่จะมีอัตราที่ระบุค่ามาตรฐานของอัตราการคายประจุและเงื่อนไขต่างๆไว้ เรียกว่า อัตราส่วนความจุไฟฟ้า (C) แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่จะจำกัดค่าต่ำสุดของค่าความจุมาตรฐานไว้ อัตราความจุไฟฟ้ามีการกำหนดค่าเฉพาะแต่ละโครงสร้างชนิดของเซลล์และการออกแบบ จำพวกกลุ่มของแบตเตอรี่ที่ดีจะมีอัตราค่าความจุไฟฟ้า 2.5 แอมแปร์-ชั่วโมง จะมีค่ามาตรฐานค่าความจุไฟฟ้าระหว่าง 2.5-3.0 แอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 2.65 แอมแปร์-ชั่วโมง

2.9 ค่าความจุไฟฟ้าที่อัดประจุเต็ม

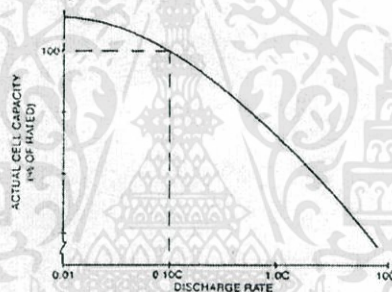
ค่าความจุของเซลล์หรือแบตเตอรี่ โดยปกติเน้นการวัดค่าจะสมบูรณ์ในการคายประจุขณะที่ผลรวมของกระแสเกิน ในคาบเวลาของการคายประจุของการวัดค่าความจุไฟฟ้าจะให้ผลที่ไม่ตรงกัน วิธีการโดยทั่วไปของการวัดค่าความจุของแบตเตอรี่ คือการหาการคายพลังงานด้วยวิธีการกระแสคงที่ซึ่งโหลดจะต้องปรับให้อัตราการคายพลังงานคงที่ที่ซึ่งจะทำให้ระดับแรงดันลดลง การคำนวณของการคายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะนำค่าที่ได้มาคูณด้วยเวลา ณ ก่อนถึงค่าแรงดันสุดท้ายของการคายประจุ (end of discharge voltage) ในแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานสั้น วิธีการวัดค่าความจุไฟฟ้าจะกำหนดค่าความต้านทานวัดสำหรับผลที่แม่นยำในการวัดค่าความจุไฟฟ้ารวมแรงดันที่ใช้ในการคายประจุควรต่ำกว่าโหลดที่ขั้วแบตเตอรี่และแสดงแรงดันไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันของการคายประจุด้วยการกำหนดค่าความต้านทานกระแสจะต่ำลงด้วยกับกับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ต่ำลง การบันทึกค่าจะใช้ค่าที่บันทึกที่ระดับแรงดันที่ลดค่าความต้านทาน การบันทึกค่าการคายประจุของระดับแรงดันที่ตกคร่อมค่าความต้านทานจะแสดงทั้งกระแสและระยะเวลา ทำให้สามารถคำนวณค่าความจุไฟฟ้าจากการคายประจุได้ การคายประจุซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะมีค่าของกระบวนการคายประจุซึ่งมาจากผลของความเสถียรของอุปกรณ์ที่สมบูรณ์ การวัดค่าความจุของแบตเตอรี่ ขึ้นอยู่กับระดับแรงดันสุดท้ายของการคายประจุ (end of discharge voltage) คือ จะปรากฏหลังจากแบตเตอรี่มีความเรียบของเส้นโค้งการคายประจุ (discharge curve) และระดับแรงดันที่ตกลงอย่างรวดเร็วค่าที่สูงกว่าแรงดันสุดท้ายของการคายประจุ (end of discharge voltage) เมื่อใช้ในกระบวนการวัดหาค่าจะทำให้เกิดผลในความแม่นยำที่ลดลงและยังมีผลน้อยมากต่อค่าความจุไฟฟ้าในแต่ละเซลล์



รูปที่ 2.7 ลักษณะเวลาของการคายประจุ [5]

2.10 อัตราความจุของการคายประจุ

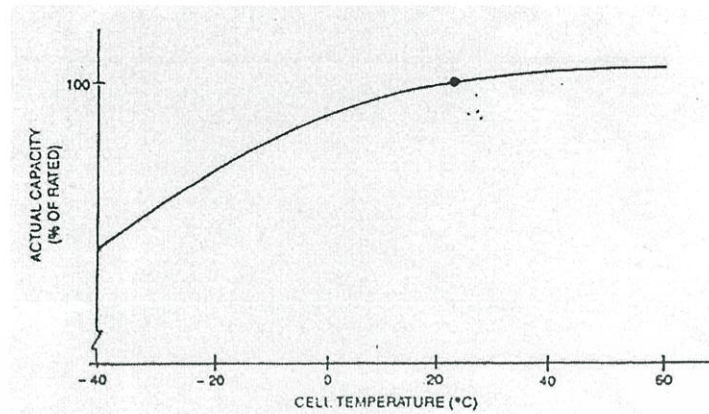
อัตราของกระแสจะแสดงถึงแบตเตอรี่สามารถบรรจพลังงานที่อัตราการคายประจุต่ำๆจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่จริงมีค่ามากกว่าอัตราการคายพลังงานที่สูงกว่า



รูปที่ 2.8 อัตราการคายประจุของแบตเตอรี่ [5]

2.11 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความจุไฟฟ้า

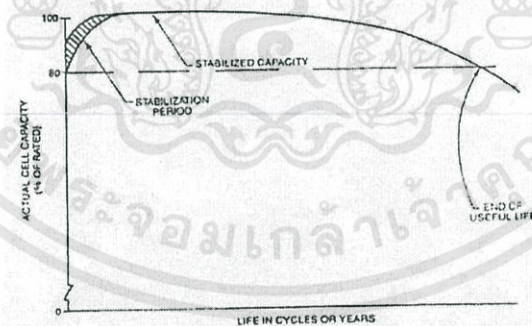
แบตเตอรี่จะสามารถคายประจุเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ โดยสามารถคายประจุได้ดีที่อุณหภูมิต่ำและให้ค่าความจุไฟฟ้าสูงที่อุณหภูมิสูง ทำให้อธิบายได้ว่าอุณหภูมิของการคายพลังงานขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ภายในแบตเตอรี่



รูปที่ 2.9 ค่าความจุที่เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิของเซลล์ [2]

2.12 ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

ค่าความจุไฟฟ้าที่ใช้มานาน ส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าอัตราค่าความจุมาตรฐานของแบตเตอรี่ แม้ว่าระหว่างอายุของแบตเตอรี่ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าจริงจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าคงที่ ซึ่งจะอยู่ที่อัตราค่าความจุไฟฟ้า ตัวเลขของจำนวนรอบของการอัดประจุและการคายประจุหรือระยะเวลาการใช้งานบนการอัดประจุปกติต้องการพัฒนาความจุของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์ที่เป็นลักษณะพิเศษเฉพาะการใช้งาน ทางเลือกหนึ่งถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุที่อัตราต่ำจะทำให้อายุการใช้งานนั้นเพิ่มขึ้น เงื่อนไขของค่าความจุแบตเตอรี่จะยังคงอยู่ใกล้กับค่ามาตรฐานสำหรับอายุการใช้งาน แบตเตอรี่จะเริ่มพบว่าค่าความจุลดลงเนื่องจากอายุการใช้งานและหน้าที่การทำงานของแบตเตอรี่ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นอย่างถาวรที่เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆด้วยอายุการใช้งานจนกระทั่งความจุไฟฟ้าลดลงต่ำกว่าแปดสิบเปอร์เซ็นต์ของอัตราค่าความจุไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าที่หมดอายุการใช้งาน



รูปที่ 2.10 ค่าความจุไฟฟ้ากับอายุของแบตเตอรี่ [2]

2.13 อัตราค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่กับอัตราการคายประจุ

แบตเตอรี่แต่ละชนิดมีค่าความจุไฟฟ้าและอัตราการคายประจุที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่และอุปกรณ์ที่ใช้กับแบตเตอรี่

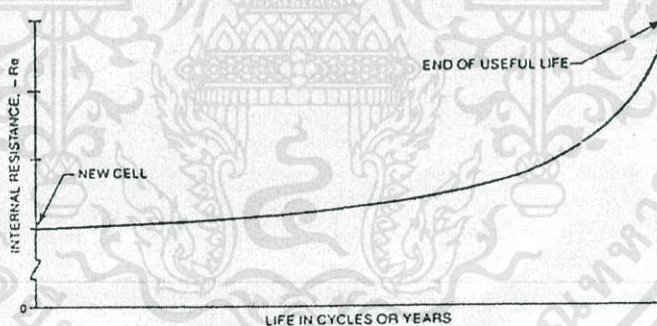
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าความจุที่อัตราการคายประจุต่างๆ

เวลาในการคายประจุทั้งหมด (ชั่วโมง)	ค่าความจุ (อัตรา 10 ชม. = 100%)
0.2	44%
1.0	72%
5.0	92%
10.0	100%
20.0	108%

2.14 ค่าความต้านทานภายในกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลกระทบต่อค่าความต้านทานภายในคืออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น ผลของการเพิ่มขึ้นของค่าความต้านทานภายในจะลดน้อยลงจนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดของการใช้งาน เมื่อเซลล์ถูกใช้งาน พื้นที่ผิวระหว่างการสะสมของกระแสและวัสดุที่ถูกกระตุ้นจะมีการลดลงของการออกซิเดชันของแผ่นตะกั่ว โดยแผ่นตะกั่วจะออกซิไดส์เป็น PbO_2 ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของ PbO_2 มีค่าน้อยลง กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะทะลุผ่านอย่างไม่มีประสิทธิภาพขณะที่ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้งานมากขึ้น



รูปที่ 2.11 กราฟระหว่างค่าความต้านทานภายในและอายุของเซลล์แบตเตอรี่ [2]

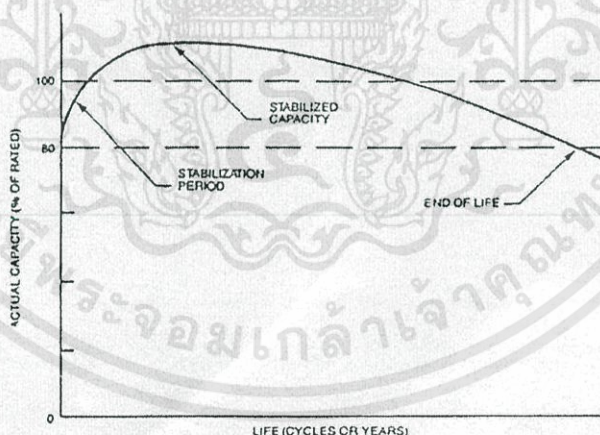
2.15 สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge)

สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (State of charge , SOC) ของแบตเตอรี่ ใช้แสดงความจุของแบตเตอรี่ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของความจุสูงสุดที่มีอยู่ ทำให้สามารถทราบได้ว่า พลังงานได้คายประจุออกไปแล้วเท่าใดและใช้ในการเปรียบเทียบพลังงานเมื่อผู้ใช้งานอัดไฟฟ้าเข้าไปใหม่ทำให้ทราบว่าสามารถจะใช้แบตเตอรี่ได้อีกระยะเวลาเท่าใดถึงควรที่จะอัดไฟฟ้าเข้าไปใหม่อีกทั้งทราบว่าควรจะอัดประจุเป็นเวลานานเท่าใดแบตเตอรี่ถึงจะเต็ม เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดชนิดอื่น สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge) ของ

แบตเตอรี่เป็นไปทำงานองเดียวกันกับเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณน้ำมันในถังเชื้อเพลิงของรถยนต์ สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge) ของแบตเตอรี่นั้นไม่สามารถที่จะใช้เป็น ปริมาณอ้างอิงได้เนื่องจากในการอัดประจุและคายประจุแต่ละรอบจะมีผลทำให้ความจุของแบตเตอรี่ ลดลง รวมไปถึงอายุการใช้งานของเซลล์จะลดลงเนื่องจากผลของอุณหภูมิจากการคายประจุการวัด สถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge) ที่ครั้งแรกสุด จึงจะได้พลังงานที่สูงที่สุด ในการวัดหาค่าสถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge) จะใช้ในการเปรียบเทียบกับ การคายประจุครั้งแรกสุดแล้วจึงจะใช้การประเมินอายุรอบของการใช้งานได้

2.16 คำจำกัดความการสิ้นสุดอายุ

โดยทั่วไปเซลล์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ จะถูกออกแบบให้ไม่มีปัญหาในการอัดประจุซ้ำ ด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและที่สำคัญที่สุดจะต้องมีจำนวนรอบที่มาก หรืออายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยอายุการใช้งานจะถูกกำหนดจากการรวมกันของจำนวนการอัดประจุและการคายประจุของ แบตเตอรี่ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะยาวนานขึ้นถ้าเลือกเครื่องอัดประจุที่เหมาะสมและใช้งาน ที่มีแรงดันต่ำ การใช้งานของแบตเตอรี่ ถูกใช้งานที่ 80 % ของสถานะการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (state of charge) เพราะจะมีผลดีที่ว่าเกิดการปรับปรุงค่าความจุหลังจากใช้งานไปแล้ว 2-3 รอบ ทำให้ค่าความจุมีค่าเป็นค่าความจุสูงสุด ถ้ายังใช้ต่อไปค่าความจุจะค่อยๆปรับปรุงจนกระทั่งมีค่าคงที่หรือ มีค่ามากกว่า 100 % จากนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลง และจะลดลงไปเรื่อยๆจนถึงจุด สิ้นสุดท้ายของความจุ (80% ของค่าความจุสูงสุด) ซึ่งการประยุกต์ที่สำคัญ คือ การเลือกใช้ขนาดของ แบตเตอรี่ที่จ่ายโหลดจะต้องคำนึงถึงจุดสิ้นสุดการใช้งานของแบตเตอรี่ด้วย



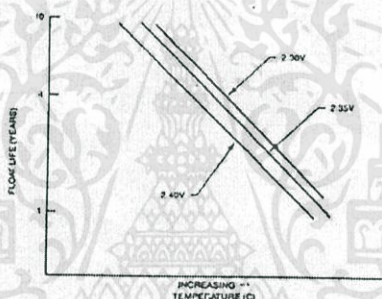
รูปที่ 2.12 แนวโน้มอายุของแบตเตอรี่ [5]

2.17 ผลทางกลกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

การเสื่อมสภาพของโครงสร้างภายในเซลล์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่แผ่นประจุบวก เนื่องจากกระบวนการออกซิเดชันที่แผ่นประจุ PbO_2 จะครอบคลุมแผ่นประจุมากกว่าธาตุตะกั่วถึงอีลิปเปอร์เซ็นต์ กระบวนการออกซิเดชันที่แผ่นประจุเรียกว่า การเติมโต ซึ่งค่าการเติมโตนี้จะมีค่าลดลงที่ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นประจุที่มีความไวแลแผ่นประจุที่มีการจ่ายกระแส เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการปล่อยประจุบวกทำให้ความไวในการทำปฏิกิริยาของแผ่นช่องว่างระหว่างแผ่นประจุทั้งสองมีค่ากว้างมากขึ้น ผลการเติบโตที่แผ่นประจุทั้งสองจะถูกหยุดยั้งด้วยผลที่เกิดขึ้นจากแผ่นประจุลบ

