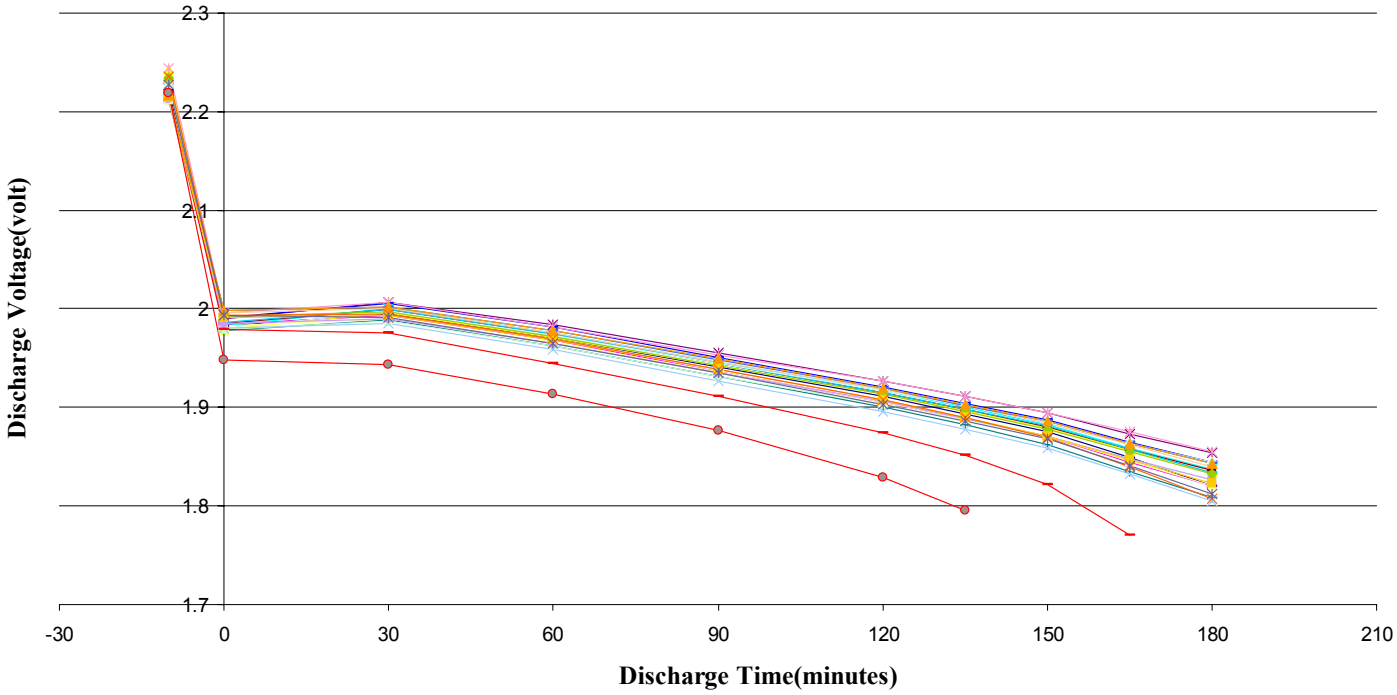
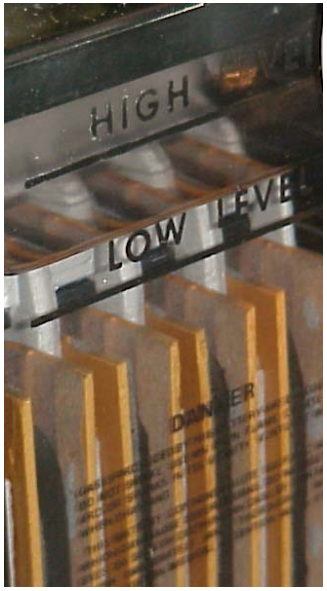
ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสีย
และ
การเสียของแบตเตอรี่



ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร

- Overcharge & Undercharge
- อุณหภูมิสูง
- ขาดการบำรุงรักษา
- Commissioning และ การติดตั้งที่ไม่เหมาะสม
- ความบกพร่องของระบบ
- การใช้งานและการใช้งานผิดประเภท
- การออกแบบ และ การผลิต
- มีปัจจัยมากมาย ซึ่งอยู่ระหว่างการศึกษาวิจัย