2.18 อุณหภูมิกับอายุของแบตเตอรี่

ผลของการออกซิเดชันที่แผ่นประจุมีค่าอยู่กับอุณหภูมิด้วย การลดลงของอุณหภูมิจะส่งผลให้กระบวนการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่มีค่าลดลง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้กระแสการอัดประจุเกิน (Overcharge) มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่มีค่าลดลง



รูปที่ 2.13 ผลของอุณหภูมิต่ออายุแบตเตอรี่ [5]

2.19 ระยะเวลาการทดสอบและอัตราการคายประจุ

ระยะเวลาการทดสอบนั้นมีรูปแบบหลากหลายของการทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่ซึ่งแนะนำให้อยู่ในการปฏิบัติ การทดสอบความทนทาน ประสิทธิภาพและการบำรุงรักษา การทดสอบความทนทานและประสิทธิภาพนั้นทดสอบจากค่าความจุของแบตเตอรี่ ส่วนการทดสอบการบำรุงรักษาจะขึ้นอยู่กับความสามารถของแบตเตอรี่ที่พบในแต่ละการใช้งาน

อัตราการคายประจุสำหรับการทดสอบหาค่าความจุต้องทำให้กระแสคงที่หรือกำลังคงที่ ส่วนไหลขึ้นกับระยะเวลาการทดสอบของแบตเตอรี่ที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ให้

2.20 วิธีการหาค่าความจุ

มี 2 วิธีในการทดสอบหาค่าความจุ คือ เรทแอดจัสต์ (rate adjusted) กับ ไทม์แอดจัสต์ (time adjusted) จะพิจารณาเป็นการทดสอบที่เวลา ซึ่งถ้าใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง จะใช้วิธีไทม์แอดจัสต์ (time adjusted method) ส่วนวิธีเรทแอดจัสต์ (rate adjusted method) จะใช้ในการทดสอบที่เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมงซึ่งจะได้ค่าที่แม่นยำ

1. วิธีใหม่แอดจัสต์ (time adjusted method)

วิธีนี้เป็นการแนะนำสำหรับการทดสอบหาค่าที่ยอมรับได้และการทดสอบประสิทธิภาพในช่วงเวลาทดสอบ 1 ชั่วโมงหรือมากกว่า ปัจจัยทางด้านอุณหภูมิมีผลต่อความถูกต้องด้วย ในทางปฏิบัติแต่ก่อนสำหรับ วิธีใหม่แอดจัสต์ (time adjusted method) ถูกปรับอุณหภูมิให้เข้ากับสภาวะก่อนการทดสอบ ซึ่งก่อนหน้านี้สามารถยอมรับได้ แต่ในปัจจุบันวิธีการชดเชยอุณหภูมิ (temperature compensation method) ได้ปรับปรุงประยุกต์ใช้ในเรื่องตัวแก้ไขทางอุณหภูมิ (temperature correction) เพื่อการคำนวณค่าความจุหลังจากการทดสอบเสร็จสิ้น

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยปรับแก้เวลา (time correction factor; K_t) [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t
5	0.684	22	0.966	30	1.045
10	0.790	23	0.977	31	1.054
15	0.873	24	0.986	32	1.063
16	0.888	25	1.000	33	1.072
17	0.902	26	1.006	34	1.081
18	0.916	27	1.015	35	1.090
19	0.929	28	1.025	40	1.134
20	0.942	29	1.036	45	1.177
21	0.954	-	-	-	-

ตารางที่ 2.3 ปัจจัยปรับแก้เวลาสำหรับอุณหภูมิอื่นๆ (time correction factor; K_t) [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t
4.4	0.670	26.1	1.007
7.2	0.735	26.7	1.011
10.0	0.790	27.2	1.017
12.8	0.840	27.8	1.023
15.6	0.882	28.3	1.030
18.3	0.920	28.9	1.035
18.9	0.927	29.4	1.040
19.4	0.935	30.0	1.045
20.0	0.942	30.6	1.050
20.6	0.948	31.1	1.055
21.1	0.955	31.6	1.060

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ปัจจัยปรับแก้เวลาสำหรับอุณหภูมิอื่นๆ (time correction factor; K_t) [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_t
21.7	0.960	32.2	1.065
22.2	0.970	35.0	1.090
22.8	0.975	37.8	1.112
23.4	0.980	40.6	1.140
23.9	0.985	43.3	1.162
24.5	0.990	46.1	1.187
25.0	1.000	48.9	1.210
25.6	1.002	-	-

จากตารางจะพบว่า ในการคำนวณค่าความจุ อุณหภูมิจะมีผลต่อความถูกต้องของค่าด้วย โดยกำหนดเป็นค่าปัจจัยอุณหภูมิโดยใช้ค่าอุณหภูมิก่อนการทดสอบ ในด้านค่าความจุตามความหมายของเวลา (Time capacity determination) การหาค่าความจุของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์สามารถหาได้จากสมการ

$$C = \left(\frac{t_A}{t_s \times K_t} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ C = เปอร์เซนต์ค่าความจุที่ 25°C

t_A = เวลาที่ใช้จากการคายประจุจนถึงแรงดันคัทออฟ (Cut off Voltage)

t_s = เวลาที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดในการทดสอบ

K_t = ค่าปรับแก้สำหรับอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนทำการทดสอบ

2. วิธีเรทแอดจัสต์ (rate adjusted method)

วิธีนี้ถูกแนะนำให้ใช้ทดสอบประสิทธิภาพและทดสอบหาค่าที่ยอมรับที่ใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมง การปรับอัตราค่าที่กำหนดไว้ (adjusted published rating) สำหรับเงื่อนไขการหมดอายุของแบตเตอรี่และการใช้ค่าจริงที่กำหนดไว้ (full published rate) การปรับอัตราค่าที่กำหนดไว้ (adjusted published rating) ถูกพิจารณามากกว่า เพราะว่าการทดสอบอายุของแบตเตอรี่ที่การคายประจุสูงๆ อาจส่งผลในช่วงเวลาที่สั้น การใช้ค่าจริงที่กำหนดไว้ (full published rate) อาจมีองค์ประกอบอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ซับซ้อนต่อการทดสอบ ซึ่งค่าความจุตามความหมายของการปรับอัตรา (Rate-adjustment capacity determination) มีการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าความจุจำเป็นจะต้องมีข้อมูลจากผู้ผลิตแบตเตอรี่เพื่อระบุค่าแรงดันที่ขั้วสำหรับหาค่าความจุจริงของค่าที่ผู้ผลิตกำหนดในการทดสอบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C = \left(\frac{X_a \times K_c}{X_t} \right) \times 100 \quad (2.3)$$

- เมื่อ C = เปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่ 25°C
 X_a = ค่ากระแสจริงที่ใช้ในการทดสอบ
 X_t = ค่ากระแสที่ผู้ผลิตรายอื่นที่ใช้ในการทดสอบ
 K_c = ค่าปรับแก้สำหรับอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนทำการทดสอบ

ตารางที่ 2.4 ปัจจัยปรับแก้อัตรา (rate correction factor; K_c) [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	K_c	อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	K_c	อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	K_c
		21	1.042	30	0.956
5	1.289	22	1.031	31	0.949
10	1.190	23	1.021	32	0.941
15	1.119	24	1.010	33	0.937
16	1.110	25	1.000	34	0.934
17	1.094	26	0.988	35	0.930
18	1.083	27	0.979	40	0.894
19	1.070	28	0.971	45	0.874
20	1.056	29	0.963	-	-

ตารางที่ 2.5 ปัจจัยปรับแก้อัตรา (rate correction factor; K_c) สำหรับอุณหภูมิอื่น [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	K_c	อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)	K_c
4.4	1.300	26.1	0.987
7.2	1.250	26.7	0.980
10.0	1.190	27.2	0.976
12.8	1.150	27.8	0.972
15.6	1.110	28.3	0.968
18.3	1.080	28.9	0.964
18.9	1.072	29.4	0.960
19.4	1.064	30.0	0.956
20.0	1.056	30.6	0.952
20.6	1.048	31.1	0.948
21.1	1.040	31.6	0.944
21.7	1.034	32.2	0.940
22.2	1.029	35.0	0.930

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ปัจจัยปรับแก้อัตรา (rate correction factor; K_c) สำหรับอุณหภูมิอื่น [1]

อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_c	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	K_c
22.8	1.023	37.8	0.910
23.4	1.017	40.6	0.890
23.9	1.011	43.3	0.880
24.5	1.006	46.1	0.870
25.0	1.000	48.9	0.860
25.6	0.994	-	-

ในการทดสอบแบบปรับเปลี่ยนอัตราอุณหภูมิมีผลต่อค่าความแม่นยำของเปอร์เซ็นต์ค่าความจุด้วย

ผลลัพธ์ของการทดสอบค่าความจุในการทดสอบหาค่าความจุทั้งสองวิธีที่กล่าวข้างต้น (ทดสอบหาค่าที่ยอมรับได้และการทดสอบประสิทธิภาพ) ผลลัพธ์ของการทดสอบค่าความจุเป็นการคำนวณหาค่าความจุของแบตเตอรี่เพื่อระบุอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ว่ามีสภาพพร้อมที่จะใช้งานต่อหรือเสื่อมสภาพแล้วเพื่อที่จะได้ทำการเปลี่ยนตัวใช้งานเมื่อเสื่อมสภาพการทำงาน

2.21 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีใหม่แอดจัสต์ (time adjusted) และวิธีเรทแอดจัสต์ (rate adjusted)

80 เปอร์เซ็นต์ของค่าความจุพิกัดจะเป็นจุดบอกความเสื่อมของแบตเตอรี่เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ตัวหนึ่งมีค่าความจุพิกัดที่ 100 A ต่อ 240 นาที ถ้าเกิดแบตเตอรี่มีค่าความจุพิกัดอยู่ที่ 80 A ต่อ 240 นาที นั้นหมายความว่า แบตเตอรี่ตัวนั้นถึงจุดสิ้นสุดอายุแล้วนี่คือพื้นฐานของการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีเรทแอดจัสต์ (rate adjusted) การคำนวณค่าความจุของแบตเตอรี่ในวิธีใหม่แอดจัสต์ (time adjusted) นั้นค่อนข้างซับซ้อน ในทางที่จริงแล้วยังมีอีกหลายเทคนิคที่ใช้และแม่นยำกว่า คำแนะนำในทางปฏิบัติกำหนดโดยผู้ทดสอบโดยทดสอบในช่วงเวลา 60 นาทีหรือน้อยกว่า สำหรับการทดสอบที่ใช้เวลามากนั้นถูกแนะนำให้ใช้วิธีของเรทแอดจัสต์ (rate adjusted) ในวิธีนี้เงื่อนไขของจุดสิ้นสุดอายุได้นิยามการใช้จากกระแสที่ 100 % จากเวลา 80 % เช่น แบตเตอรี่มีอัตราที่ 100 A 240 นาที มีค่าความจุของ end-of-life ที่ 100 A แต่ $240 \times 0.8 = 192$ นาที การคำนวณ capacity เป็นอัตราส่วนง่ายสำหรับการทดสอบทางเวลาโดยไม่สนใจเรื่องของอุณหภูมิ เพราะว่าวิธีนี้ทดสอบในช่วงเวลาที่ยาวนานกว่า ดังนั้นการเลือกใช้วิธีเรทแอดจัสต์ (rate adjusted) จะใช้กับการที่ทดสอบในเรื่องอัตราของแบตเตอรี่ แต่ถ้าเลือกใช้วิธีที่ระยะเวลาทดสอบที่นานต้องใช้วิธี time adjusted ซึ่งจะได้ค่าของ capacity ที่แม่นยำ

ตารางที่ 2.6 ค่ากระแสพิกัดของเซลล์ชนิด XYZ33 [1]

	8 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	90 นาที	60 นาที	30 นาที	25 นาที	15 นาที	1 นาที
กระแสพิกัด (แอมแปร์)	290	368	496	613	800	944	1168	1536	1616	1840	2240
ค่าความจุ (แอมแปร์-ชั่วโมง)	2320	2208	1984	1839	1600	1416	1168	768	673	460	37
เปอร์เซ็นต์พิกัดแอมแปร์-ชั่วโมง	100	95	86	79	69	61	50	33	29	20	2

จากตารางข้างต้นเป็นค่ากระแสพิกัดของเซลล์ชนิด XYZ 33 ที่ระบุค่าความจุในหน่วยของแอมแปร์ชั่วโมงและเปอร์เซ็นต์ของความจุพิกัดสำหรับการคายประจุในเวลาต่างๆจนถึงแรงดันสุดท้ายของเซลล์ขนาด 1.75 โวลต์ต่อเซลล์

ถ้าการทดสอบแบบไทม์แอดจัสต์ (time adjusted) ถูกใช้ในการทดสอบเป็นช่วงเวลา 8 ชม. จะหมดอายุที่ 6.4 ชั่วโมง (80 % ของ 8 ชั่วโมง) จากตารางในการคายประจุที่ 6.4 ชั่วโมง ถ้าเป็นแบตเตอรี่ใหม่มีค่าความจุที่ 8 ชั่วโมงจะได้แอมแปร์-ชั่วโมงมากถึง 96 % โดย 4 % ที่ขาดไปเกิดจากการสูญเสียที่ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในการคายประจุในระยะสั้นและเป็นที่ยอมรับว่าเป็นการนำไปสู่การประมาณค่าอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ XYZ 33 เกิดการคายประจุที่ 8 ชั่วโมง ของกระแส 290 แอมแปร์และใช้เวลาที่ 6.4 ชั่วโมงนั้น สามส่วนของที่หายไปเป็นการเสื่อมเสียที่ทำลายแบตเตอรี่และอีกหนึ่งในสี่เป็นผลมาจากประสิทธิภาพ ซึ่งผลลัพธ์จะเป็นการประเมินค่าอายุของแบตเตอรี่ได้ สำหรับการทดสอบที่เวลา 30 นาที วิธีไทม์แอดจัสต์ (time adjusted) จะมีจุดหมดอายุอยู่ที่ 24 นาที ซึ่งค่าความจุที่ 24 นาที มีเพียง 86 % จากความจุของ 30 นาที ดังนั้นการประเมินอายุด้วยวิธีไทม์แอดจัสต์ (time adjusted) จะคิดเป็นหนึ่งในสี่ที่หายไปกับการเสื่อมของแบตเตอรี่และอีกสามในสี่เป็นผลของประสิทธิภาพซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มากกว่าที่จะรับได้ ซึ่งจะเห็นข้อแตกต่างว่าทำไมการทดสอบที่เวลานานๆต้องใช้เรทแอดจัสต์ (rate adjusted) เวลาและช่วงการทดสอบน้อยๆจึงเลือกใช้เรทแอดจัสต์ (rate adjusted)

2.22 การประมาณอายุที่เหลืออยู่

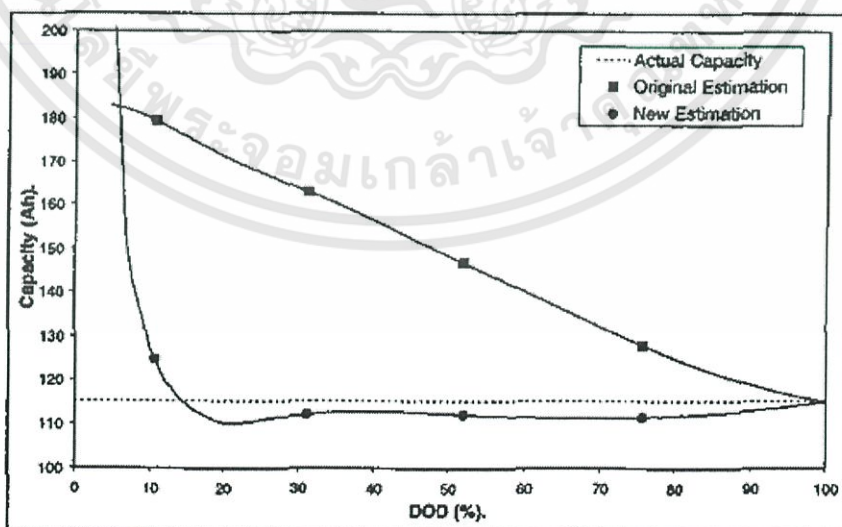
อายุที่เหลือ คือ อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่เพื่อเป็นค่ากำหนดสถานะอายุของแบตเตอรี่ (state of health , SOH) ว่าพร้อมใช้งานต่อไปหรือไม่ ถ้าแบตเตอรี่ถูกพบว่ามีค่า SOH ที่ยอมรับไม่ได้ เมื่อทำการต่อเข้ากับระบบอาจทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้น จุดประสงค์หลักของการตรวจสอบแบตเตอรี่ คือ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับระบบ โดยจะบรรลุจุดประสงค์ได้ ถ้าสามารถตรวจสอบความสามารถเพื่อหาระดับของ SOH ของแบตเตอรี่ได้ การตรวจสอบด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันนั้นไม่ได้มีแค่การพัฒนาความน่าเชื่อถือของระบบเท่านั้น แต่รวมไปถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและในเรื่องของราคาด้วย ความเข้าใจเกี่ยวกับอายุที่เหลือจะช่วยทำให้เกิดการวางแผนเกี่ยวกับการจัดเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้อย่างมีขอบเขต จะทำให้เกิดผลดีที่สุด จะต้องทำแผนการที่จะปรับปรุงของการตรวจสอบแบตเตอรี่และจัดการกับปัญหาที่จะเกิดขึ้น นี่คือการลดภาวะทางด้านการทำงานและทางด้านราคาด้วย ในด้านของค่าความจุ ค่าความจุเป็นเป้าหมายที่จะบ่งชี้สถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health) ที่แน่นอนได้ บ่อยครั้งที่อัตราส่วนค่าความจุขณะทำการวัดกับค่าความจุจากบริษัทผู้ผลิตถูกใช้ในการบรรยายคุณภาพของสถานะอายุของแบตเตอรี่ด้วยสมการ

$$SOH = C(t) / C_R \tag{2.4}$$

โดย SOH = สถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health)
 C(t) = ค่าความจุขณะทำการวัด
 C_R = ค่าความจุที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

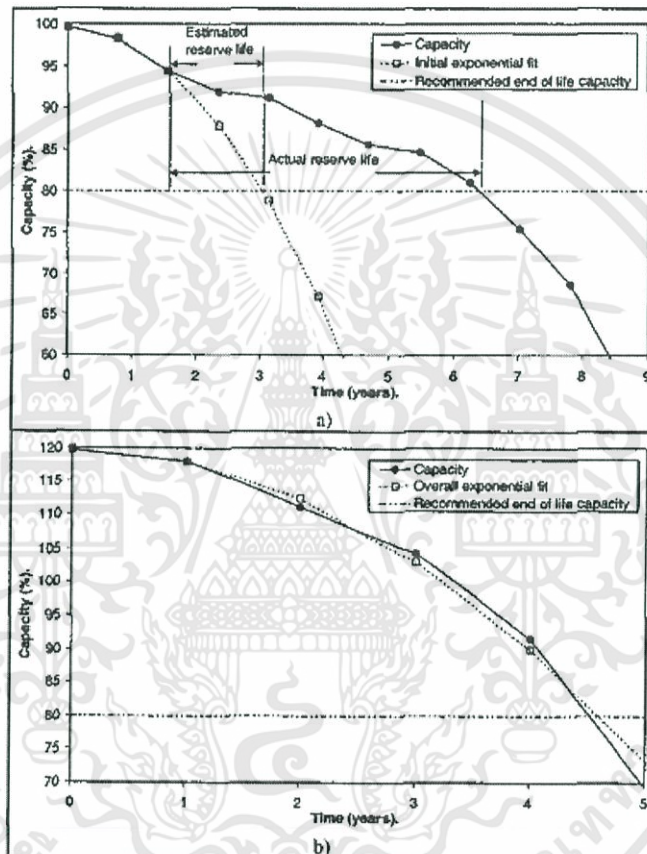
เกณฑ์มาตรฐานสำหรับการหาอายุของแบตเตอรี่จากการทดสอบหาค่าความจุ คือ เมื่อมีค่าสถานะอายุของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 80% จากค่าความจุที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดจะหมายถึงแบตเตอรี่นั้นหมดอายุการใช้งาน



รูปที่ 2.14 กราฟการคายประจุ (%) กับ ค่าความจุ (Ah) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าความจุที่แม่นยำในสถานะการคายประจุอย่างสมบูรณ์ของแบตเตอรี่นั้น ต้องแยกส่วนที่เป็นเวลาทำลายออก เพื่อให้ระบบไม่เกิดความเสียหายจากไฟฟ้ากระแสสลับ การละลายเวลาข้างต้นสามารถสร้างการคายประจุบางส่วนได้ที่จุดสิ้นสุดการคายประจุบางส่วน สามารถประมาณค่าความจุโดยการคำนวณประจุที่เหลืออยู่และประจุที่จ่ายออกไปได้ แบตเตอรี่ทดสอบจะมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน (ประมาณ 50 % ของพิกัดความจุ) หลังจากมีการใช้ที่ทำให้ความร้อนเกิดขึ้น การใช้เทคนิคต่างๆในการประมาณค่าความจุ สามารถดูได้หลังจากเกิดการคายประจุไปแล้ว 30 % ของค่าพิกัดความจุ



รูปที่ 2.15 กราฟทำนายแนวโน้มอายุของแบตเตอรี่ [4]

กราฟ a และ b แสดงแนวโน้มอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ในค่าของความจุ โดยในกราฟ a มีแนวโน้มของค่าความจุเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล หลังจากมีการใช้งานไปแล้ว 3 ครั้ง เมื่อแบตเตอรี่มีค่าความจุถึง 80 % แนวโน้มของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะเป็นไปในลักษณะเชิงเส้นมากขึ้น ถ้าในตอนเริ่มต้นเป็นลักษณะของเอกซ์โพเนนเชียล แล้วอายุที่เหลือจะสามารถทำการประมาณอายุได้ที่น้อยกว่า 2 ปี ซึ่งจริงๆแล้วน่าจะเป็นที่ 5 ปี แต่ในกราฟ b เป็นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล ตลอดช่วงการพิจารณา ที่จุดสิ้นสุดสามารถเป็นแนวโน้มที่ขึ้นกับค่าสิ้นสุดของความจุได้ ซึ่งโดยทั่วไปไม่ค่อยพบในลักษณะนี้สักเท่าไร จะพบในลักษณะแบบแรกมากกว่า

2.23 ปฏิกริยาที่มีผลต่อค่าความจุของแบตเตอรี่

การเกิดปฏิกริยาในเซลล์แบตเตอรี่นั้นจะเป็นปฏิกริยาทางเคมีซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ขณะแบตเตอรี่คายประจุ ที่ขั้วบวกจะมีสารตะกั่วออกไซด์ (PbO_2) และที่ขั้วลบมีสารตะกั่ว (Pb) ที่แช่อยู่ในกรดกำมะถันเจือจาง (H_2SO_4) จะเกิดการไหลของปฏิกริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายในเซลล์แบตเตอรี่ เมื่อนำภาระทางไฟฟ้ามาต่อเข้ากับแบตเตอรี่จะสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลได้ ซึ่งที่ขั้วบวกและขั้วลบจะเกิดปฏิกริยาเคมีกลายเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่ขั้วทั้งสองเรียกว่า ตะกั่วซัลเฟต (PbSO_4) รวมทั้งเกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากขั้วบวกกลายเป็นน้ำทำให้กรดที่มีอยู่เจือจางลงเป็นสาเหตุทำให้แรงดันไฟฟ้าทั้งสองขั้วเท่ากัน กระแสไฟฟ้าไม่ไหล ดังสมการ



ในขณะเดียวกันที่แบตเตอรี่กำลังอัดประจุ สารที่เป็นซัลเฟต (PbSO_4) ที่เกาะอยู่ที่ขั้วจะเกิดปฏิกริยาเคมี หลุดออกมากลายเป็นซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ทำให้กรดที่มีอยู่เข้มข้นพอที่จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วได้ใหม่ ปฏิกริยาเคมีข้างต้นและกระบวนการผลิตจากโรงงานนี้จะส่งผลต่อค่าความจุของแบตเตอรี่ที่อาจทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าความจุไฟฟ้านั้นมีค่าเกิน 100 เปอร์เซ็นต์หรือต่ำกว่าก็ได้ซึ่งกล่าวถึงค่าความจุไฟฟ้ากับรอบการใช้งานไว้ในหัวข้อ 2.12

2.24 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

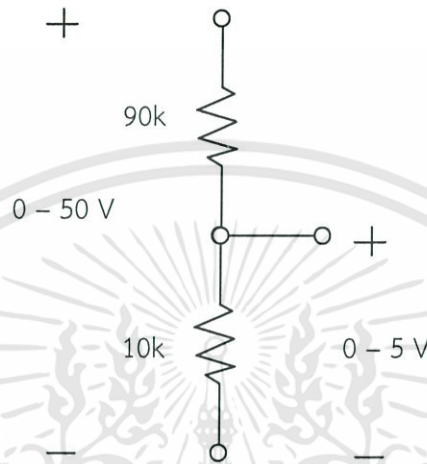
การแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) นั้นเป็นโมดูลที่ทำหน้าที่รับสัญญาณแอนะล็อกอินพุตจากภายนอก PIC แล้วนำสัญญาณแอนะล็อกที่รับมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อให้ PIC สามารถนำสัญญาณที่รับเข้ามานำไปใช้ในการประมวลผลต่างๆ สาเหตุที่ต้องทำการแปลงในลักษณะนี้เพราะว่า สัญญาณที่ใช้ในการทำงานภายใน PIC นั้นจะต้องเป็นสัญญาณดิจิทัล (เป็นลอจิก 0 หรือ 1) เท่านั้น ประโยชน์จากการที่มีการแปลงสัญญาณนี้อยู่ภายใน PIC คือสามารถรับสัญญาณแอนะล็อกอินพุตจากเซนเซอร์ต่างๆ เข้าสู่ภายใน PIC ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องต่อวงจรการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลเพิ่มเข้าไป แผนผังการทำงานของ การแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัลเป็นดังรูป



รูปที่ 2.16 แผนผังกระบวนการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

กระบวนการแปลงสัญญาณเริ่มจากสัญญาณแอนะล็อกอินพุตที่รับเข้ามานำไปผ่านกระบวนการสเกลลิง (Scaling, S) ทำให้สัญญาณแอนะล็อกอินพุตมีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในระดับที่ทำให้การแปลงได้และทำงานของ PIC ได้โดยทั่วไปใช้วิธีต่อตัวต้านทานแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) เมื่อได้ค่าต่ำสุด-สูงสุด นำสัญญาณที่ได้เข้าวงจรกรอง (Filter, F) เพื่อลดทอนสัญญาณในแถบความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปนำสัญญาณที่ผ่านการกรองแล้วผ่านเข้ากระบวนการแซมเปิลแอนด์โฮลด์ (Sample &

Hold, S&H) เพื่อทำการสุ่มค่าสัญญาณให้เป็นระบบสุ่มเลือก (Discrete) เพื่อให้การสุ่มในแต่ละช่วงเวลามีค่าคงที่ตลอดการแปลงสัญญาณ นำค่าที่ได้ไปมัลติเพล็กซ์ (Multiplex, M) เพื่อเลือกช่องสัญญาณของสัญญาณแอนะล็อกอินพุตที่ต้องการป้อนเข้าสู่การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลในวงจร PIC จึงออกมาเป็นสัญญาณลอจิก (001011) โดยความละเอียดของการแปลงสัญญาณจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของการทำใน PIC แต่ละเบอร์



รูปที่ 2.17 การต่อตัวต้านทานเพื่อแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

2.25 การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม

การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม คือ การรับหรือส่งข้อมูลโดยที่ข้อมูลที่รับหรือส่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลอนุกรมแทนที่จะเป็นข้อมูลแบบขนาน โดยใช้สัญญาณเพียงไม่กี่เส้นเท่านั้นในการรับหรือส่งข้อมูล รวมทั้งยังสามารถรับหรือส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้อีกด้วย การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมนี้จะใช้ในการรับหรือส่งข้อมูลระหว่าง PIC กับคอมพิวเตอร์, PIC กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ หรือ PIC ด้วยกันเอง ลักษณะของสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม USART จะใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลตามแบบมาตรฐาน RS-232 โดยจะมีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลอยู่ที่ 4800 บิต/วินาที, 19200 บิต/วินาที หรือ 38400 บิต/วินาที เป็นต้น โปรโตคอล RS-232 จะมีรูปแบบข้อมูลอนุกรมประกอบไปด้วยบิต start ตามด้วยข้อมูลอีก 7-8 บิต จากนั้นจึงตามด้วยบิต parity และสุดท้ายคือ บิต stop โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้ข้อมูล 8 บิต และไม่ใช้บิต parity โดยในการสื่อสารข้อมูลบิตที่มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (บิต LSB) จะถูกส่งออกไปเป็นบิตแรก และข้อมูลบิตที่มีลำดับความสำคัญสูงสุด (บิต MSB) จะถูกส่งออกไปเป็นบิตสุดท้าย ดังรูปที่ จะเป็นการแสดงลักษณะของข้อมูลอนุกรมตั้งอักษร "A" (00100001) ในรูปแบบอนุกรมตามโปรโตคอล RS-232 ลอจิก 1 จะมีค่าแรงดันเท่ากับ -12 V และลอจิก 0 จะมีค่าแรงดันเท่ากับ +12 V ซึ่งโดยปกติแรงดันในสารสัญญาณสื่อสาร ในขณะที่ไม่มีการสื่อสารข้อมูลจะมีค่า -12 V หรือมีค่าเป็นลอจิก 1 เมื่อมีการสื่อสารข้อมูลบิต start จะทำให้แรงดันเปลี่ยนเป็น +12 V หรือมีค่าเป็นลอจิก 0 จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตโดยเริ่มจาก LSB ไปจนถึงบิต MSB เมื่อส่งข้อมูลจบครบแล้วบิต stop จะทำให้แรงดันเปลี่ยนเป็น -12 V หรือมีค่าเป็นลอจิก 1 เหมือนเดิม

ในการใช้การสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม USART เพื่อสื่อสารข้อมูลระหว่าง PIC กับคอมพิวเตอร์จะทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Comport ซึ่ง Comport ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ หัวต่อ DB9 ซึ่งประกอบไปด้วยขาเชื่อมต่อ สัญญาณทั้งหมด 9 ขา ลักษณะและตำแหน่งของขาต่างๆ ของหัวต่อ DB9 แสดงดังรูปที่ และชื่อของ ขาสัญญาณต่าง ๆ ของหัวต่อ DB9

ตารางที่ 2.7 ชื่อขาสัญญาณต่างๆของหัวต่อ DB9

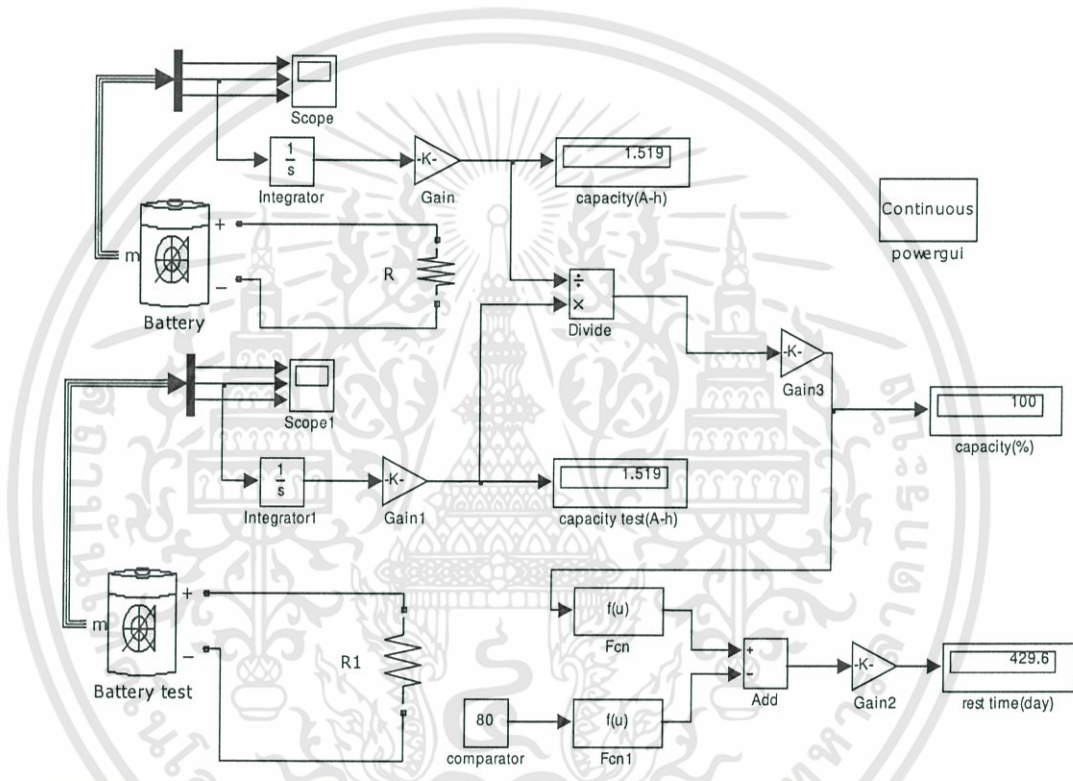
หมายเลขของขาสัญญาณ	ชื่อของขาสัญญาณ
1	Data Carrier Detect (DCD)
2	Received Data (RX)
3	Transmitted Data (TX)
4	Data Terminal Ready (DTR)
5	Signal Ground (GND)
6	Data Set Ready (DSR)
7	Request To Send (RTS)
8	Clear To Send (CTS)
9	Ring Indicator (RI)

เนื่องจากระดับแรงดันของสัญญาณที่ PIC ใช้ในการทำงานมีค่าอยู่ระหว่าง 0 V ถึง +5 V ดังนั้นในการสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม USART จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าแรงดันดังกล่าวให้เหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 คือ +12 V และ -12 V ไอซีที่นิยมใช้ในการเปลี่ยนค่าแรงดันของสัญญาณดังกล่าวคือ ไอซี MAX232 โดยไอซี MAX232 จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนค่าแรงดันของสัญญาณอนุกรมที่ออกจาก PIC จาก 0 V และ +5 V เป็น +12 V และ -12 V และในทางกลับกันจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนุกรมที่เข้าสู่ PIC จาก +12 V และ -12 V เป็น 0 V และ +5 V ในการใช้งานไอซี MAX232 จะทำการต่อ C ขนาด 1 μ F อีก 4 ตัวเพิ่มเข้าไป จึงสามารถทำงานได้ ลักษณะการต่อวงจรใช้งานไอซี MAX232 เพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม USART ระหว่าง PIC18F452 กับคอมพิวเตอร์ผ่าน Comport DB9

บทที่ 3 การออกแบบและการจำลอง

3.1 วงจรจำลองการหาอายุของแบตเตอรี่

การทำนายอายุของแบตเตอรี่ ต้องทำการคายประจุ (Discharge) ของแบตเตอรี่ให้ถึงจุดแรงดันต่ำสุด (Cutoff Voltage) เพื่อทำการจับเวลาที่ทำการคายประจุของแบตเตอรี่นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากผู้ผลิต และคำนวณหาค่าอายุของแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบโดยพิจารณาจากค่าความจุ (Capacity) มีหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง



รูปที่ 3.1 วงจรจำลองการหาเวลาที่เหลือของแบตเตอรี่ในแมทแล็บ

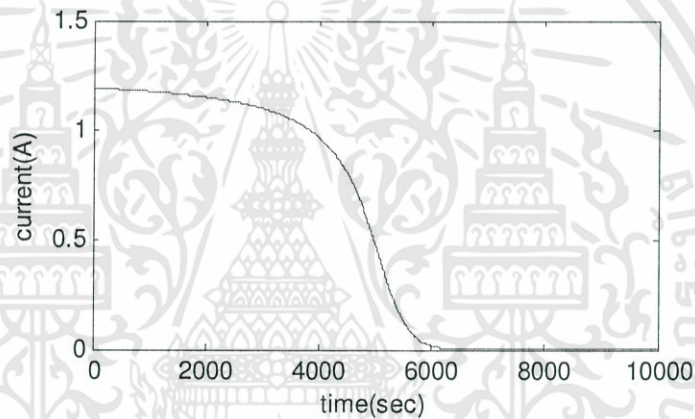
จากรูปจะมีแบตเตอรี่ 2 ตัว คือ แบตเตอรี่จากผู้ผลิต (Battery) กับ แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบ (Battery test) ซึ่ง แบตเตอรี่จากผู้ผลิตเปรียบได้กับตัวกำหนดค่าเริ่มต้นของแบตเตอรี่ที่จะทำการทดสอบและแบตเตอรี่ที่ทดสอบนำมาทดสอบเพื่อหาอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ วิธีการให้ทำการคายประจุ (Discharge) ผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความจุที่เป็นเปอร์เซ็นต์ หากแบตเตอรี่ที่ทดสอบมีค่าความจุที่เป็นเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าแบตเตอรี่จากผู้ผลิตจะถือว่าแบตเตอรี่ที่นำมาทดสอบหมดอายุการใช้งานแล้ว

จากวงจรสามารถนำแบตเตอรี่มาคายประจุผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม
ค่าพารามิเตอร์ภายในแบตเตอรี่มีค่าดังนี้

- 1.) แรงดันของแบตเตอรี่มีค่า 1.2 โวลต์
- 2.) ค่าความจุ มีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง ที่ 100% ให้มีค่า 1.5 แอมแปร์-ชั่วโมง
- 3.) สภาวะการอัดประจุเริ่มต้น มีค่า 100 เปอร์เซ็นต์ คือ การอัดประจุแบตเตอรี่ที่ทดสอบเข้าไปจนเต็ม 100%
- 4.) แบตเตอรี่เทส คือแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานนำมาทดสอบเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 100 เปอร์เซ็นต์

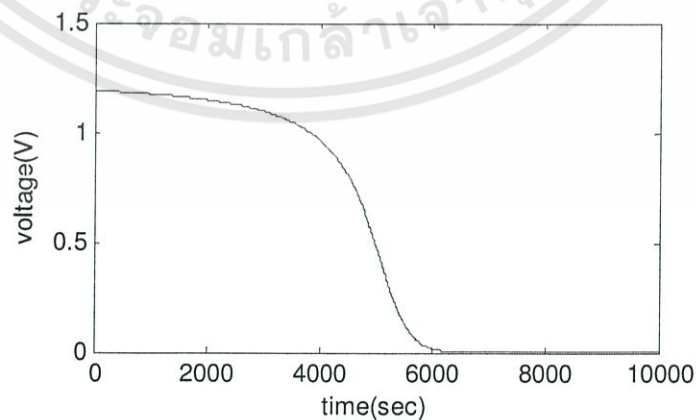
จากรูปสโคปจะให้ค่าข้อมูล 2 ชนิด คือ

- 1.) กระแส (A) ต่อเวลา
- 2.) แรงดัน (V) ต่อเวลา



รูปที่ 3.2 กราฟกระแสที่ได้จากสโคป

กราฟกระแสต่อเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม
สามารถนำไปหาค่าความจุของแบตเตอรี่และนำไปใช้ทำนายอายุแบตเตอรี่ได้

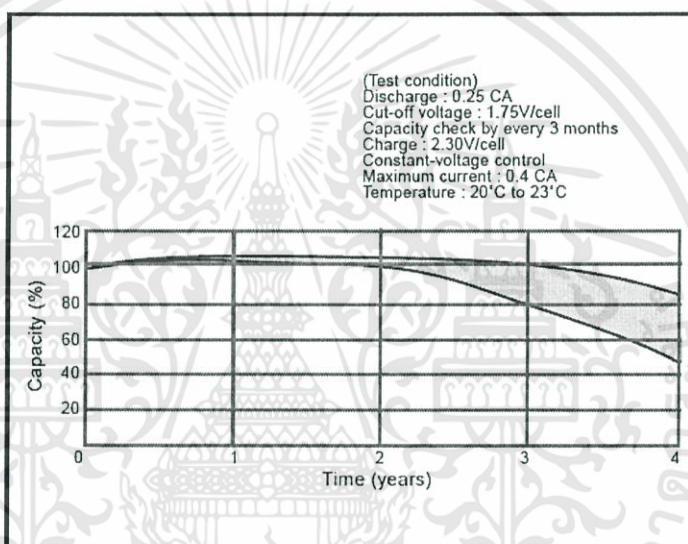


รูปที่ 3.3 กราฟแรงดันที่ได้จากสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

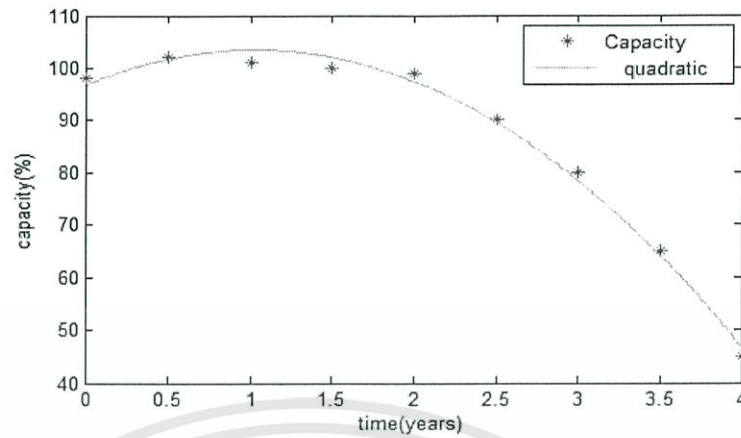
กราฟแรงดันต่อเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม นำไปแปลงเป็นกราฟกระแสเพื่อใช้หาค่าความจุของแบตเตอรี่และนำไปใช้ทำนายอายุแบตเตอรี่ได้

ค่ากระแสที่วัดได้นำมาอินทิเกรต เพื่อหาค่าความจุ หน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งจะได้ค่าเท่ากับ 1.519 แอมแปร์-ชั่วโมง แล้วจึงนำค่าความจุที่ได้จากแบตเตอรี่ที่มีความจุ 100 % และแบตเตอรี่ทดสอบ มาเทียบอัตราส่วน คูณด้วยค่าคงที่ 100 เพื่อจะได้อัตราส่วนออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟเพื่อหาอายุของแบตเตอรี่ ข้อมูลที่ได้สามารถเทียบอายุของแบตเตอรี่จากความจุที่เหลืออยู่ได้จากกราฟผู้ผลิต ซึ่งกราฟของผู้ผลิตและสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบจะเป็นดังกราฟ



รูปที่ 3.4 กราฟของเวลาที่เหลือจากค่าความจุที่ดิสชาร์จออกไปจากผู้ผลิต [4]

จากกราฟผู้ผลิต เมื่อพล็อตกราฟลงบนแมทแลป จากนั้นทำการพีตเคิร์ฟสมการกำลังสองจะได้กราฟ



รูปที่ 3.5 กราฟจากการหาค่าสมการกำลังสองในแมทแลป

การหาค่าสมการกำลังสองสามารถเขียนสมการจากกราฟได้

$$\text{ค่าความจุ} = -8.264t^2 + 18.452t + 96.65 \quad (3.1)$$

เมื่อ t คือ ค่าความจุ คือ ค่าความจุของแบตเตอรี่ทดสอบมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์
 คือ เวลาที่มีหน่วยเป็นปี

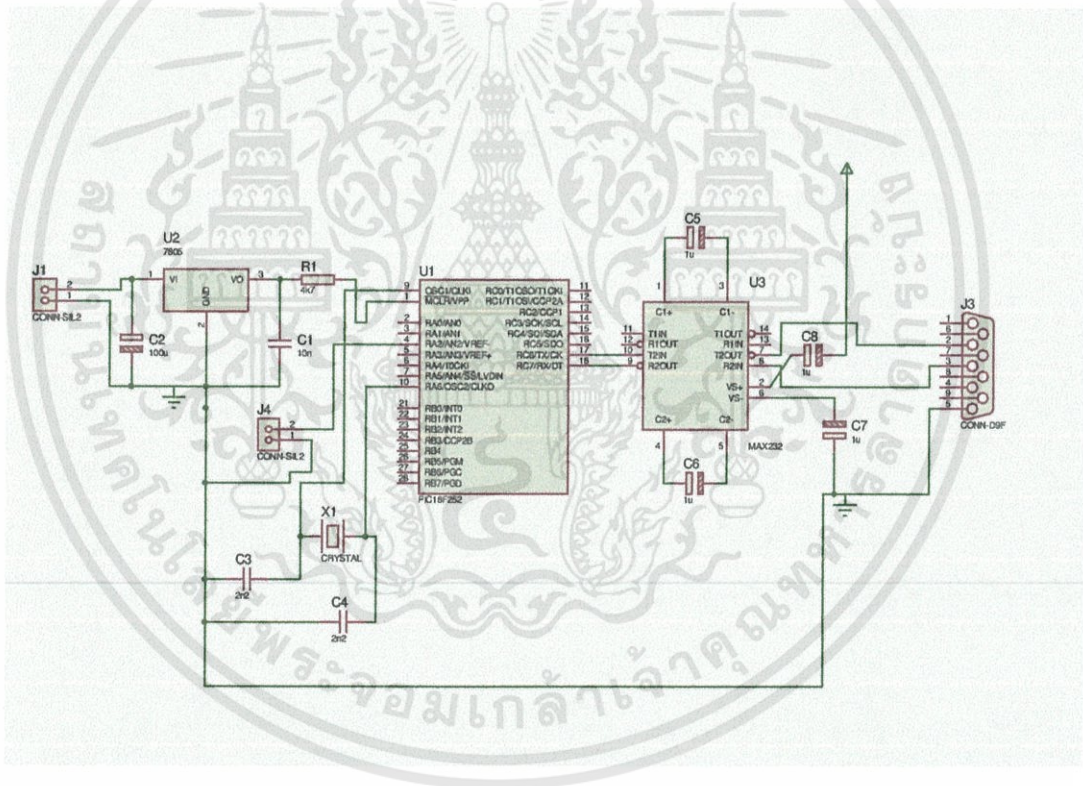
เมื่อทำการแก้สมการโดยใช้วิธีกำลังสองสมบูรณ์จะได้เป็น

$$t = 1.11 \pm 0.06 \left[3535.34 - 33.06C \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

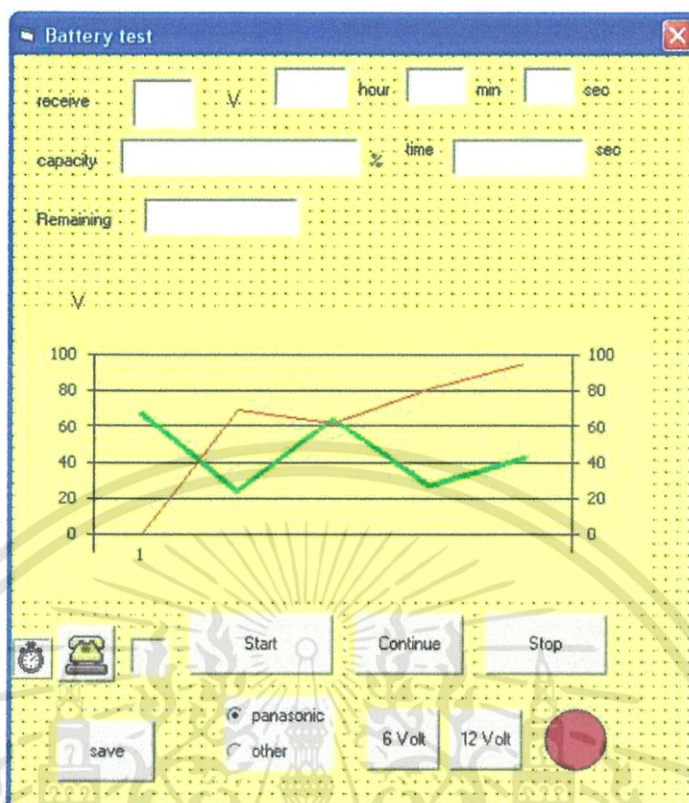
บทที่ 4 การทดสอบและประเมินผล

4.1 วงจรจำลองบนโปรแกรมโปรทอส

จากรูปที่ 4.1 เป็นวงจรวัดแรงดันโดยใช้ PIC18F252 เป็นตัวรับแรงดัน นำค่าที่ได้ส่งสัญญาณผ่านไอซี MAX232 ซึ่งเป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับของทีทีแอล (Transistor to Transistor Logic) และในเวลาเดียวกันทำการแปลงระดับสัญญาณทีทีแอล (Transistor to Transistor Logic) เป็นระดับสัญญาณ RS-232 นำค่าที่ได้ส่งผ่านข้อมูลแรงดันเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนเป็นกราฟ ส่วนที่เกี่ยวข้องที่ใช้ คือ ส่วนของการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D Converter) และส่วนของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมีรายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้ว

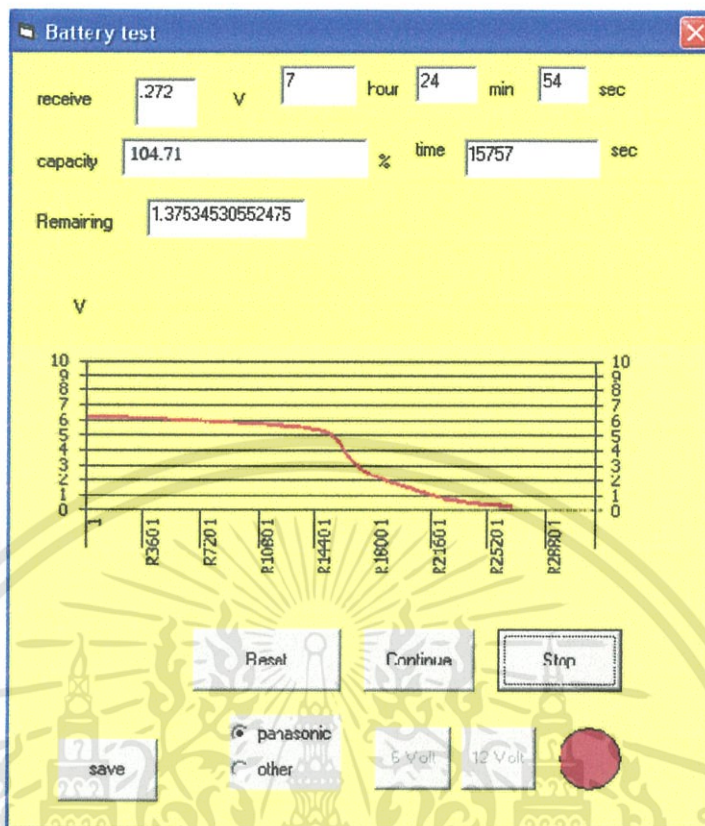


รูปที่ 4.1 วงจรจำลองการวัดแรงดันจากโปรแกรมโปรทอส



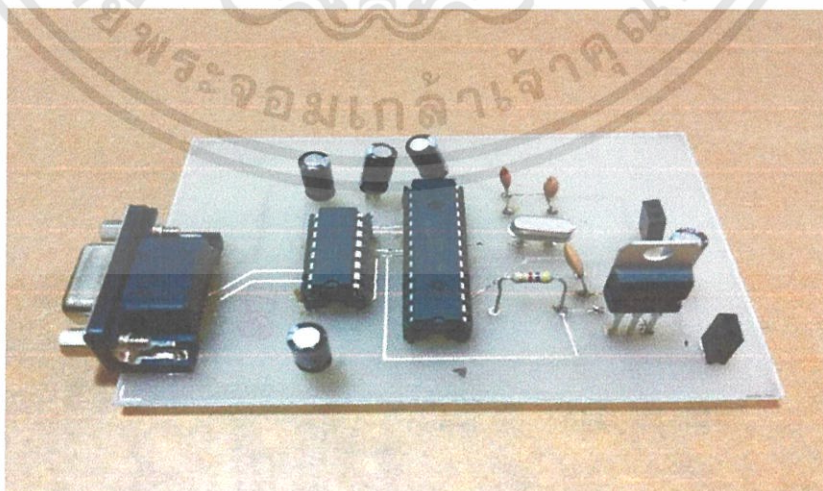
รูปที่ 4.2 หน้าต่างของโปรแกรมที่รับค่าแรงดันมาเพื่อพล็อตกราฟ

โปรแกรมที่เขียนสามารถรับค่าแรงดันจากวงจรมาเขียนเป็นกราฟของแรงดันต่อเวลา ซึ่งสามารถที่จะเลือกระดับแรงดันที่จะใช้วัดได้ เช่น 6 V หรือ 12 V จะทำการจับเวลาและทำการหา capacity จากสูตรสมการได้ และยังหาระยะเวลาที่เหลือที่สามารถใช้จากแบตเตอรี่ได้โดยมีหน่วยเป็นปี สามารถเซฟอัตโนมัติเมื่อกราฟสิ้นสุด โดยชื่อจะตั้งเองตาม capacity ที่เหลือ หรือจะกดบันทึกกราฟที่ได้จากการทดลองโดยการกดเซฟด้วยตนเอง



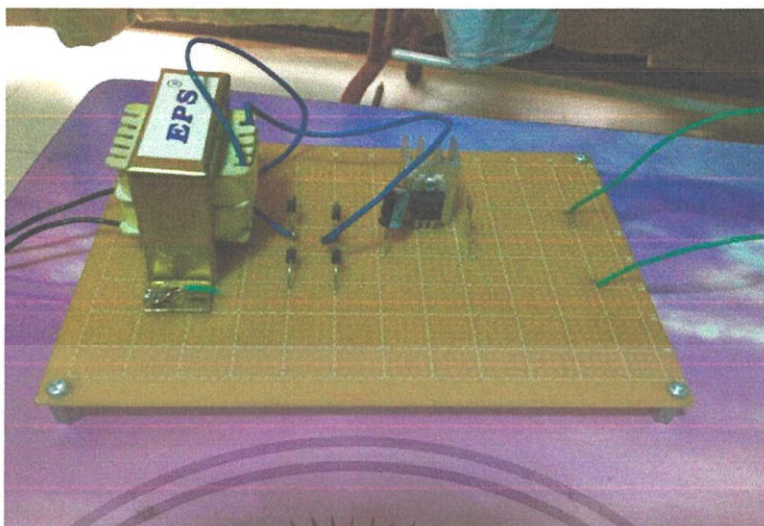
รูปที่ 4.3 รูปผลการวัดแบตเตอรี่ที่แรงดัน 6 โวลต์

จากโปรแกรมสามารถบอกได้ว่าแบตเตอรี่ตัวนี้ค่าแรงดันจะถึง cut off voltage ที่ 15757 วินาที หรือดูได้ที่ช่อง time สามารถนำมาคำนวณค่าความจุของแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 104.71 จากช่อง capacity แล้วจึงนำมาหาค่าเวลาที่สามารถใช้งานได้ซึ่งใช้ต่อไปได้อีก 1.3 ปี ตามที่ช่อง remaining แสดงไว้ดังรูป



รูปที่ 4.4 วงจรจำลองทดลองการวัดแรงดันของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 หม้อแปลง AC 9 โวลต์

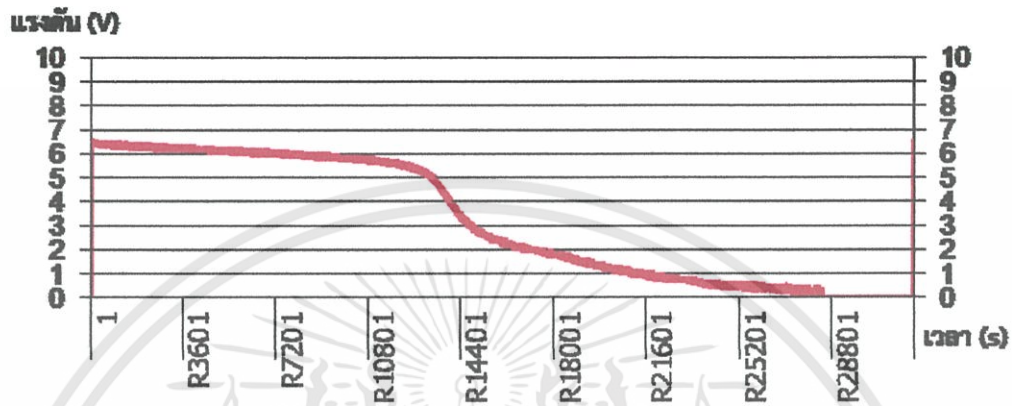


รูปที่ 4.6 แบตเตอรี่ 6 โวลต์และ 12 โวลต์รวมที่ชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

จากทฤษฎีเบื้องต้นของค่าจำกัดความของค่าความจุของแบตเตอรี่ สามารถทำการทดสอบหาค่าความจุของแบตเตอรี่และพฤติกรรมต่างๆของการคายประจุของแบตเตอรี่ได้ สามารถหาค่าความจุของแบตเตอรี่ได้จากสมการที่ 2.2 ในบทที่ 2 ซึ่งได้ผลการทดลองดังกราฟ

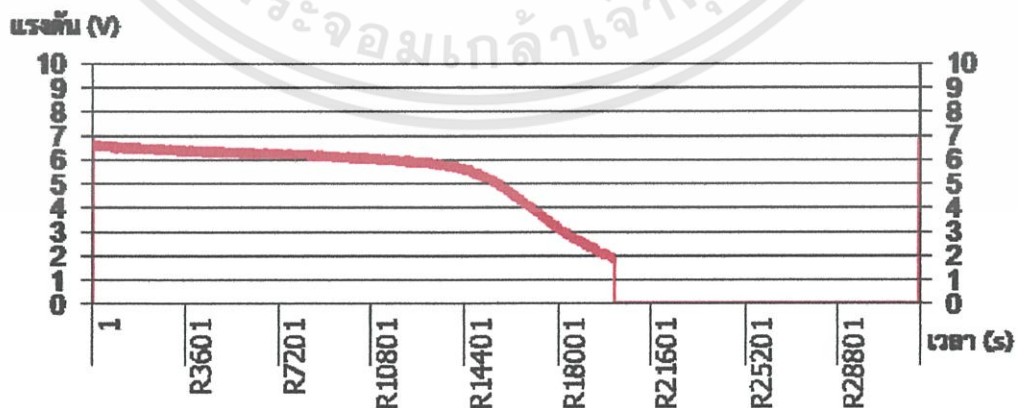


รูปที่ 4.7 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 1

กราฟแรงดันและเวลา ค่าแรงดันที่ได้จากการทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) ที่ 4.8 โวลต์ จะสังเกตเห็นว่าช่วงแรกของการทดลองจะมีแรงดันที่มากกว่า 6 โวลต์ นั้นเป็นสาเหตุจากผลทางปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์แบตเตอรี่ เมื่อทำการคายประจุไปเรื่อยๆ จนถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) จากกราฟจะได้อยู่ในช่วงเวลา 13543.2 วินาที หรือ 3.762 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ครั้งที่ 1} = \frac{t_A}{t_s \times K_f} \times 100 = 90.0\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)^2] = 3.31 \text{ ปี}$$



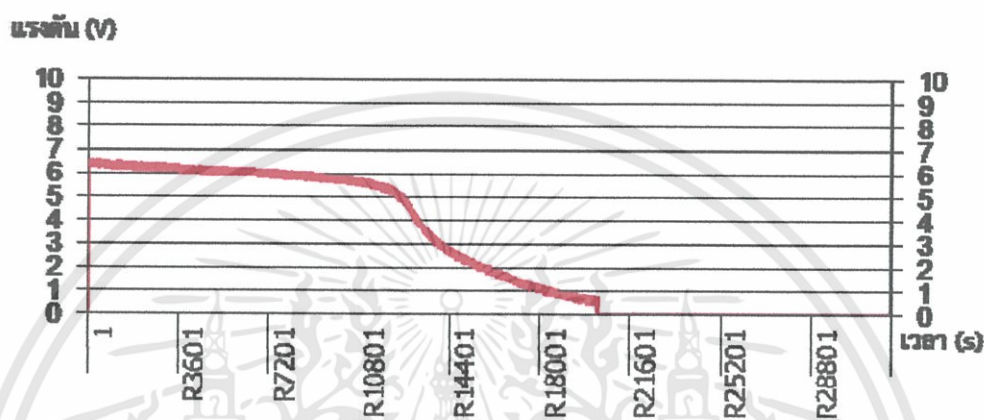
รูปที่ 4.8 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการคายประจุจนถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) ในครั้งที่ 2 ของแบตเตอรี่ตัวเดิม จากกราฟช่วงเวลาที่ได้อยู่ที่ 16015.5864 วินาที หรือ 4.448774 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ครั้งที่ 2} = \frac{t_A}{t_s \times K_f} \times 100 = 106.43\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{2}} = 2.14 \text{ ปี}$$

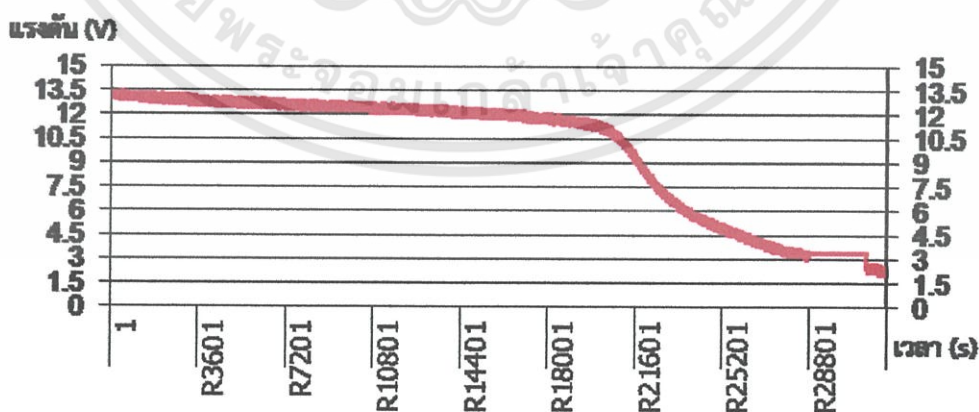


รูปที่ 4.9 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 6 โวลต์ ครั้งที่ 3

เมื่อทำการคายประจุจนถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) ในครั้งที่ 3 ของแบตเตอรี่ตัวเดิม จากกราฟช่วงเวลาที่ได้อยู่ที่ 12613.2336 วินาที หรือ 3.503676 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ครั้งที่ 3} = \frac{t_A}{t_s \times K_f} \times 100 = 83.82\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{2}} = 0.23 \text{ ปี}$$



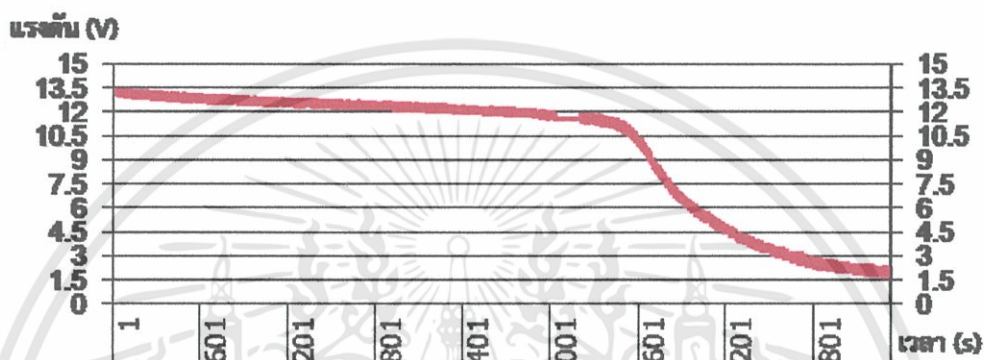
รูปที่ 4.10 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ แรงดันเริ่มต้นมากกว่า 12 โวลต์ ซึ่งมีสาเหตุเดียวกับแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ในเรื่องของปฏิกิริยาเคมีเมื่อทำการคายประจุจนถึงแรงดันสิ้นสุดที่ (cutoff voltage) 10.2 โวลต์ ช่วงเวลาที่ได้อยู่ที่ 21136.4208 วินาที หรือ 5.871228 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 1} = \frac{t_A}{t_s \times K_f} \times 100 = 93.64\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)]^2 = 3.15 \text{ ปี}$$

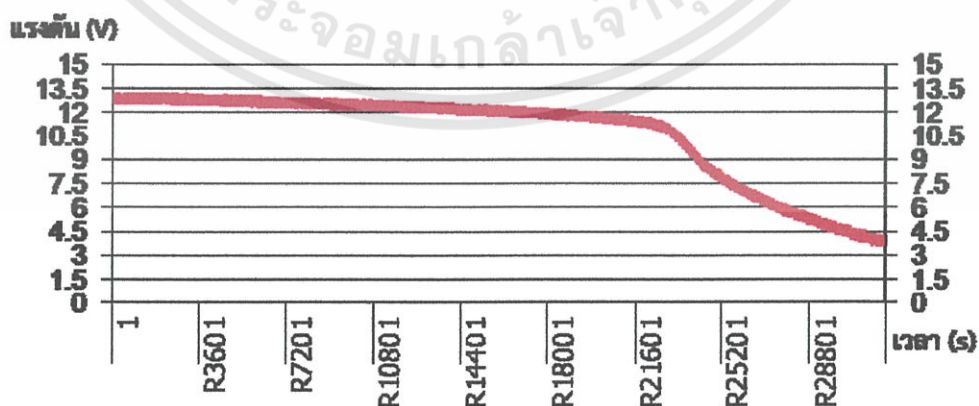


รูปที่ 4.11 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 2

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิคในครั้งที่ 2 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 21511.116 วินาที หรือ 5.97531 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 2} = \frac{t_A}{t_s \times K_f} \times 100 = 95.3\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)]^2 = 3.07 \text{ ปี}$$



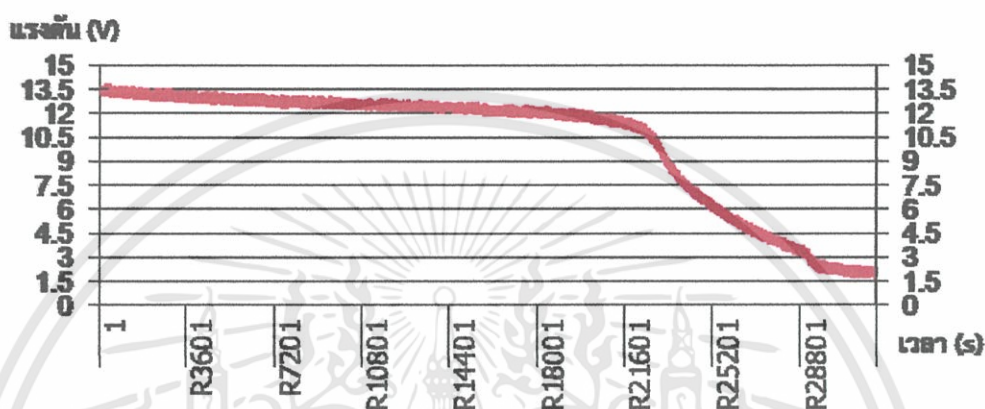
รูปที่ 4.12 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิคในครั้งที่ 3 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 23678.028 วินาที หรือ 6.57723 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 3} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 104.9\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)^{\frac{1}{2}}] = 2.38 \text{ ปี}$$

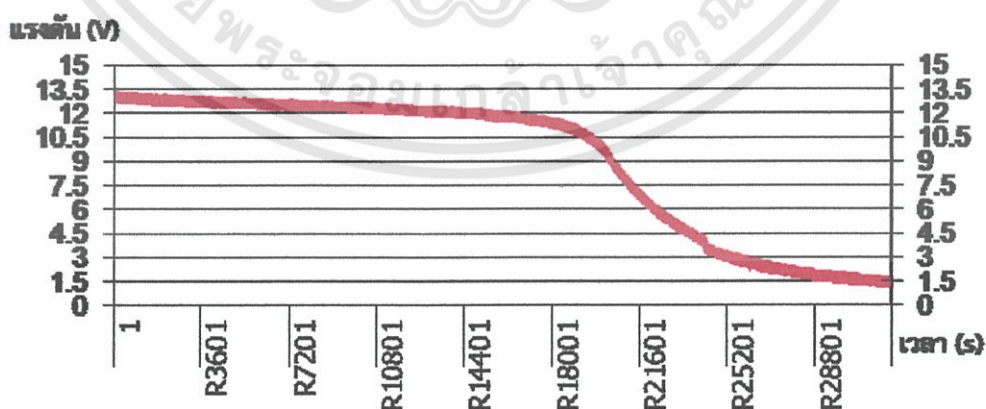


รูปที่ 4.13 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 4

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิค ในครั้งที่ 4 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 22786.434 วินาที หรือ 6.329565 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 4} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 100.95\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)^{\frac{1}{2}}] = 1.05 \text{ ปี}$$



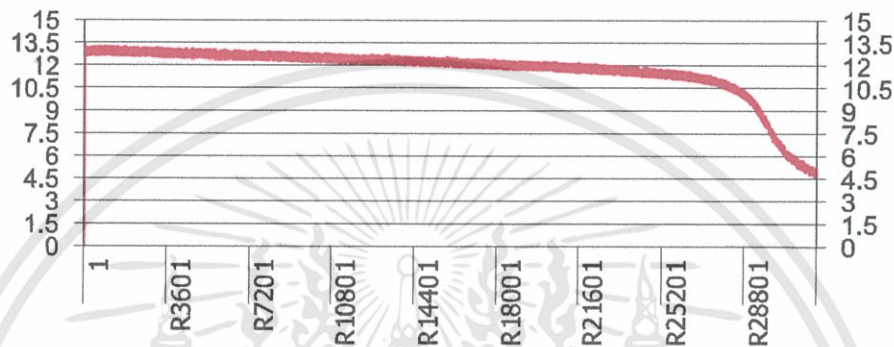
รูปที่ 4.14 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค 12 โวลต์ ครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิคในครั้งที่ 5 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 19870.1316 วินาที หรือ 5.519481 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 5} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 88.03\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)^{\frac{1}{2}}] = 0.39 \text{ ปี}$$

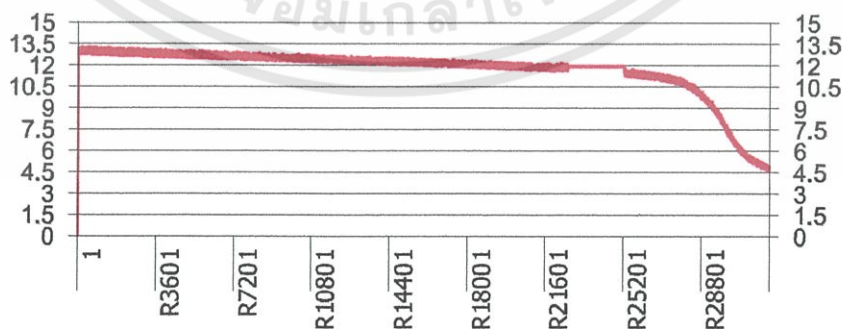


รูปที่ 4.15 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 1

ในการทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ แรงดันเริ่มต้นมากกว่า 12 โวลต์ ซึ่งมีสาเหตุเดียวกับแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ในเรื่องของปฏิกิริยาเคมีเมื่อทำการคายประจุจนถึงแรงดันสิ้นสุดที่ (cutoff voltage) 10.2 โวลต์ ช่วงเวลาที่ได้อยู่ที่ 28477 วินาทีหรือ 7.91 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 1} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 94.62\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)^{\frac{1}{2}}] = 0.68 \text{ ปี}$$



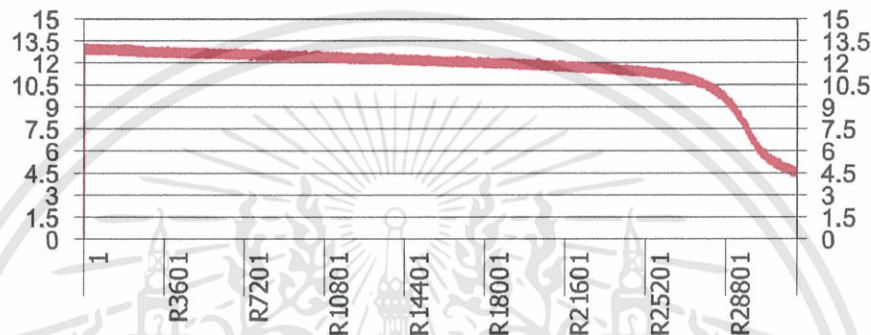
รูปที่ 4.16 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิค (ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิก(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) ในครั้งที่ 2 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 28465 วินาที หรือ 7.91 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 2} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 94.58\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t) = } 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)^2] = 0.67 \text{ ปี}$$

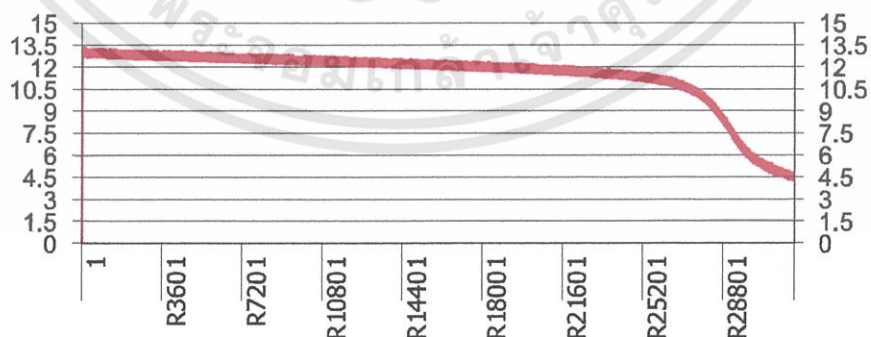


รูปที่ 4.17 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิก(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 3

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิก(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) ในครั้งที่ 3 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 28034 วินาที หรือ 7.79 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 3} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 93.15\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t) = } 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)^2] = 0.61 \text{ ปี}$$



รูปที่ 4.18 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ฟานาโซนิก(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบตเตอรี่ฟานาโซนิก(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) ในครั้งที่ 4 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 27462 วินาที หรือ 7.63 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่(ผ่านการใช้งานมาแล้ว) 12 โวลต์ ครั้งที่ 4} = \frac{t_A}{t_s \times K_t} \times 100 = 91.25\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ (t) = } 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)^2] = 0.52 \text{ ปี}$$

4.3 ผลสรุปการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองทั้งหมด

แรงดันของแบตเตอรี่ (โวลต์)	เวลาที่ใช้ในการดีสชาร์จ (วินาที)	ความจุแบตเตอรี่ (เปอร์เซ็นต์)	อายุที่เหลือของ แบตเตอรี่ (ปี)
6 โวลต์ ครั้งที่ 1	13543	90.00	3.31
6 โวลต์ ครั้งที่ 2	16016	106.43	2.14
6 โวลต์ ครั้งที่ 3	12613	83.82	0.23
12 โวลต์ ครั้งที่ 1	21136	93.64	3.15
12 โวลต์ ครั้งที่ 2	21511	95.30	3.07
12 โวลต์ ครั้งที่ 3	23678	104.90	2.39
12 โวลต์ ครั้งที่ 4	22786	100.95	1.05
12 โวลต์ ครั้งที่ 5	19870	88.03	0.39
12 โวลต์(ผ่านการใช้งาน) ครั้งที่ 1	28477	94.62	0.68
12 โวลต์(ผ่านการใช้งาน) ครั้งที่ 2	28465	94.58	0.67
12 โวลต์(ผ่านการใช้งาน) ครั้งที่ 3	28034	93.15	0.61
12 โวลต์(ผ่านการใช้งาน) ครั้งที่ 4	27463	91.25	0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ สามารถวัดอายุของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆได้ สามารถแสดงผลการทดลองของค่าที่วัดได้เป็นกราฟ สามารถบันทึกรูปภาพได้ คำนวณความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ได้ โดยค่าความจุไฟฟ้าที่ได้เป็นไปตามกราฟผู้ผลิต คือ เริ่มจากใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นแล้วจึงลดลง

5.2 ปัญหา

1. ตัวต้านทานที่ใช้มีอุณหภูมิสูงขณะทำการทดลอง ทำให้ค่าความต้านทานมีค่าสูงกว่าที่ต้องการ ส่งผลให้ค่าเวลาที่ใช้ในการคายประจุ ของแบตเตอรี่คาดเคลื่อน
2. ปัญหากระแสกระชากบางครั้งส่งผลให้โปรแกรมค้างและไม่แสดงผลค่าต่อไป ถึงแม้ว่าสัญญาณจะถูกส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์แล้วก็ตาม แต่ค่าที่แสดงออกบนกราฟยังคงเป็นค่าเดิม

5.3 แนวทางการพัฒนา

โดยรวมแล้วส่วนของอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์ที่มีความบกพร่องซึ่งมีการพยายามแก้ไขแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จจึงมีแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต ดังนี้

1. ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนจากตัวต้านทานเพื่อทำให้ค่าความต้านทานมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด
2. แก้ไขปัญหาสัญญาณค้างเมื่อเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้า ให้สามารถแสดงผลค่าได้อย่างต่อเนื่องแม้จะเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมไมโครซีและวีบีหก

โปรแกรม Micro C

โปรแกรมนี้เขียนขึ้นเพื่อให้ PIC18F252 รับค่าแรงดันมาจากวงจรโวลต์เมตรที่ต่อกับแบตเตอรี่ โดยจะรับค่าผ่าน A/D channel 2 รับมาแล้วจึงส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม RS232 โดยแปลงค่าจากบิตให้เป็นตัวเลขฐานสิบ โปรแกรมมีดังนี้

```
Void main()
{
    float result;
    char receive;
    unsigned char display[9];
    unsigned int result2;
    unsigned int i;
    unsigned int ms;
    TRISA=0XFF;
    ms=100;
    while(1)
    {
result=Adc_Read(2);
        result2=result*1000*5/1023;
        display[0]='a';
        display[1]=(result2/1000)+48;
        display[2]='.';
        display[3]=((result2%1000)/100)+48;
        display[4]=((result2%100)/10)+48;
        display[5]=(result2%10)+48;
        display[7]='b';
        display[8]=' ';
        Usart_Init(9600);
        for(i=0;i<=8;i++)Usart_Write(display[i]);
delay_ms(1000);
    }
}
```

โปรแกรม Vb6

โปรแกรมนี้อธิบายเพื่อรับข้อมูลที่ส่งออกมาจาก PIC โดยผ่าน MAX232 และนำข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทาง RS232 จากนั้นจะเช็คค่าที่ได้รับมาว่าถูกต้องหรือไม่ หากถูกต้องก็จะนำค่าที่ได้มาเก็บข้อมูลในรูปแบบของกราฟ หากไม่ได้ก็ต้องรอเพื่อรับข้อมูลที่ถูกต้อง โปรแกรมสามารถปรับย่านในการวัดระดับแรงดันได้ 2 ชนิด คือ 6 V และ 12 V โปรแกรมจะจับเวลาจนกระทั่งให้ถึงจุด cut off Voltage ตามข้อมูลของบริษัทผู้ผลิต แล้วจึงนำเวลาขณะนั้นมาคำนวณเพื่อหาความจุแบตเตอรี่ขณะนั้น ซึ่งความจุแบตเตอรี่ที่สามารถนำไปคำนวณหาอายุที่เหลืออยู่ของแบตเตอรี่ได้ด้วย โปรแกรมมีโค้ดดังต่อไปนี้

Option Explicit

Private mincount As Integer

Private boo As Boolean

Private x As Integer

Private i As Integer

Private Data As Double

Private twelvev As Boolean

Private sixv As Boolean

Private six7r2 As Integer

Private restart As Boolean

Private batt As Integer

Private secc1 As Integer

Private minc1 As Integer

Private hrc1 As Integer

Private batt6 As Double

Private batt12 As Double

Private sv As Integer

Private mv As Integer

Private avg As Integer

Private Sub Form_Load()

restart = False

MSChart1.ColumnCount = 1

MSChart1.chartType = VtChChartType2dLine

MSChart1.RowCount = 32000

MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.Auto = False

MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.Minimum = 0

MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.Maximum = 10

MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.MajorDivision = 10

MSChart1.Refresh

txtReceive.Text = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

i = 1
boo = False
secc = 0
minc = 0
batt = 0
avg = 0
    MCom.Settings = "9600,N,8,1"
    MCom.RThreshold = 1
    MCom.CommPort = 8
End Sub

```

```

Private Sub cmdOpenPort_Click()

```

```

    sixv = False
    twelvev = False
    c6(1).Enabled = True
    c12(0).Enabled = True
    cap.Text = " "
    secc.Text = " "
    minc.Text = ""
    hrc.Text = ""
    If (restart = True) Then
        secc1 = 0
        minc1 = 0
        hrc1 = 0
    End If
    Continue.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub c6_Click(Index As Integer)

```

```

    stop1.Enabled = True
    cmdOpenPort.Enabled = False
    c6(1).Enabled = False
    c12(0).Enabled = False
    secc.Text = "0"
    minc.Text = "0"
    hrc.Text = "0"
    combo.Clear
    MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.Maximum = 10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

secc1 = 0
minc1 = 0
six7r2 = 6 * 60 * 60
light.FillColor = &HFF00&
sixv = True
If (MSCom.PortOpen = False) Then
    MSCom.PortOpen = True
End If
x = 1
i = 1
Do While (i < 32000)
    MSChart1.Data = -1
    MSChart1.Row = i
    i = i + 1
Loop
i = 1
timer.Interval = 1000
timer.Enabled = True
End Sub

Private Sub c12_Click(Index As Integer)
    twelvev = True
    stop1.Enabled = True
    cmdOpenPort.Enabled = False
    c12(0).Enabled = False
    c6(1).Enabled = False
    combo.Clear
    MSChart1.Plot.Axis(VtChAxisIdY).ValueScale.Maximum = 15
    secc1 = 0
    minc1 = 0
    six7r2 = 6 * 60 * 60
    light.FillColor = &HFF00&
    If (MSCom.PortOpen = False) Then
        MSCom.PortOpen = True
    End If
    x = 1
    i = 1
    Do While (i < 32000)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MSChart1.Data = -1
MSChart1.Row = i
i = i + 1
Loop
i = 1
timer.Interval = 1000
timer.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub Continue_Click()
MSCom.PortOpen = True
    timer.Enabled = True
    cmdOpenPort.Enabled = False
    Continue.Enabled = False
End Sub

```

```

Private Sub MSCom_OnComm()
Dim buffer As Variant
Dim msg As Integer
Dim gettext As String
If MSCom.CommEvent = comEvReceive Then
event comEvReceive
    buffer = MSCom.Input
    gettext = gettext & buffer
    If Left(gettext, 1) = "a" Then
    gettext = Mid(gettext, 2, 6)
    If Len(gettext) > 3 Then
        gett.Text = gettext
    End If
    If sixv = True Then batt = 2
    Else: If twelvev = True Then batt = 4
    End If
    If IsNumeric(gett.Text) = True Then
        txtReceive.Text = gett.Text * batt
    End If
End If
End Sub

```

```

Private Sub timer_Timer()
Dim name As String
i = i + 1
secc1 = secc1 + 1
mincount = mincount + 1
MSChart1.Data = Data
MSChart1.Row = i
If (sixv = True) Then
  If (txtReceive.Text <= 5.25) Then
    avg = avg + 1
    If (avg > 10) Then
      sv = secc1 + minc1 * 60 + hrc1 * 3600
      If (sv > 5) Then
        combo.AddItem (sv)
        light.FillColor = &HFF&
      End If
    End If
  Else
    light.FillColor = &HFF00&
    avg = 0
  End If
End If
If (twelvev = True) Then
  If (txtReceive.Text <= 10.2) Then
    avg = avg + 1
    If (avg > 10) Then
      sv = secc1 + minc1 * 60 + hrc1 * 3600
      If (sv > 5) Then
        combo.AddItem (sv)
        light.FillColor = &HFF&
      End If
    End If
  Else
    light.FillColor = &HFF00&
    avg = 0
  End If
End If
If (mincount = x) Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mincount = 0
secc.Text = secc1
If (secc1 >= 60) Then
secc1 = 0
secc.Text = secc1
minc1 = minc1 + 1
minc.Text = minc1
If (minc1 >= 60) Then
minc1 = 0
minc.Text = minc1
hrc1 = hrc1 + 1
hrc.Text = hrc1
End If
End If
If (i >= 32000) Then
If (MSCom.PortOpen = True) Then
MSCom.PortOpen = False
timer.Enabled = False
c6(1).Enabled = False
MSChart1.EditCopy
Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)
name = "C:\Documents and Settings\My Computer\Desktop\picture\Graph(100ms).wmf"
SavePicture Picture1.Picture, name
End If
End If
End If
End Sub

Private Sub cmdsave_Click()
Dim a As Variant
Dim name As String
Dim volume As Integer
a = MsgBox("Do you want to save?", vbYesNoCancel + vbDefaultButton3 + vbInformation,
"save menu")
Select Case a
Case vbYes
MSChart1.EditCopy
Picture1.Picture = Clipboard.GetData(vbCFMetafile)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SavePicture Picture1.Picture, name
Case vbNo
Case vbCancel
End Select
End Sub

```

```

Private Sub stop1_Click()
If (MSCom.PortOpen = True) Then
cap.Text = " "
    MSCom.PortOpen = False
    timer.Enabled = False
    c6(1).Enabled = False
    c12(0).Enabled = False
    cmdOpenPort.Caption = "Reset"
    restart = True
    Continue.Enabled = True
    cmdOpenPort.Enabled = True
End If
End Sub

```

```

Private Sub combo_Click()
Dim c As Double
Dim b As Double
b = combo.Text
c = (b / (six7r2 * 1.045)) * 100
cap.Text = c
End Sub

```

```

Private Sub txtReceive_Change()
Data = txtReceive.Text
End Su

```

ภาคผนวก ข

การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่

Development of Battery Energy Indicator

พันธวิช คุณพร , พิทยา โรจนวัฒน์, ภกรัชต์ อธิยประยูร และ ฉัตรชัย โรจนศิริพงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3 หมู่ที่ 2 ถนนลาดกองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์ : 0-2326-4550 E-mail: gameofgolf@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องวัดพลังงานจากแบตเตอรี่ การวิเคราะห์ค่าความจุของแบตเตอรี่สามารถหาจากการวัดค่าแรงดันและกระแส ระบบการวัดโดยใช้ตัวตรวจจับแรงดัน-กระแสและโมดูลแปลงสัญญาณออกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นำผลค่ากระแสและแรงดันที่ได้ไปพล็อตกราฟลงบนคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมวิซิวเบสิก (Visual basic) ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ในหน่วย แอมแปร์-ชั่วโมง (A-H), สถานะอายุของแบตเตอรี่ (state of health) และทำการประมาณอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ จากผลของการทดลอง สามารถนำไปทำนายความจุแบตเตอรี่, อายุการใช้งาน และประสิทธิภาพได้

คำสำคัญ: แอมแปร์-ชั่วโมง, เอ็ดซีซี, แบตเตอรี่, เครื่องวัดพลังงาน

Abstract

This project deals with the development of battery energy indicator. The analysis of battery capacity can be performed by measuring voltage and current profiles. The measuring system is carried out by voltage-current sensor and A/D converter mode in microcontroller. The voltage and current data are sent to personal computer and then be plotted by Visual basic program. The expected A-H, state of health of battery and lifetime can be predicted. Based on the experimental results, the developed system can be used to predict the capacity of battery, lifetime and evaluate the effectiveness of using.

Keyword: A-H, ADC, Battery, Battery energy indicator

1. บทนำ

ปัจจุบันแบตเตอรี่เป็นที่นิยมมาก ซึ่งแบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานขึ้นอยู่กับชนิดแบตเตอรี่และสภาพแวดล้อมการใช้งาน

บทความฉบับนี้นำเสนอการวัดแรงดันของแบตเตอรี่โดย

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC18F252 วัดแรงดันของแบตเตอรี่แล้วส่งข้อมูลจาก PIC ผ่าน MAX232 เข้าสู่พอร์ตอนุกรม RS232 เพื่อส่งข้อมูลเข้ากับคอมพิวเตอร์ แล้วนำไปแสดงผลเป็นกราฟใน Visual Basic โดยพล็อตเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์กับเวลา โดยค่าที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ และคำนวณหาค่า A-H รวมถึงสามารถนำไปคาดการณ์อายุการใช้งานของแบตเตอรี่

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ค่าความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ [1]

สามารถหาได้ 2 วิธี

1. Time capacity determination

$$C = \left(\frac{I_A}{I_C \times K_C} \right) \times 100 \quad (1)$$

C = เปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่ 25°C

I_A = ค่าเวลาจริงที่ใช้ทดสอบเพื่อให้ได้ค่าแรงดันที่ขั้วตามกำหนด

I_C = ค่าเวลาที่คิดที่ใช้ทดสอบเพื่อให้ได้ค่าแรงดันที่ขั้วตามกำหนด

K_C = ค่าปรับแก้สำหรับอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนทำการทดสอบ

2. Rate-adjustment capacity determination

$$C = \left(\frac{X_A \times K_C}{X_C} \right) \times 100 \quad (2)$$

C = เปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่ 25°C

X_A = ค่ากระแสจริงที่ใช้ในการทดสอบ

X_C = ค่ากระแสที่ผู้ผลิตบอกที่ใช้ในการทดสอบ

K_C = ค่าปรับแก้สำหรับอุณหภูมิของแบตเตอรี่ก่อนทำการทดสอบ

2.2 สถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of health; SOH) [2],[3]

สามารถหาได้จาก

$$SOH = \left(\frac{C(t)}{C_R} \right) \quad (3)$$

SOH = สถานะอายุของแบตเตอรี่ (State of Health)

C(t) = ค่าความจุขณะทำการวัด

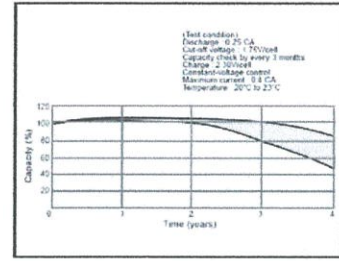
C_R = ค่าความจุที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

ซึ่งสถานะอายุของแบตเตอรี่นี้สามารถนำไปทำนายอายุของแบตเตอรี่

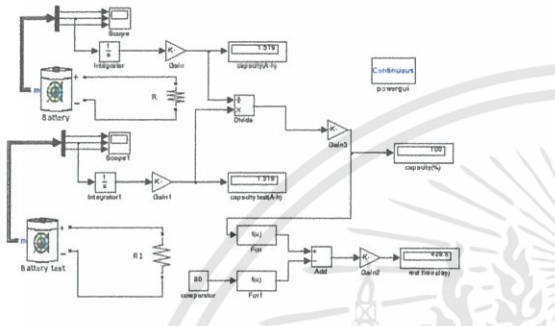
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบและการจำลอง

การทำนายอายุของแบตเตอรี่ ต้องทำการคายประจุ (Discharge) ของแบตเตอรี่ให้ถึงจุดแรงดันสิ้นสุด (Cutoff Voltage) เพื่อทำการจับเวลาที่ทำการคายประจุของแบตเตอรี่นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากผู้ผลิต และคำนวณหาค่าอายุของแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบโดยพิจารณาจากค่าความจุ (Capacity) มีหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง

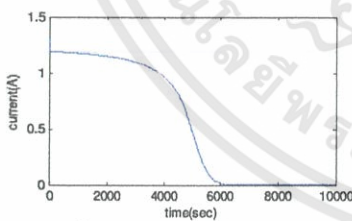


รูปที่ 3 กราฟผู้ผลิตที่บอกเวลาที่เหลือจากค่าความจุที่คายประจุออกไป



รูปที่ 1 วงจรจำลองหาเวลาที่เหลือของแบตเตอรี่ในแมทแลป

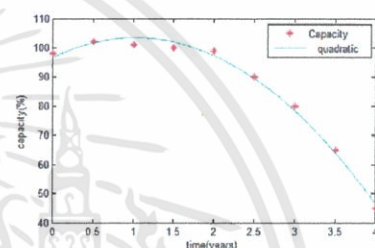
แบตเตอรี่ 2 ตัว คือ แบตเตอรี่จากผู้ผลิต (Battery) กับแบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบ (Battery test) ซึ่งแบตเตอรี่จากผู้ผลิตเปรียบได้กับตัวกำหนดค่าเริ่มต้นของแบตเตอรี่ที่จะทำการทดสอบและแบตเตอรี่ที่ทดสอบนำมาทดสอบเพื่อหาอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ วิธีการให้ทำการคายประจุ (Discharge) ผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความจุที่เป็นเปอร์เซ็นต์ หากแบตเตอรี่ที่ทดสอบมีค่าความจุที่เป็นเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าแบตเตอรี่จากผู้ผลิตจะถือว่าแบตเตอรี่ที่นำมาทดสอบหมดอายุการใช้งานแล้ว



รูปที่ 2 กราฟกระแสที่ได้จากสโคป

กราฟกระแสต่อเวลาการคายประจุของแบตเตอรี่ สามารถนำไปหาค่าความจุของแบตเตอรี่และนำไปใช้ทำนายอายุแบตเตอรี่ได้ โดยนำค่ากระแสที่วัดนำมาอินทิเกรต เพื่อหาค่าความจุ(Ah) จากนั้นนำค่าความจุของแบตเตอรี่ และแบตเตอรี่ทดสอบมาเทียบอัตราส่วนกันเปอร์เซ็นต์ นำค่าที่ได้ไปเทียบกราฟเพื่อหาอายุของแบตเตอรี่ ค่าที่ได้สามารถเทียบอายุของแบตเตอรี่จากค่าความจุที่เหลืออยู่ได้จากกราฟผู้ผลิต ซึ่งกราฟผู้ผลิตและสภาวะแวดล้อมจะทดสอบเป็นดังกราฟ

จากกราฟผู้ผลิต เมื่อลองนำมาพลอตกราฟลงบน แมทแลป จากนั้นทำการ ฟิตเคิร์ฟสมการกำลังสอง จะได้กราฟ



รูปที่ 4 กราฟที่ได้จากการหาค่าสมการกำลังสอง

กราฟการหาค่าสมการกำลังสองคำนวณจะสามารถเขียนสมการจากกราฟในรูปค่าความจุ

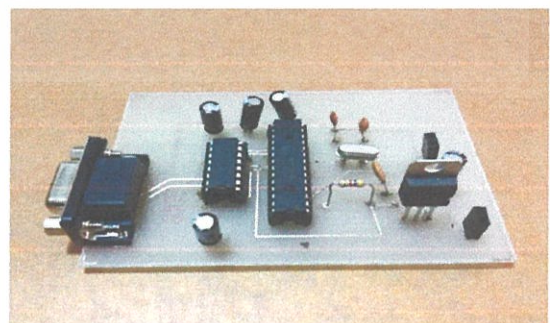
$$\text{ค่าความจุ}(\%) = -8.264t^2 + 18.452t + 96.65 \quad (4)$$

ค่าความจุ คือ ค่าความจุของแบตเตอรี่ทดสอบ (%)
t คือ เวลา (ปี)

สามารถจัดรูปสมการหาค่า t ได้จาก

$$t = 1.11 \pm 0.06 [3535.34 - 33.06C]^{1/2} \quad (5)$$

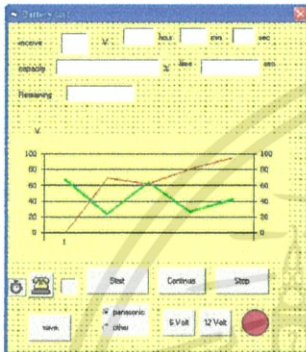
4. การทดสอบและประเมินผล



รูปที่ 5 วงจรจำลองทดลองการวัดแรงดันของแบตเตอรี่

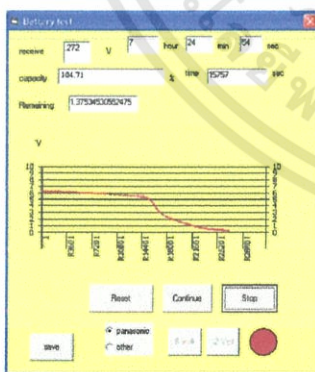
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5 เป็นวงจรวัดแรงดันโดยใช้ PIC18F252 เป็นตัวรับแรงดัน นำค่าที่ได้ส่งสัญญาณผ่านไอซี MAX232 ซึ่งเป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับที่ที่แอล (Transistor to Transistor Logic) และในเวลาเดียวกันทำการแปลงระดับสัญญาณที่ที่แอล (Transistor to Transistor Logic) เป็นระดับสัญญาณ RS-232 นำค่าที่ได้ส่งผ่านข้อมูลแรงดันเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนเป็นกราฟส่วนที่เกี่ยวข้องที่ใช้ คือ ส่วนของการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 6 หน้าต่างของโปรแกรมที่รับค่าแรงดันมาเพื่อพล็อตกราฟ

โปรแกรมที่เขียนสามารถรับค่าแรงดันจากวงจรมาเขียนเป็นกราฟของแรงดันต่อเวลา ซึ่งสามารถที่จะเลือกระดับแรงดันที่จะใช้วัดได้ เช่น 6 V หรือ 12 V จะทำการจับเวลาและทำการหา capacity จากสูตรสมการได้ และยังหาระยะเวลาที่เหลือที่สามารถใช้จากแบตเตอรี่ได้โดยมีหน่วยเป็นปี สามารถเซฟไฟล์ในมิติเมื่อกราฟสิ้นสุดโดยชื่อจะตั้งเองตาม capacity ที่เหลือ หรือจะกดบันทึกกราฟที่ได้จากการทดลองโดยการกดเซฟด้วยตนเอง

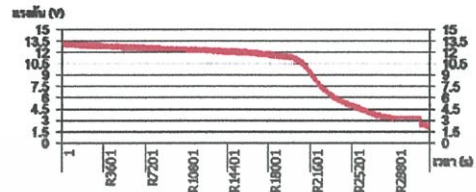


รูปที่ 7 รูปผลการวัดแบตเตอรี่ที่แรงดัน 6 โวลต์

จากโปรแกรมสามารถบอกได้ว่าแบตเตอรี่ตัวนี้ค่าแรงดันจะถึง cut off voltage ที่ 15757 วินาที หรือดูได้ที่ช่อง time สามารถนำมาคำนวณค่าความจุของแบตเตอรี่ได้เท่ากับ 104.71 จากช่อง

capacity แล้วจึงนำมาหาค่าเวลาที่สามารถใช้งานได้ซึ่งใช้ต่อไปได้อีก 1.3 ปี ตามที่ช่อง remaining แสดงไว้ดังรูป

4.1 ผลการทดลอง

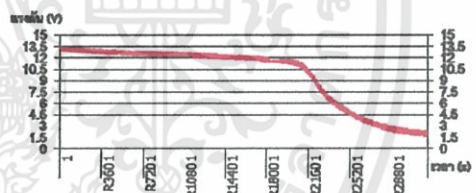


รูปที่ 7 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 1

ในการทดสอบแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แรงดันเริ่มต้นมากกว่า 12 โวลต์ ซึ่งมีสาเหตุเดียวกับแบตเตอรี่ 6 โวลต์ ในเรื่องของปฏิกิริยาเคมีเมื่อทำการคายประจุจนถึงแรงดันสิ้นสุดที่ (cutoff voltage) 10.2 โวลต์ ช่วงเวลาที่ได้อยู่ที่ 21136.4208 วินาที หรือ 5.871228 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 1} = \frac{I_A}{I_A \times K_1} \times 100 = 93.64\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{2}} = 3.15 \text{ ปี}$$

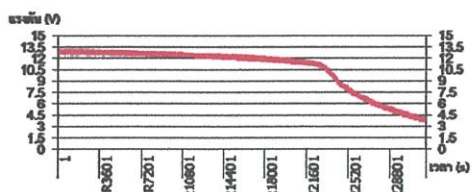


รูปที่ 8 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 2

การทดสอบแบตเตอรี่ในครั้งที่ 2 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดันสิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 21511.116 วินาที หรือ 5.97531 ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 2} = \frac{I_A}{I_A \times K_1} \times 100 = 95.3\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ (t)} = 3 - [1.11 - 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{2}} = 3.07 \text{ ปี}$$



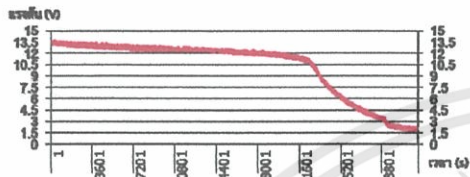
รูปที่ 9 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแบตเตอรี่ในครั้งที่ 3 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดัน
สิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 23678.028 วินาที หรือ 6.57723
ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 3} = \frac{I_A}{I_c \times K_t} \times 100 = 104.9\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{5}} = 2.38 \text{ ปี}$$

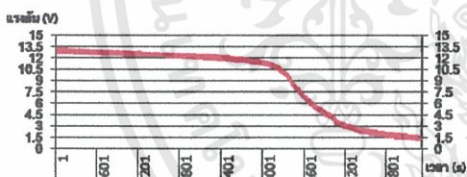


รูปที่ 10 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 4

การทดสอบแบตเตอรี่ในครั้งที่ 4 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดัน
สิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 22786.434 วินาที หรือ 6.329565
ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 4} = \frac{I_A}{I_c \times K_t} \times 100 = 100.95\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{5}} = 1.05 \text{ ปี}$$



รูปที่ 11 กราฟการคายประจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 5

การทดสอบแบตเตอรี่ในครั้งที่ 5 ช่วงเวลาที่ถึงแรงดัน
สิ้นสุด (cutoff voltage) อยู่ที่ 19870.1316 วินาที หรือ 5.519481
ชั่วโมง

$$\text{ค่าความจุของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ครั้งที่ 5} = \frac{I_A}{I_c \times K_t} \times 100 = 88.03\%$$

$$\text{หาเวลาที่เหลืออยู่ (t)} = 3 - [1.11 + 0.06(3535.34 - 33.06c)]^{\frac{1}{5}} = 0.39 \text{ ปี}$$

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ สามารถวัดอายุ
ของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ได้ สามารถแสดงผลการทดลองของค่าที่วัด
ได้เป็นกราฟ สามารถบันทึกรูปภาพได้ คำนวณความจุไฟฟ้าของ
แบตเตอรี่ได้ โดยค่าความจุไฟฟ้าที่ได้เป็นไปตามกราฟผู้ผลิต คือ เริ่ม
จากใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นแล้วจึงลดลง

5.2 ปัญหา

1. ตัวต้านทานที่ใช้มีอุณหภูมิสูงขณะทำการทดลอง ทำให้ค่าความต้านทานมีค่าสูงกว่าที่ต้องการ ส่งผลให้ค่าเวลาที่ใช้ในการคายประจุ ของแบตเตอรี่คาดเคลื่อน
2. มีปัญหากระแสช๊อตบางครั้งส่งผลให้โปรแกรมค้างและไม่แสดงผลค่าต่อไป ถึงแม้ว่าสัญญาณจะถูกส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์แล้วก็ตาม แต่ค่าที่แสดงออกบนกราฟยังคงเป็นค่าเดิม

5.3 แนวทางการพัฒนา

โดยรวมแล้วส่วนของอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์ที่มีความ
บกพร่องซึ่งมีการพยายามแก้ไขแต่ยังไม่ประสบความสำเร็จจึงมี
แนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต ดังนี้

1. คิดตั้งอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนจากตัวต้านทานเพื่อทำให้ค่าความต้านทานมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด
2. แก้ไขปัญหาสัญญาณค้างเมื่อเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้า ให้สามารถแสดงผลค่าได้อย่างต่อเนื่องแม้จะเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] "IEEE Recommended Practices for Maintenance, Testing and Replacement of Value Regulated Lead Acid (VRLA) Batteries in stationary applications", IEEE STD 1188-1996
- [2] Phillip E. Pascoe and Adnan H. Anbuky, "Standby VRLA Battery Reserve Life Estimation" in Proc. IEEE INTELEC, Sep 2004, pp. 516-523
- [3] Yu-Hua Sun, Hurng-Liang Jou and Jinn-Chang Wu, "Aging Estimation Method for Lead-Acid Battery" IEEE Transactions on energy conversion, vol. 26 No.1, March 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. Advance PIC Microcontroller in C การประยุกต์ใช้งาน PIC ขั้นสูงด้วยภาษาซี. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง. 2554
- [2] ButterJorth-Heinemann , Rechargeable batteries applications handbook / Gates Energy Products , Boston , 1992
- [3] Asa R Waters, K. R. Bullock amd C. S. C. Bose, “Monitoring the state of health of VRLA Batteries through ohmic measurments,” in Proc. IEEE INTELEC, Oct. 1997
- [4] “IEEE Recommended Practices for Maintenance, Testing and Replacement of Value Regulated Lead Acid (VRLA) Batteries in stationary applications” , IEEE STD 1188-1996
- [5] Meyer , B , Elliot , J.R. , Applications for a single cell discharge/recharge test set for battery plant capacity determination , Telecommunications Energy Conference, 1990. INTELEC '90., 12th International 21-25 Oct. 1990.
- [6] Phillip E. Pascoe and Adnan H. Anbuky, “Standby VRLA Battery Reserve Life Estimation” in Proc. IEEE INTELEC, Sep 2004
- [7] Yu-Hua Sun, Hurng-Liang Jou and Jinn-Chang Wu, “Aging Estimation Method for Lead-Acid Battery” IEEE Transanctions on energy conversion, vol. 26 No.1, March 2011
- [8] <http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&id=374164>
- [9] <http://www.pitibattery.com/piti/data.php>

ประวัติผู้เขียน



นายพันธวัช ตุนพร

เกิดเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ.2534

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัยตรัง
จังหวัดตรัง



นายพิทยา โรจน์วิชิต

เกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2534

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว
จังหวัดสมุทรปราการ



นายภครชต์ อริยประยูร

เกิดเมื่อวันที่ 10 กันยายน พ.ศ.2533

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนชินอรสวิทยาลัย
จังหวัดกรุงเทพมหานคร



นายฉัตรชัย โจนศิริพงษ์

เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2533

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
จังหวัดชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้