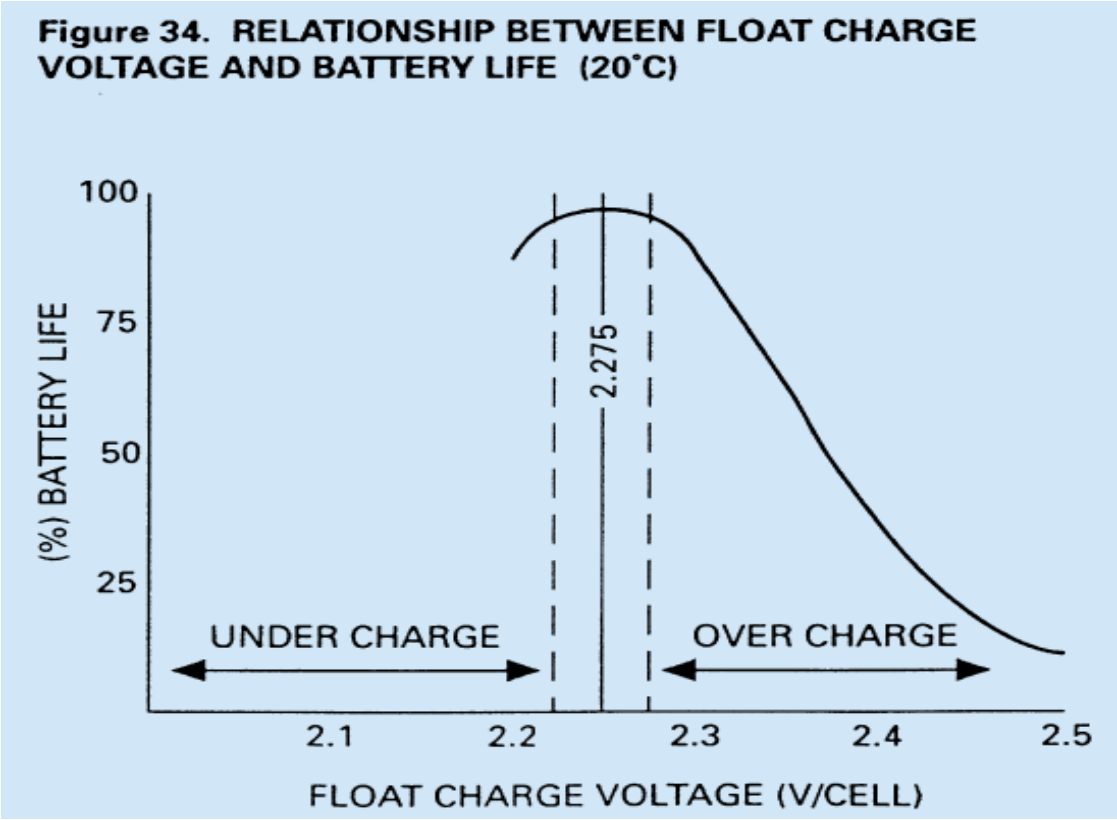
อาการเสีย

- ความจุต่ำ
- แรงดันต่ำหรือสูง
- ความต้านทานสูง
- แบตเตอรี่ร้อน
- เปลือกแตก ขั้วแตก
- การผุกร่อนของขั้ว
- อิเล็กโตรไลต์รั่ว
- Ground fault
- แบตเตอรี่บวม
- การผุกร่อนของแผ่นธาตุ
- การผุกร่อนของ Strap
- การหลุดร่วงของแผ่นธาตุ
- Sulfation
- การแห้งของน้ำ Dry-out
- Shorted cell
- Opened cell
- Thermal runaway

Undercharge & Overcharge

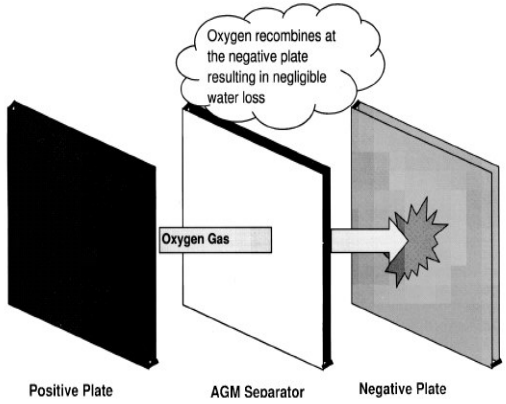
- แรงดันชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป Overcharge
- แรงดันชาร์จแบตเตอรี่ต่ำเกินไป Undercharge

} ทำให้แบตเตอรี่อายุสั้นลง

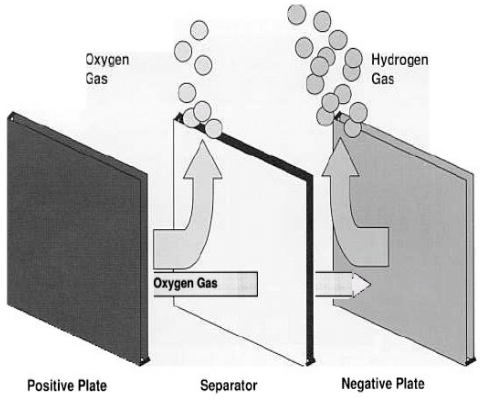


Overcharge

- แรงดันชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป จะทำให้แบตเตอรี่เกิดก๊าซมาก ทำให้แผ่นธาตุผุกร่อนเร็ว แบตเตอรี่สูญเสียน้ำมาก จะทำให้แบตเตอรี่เสียเร็ว
- โดยทั่วไปแรงดันสูงกว่า 2.30V/cell ที่ 20°C ถือว่า Overcharge
- แบตเตอรี่แบบน้ำ เมื่อ Overcharge จะเกิดก๊าซผุดออกมาจากแผ่นธาตุมาก แบตเตอรี่จะร้อน จะทำให้ระดับน้ำลดเร็ว ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อย ทำให้แผ่นธาตุผุกร่อนเร็ว แบตเตอรี่จะอายุสั้นลง
- แบตเตอรี่แบบ VRLA เมื่อ Overcharge จะทำให้เกิดก๊าซมาก แบตเตอรี่จะร้อน น้ำภายในจะแห้งอย่างรวดเร็ว ที่เรียกว่า Dry-out แบตเตอรี่จะอายุสั้นลงมาก ในกรณีรุนแรงจะทำให้เกิด Thermal-runaway



At 2.27V/cell

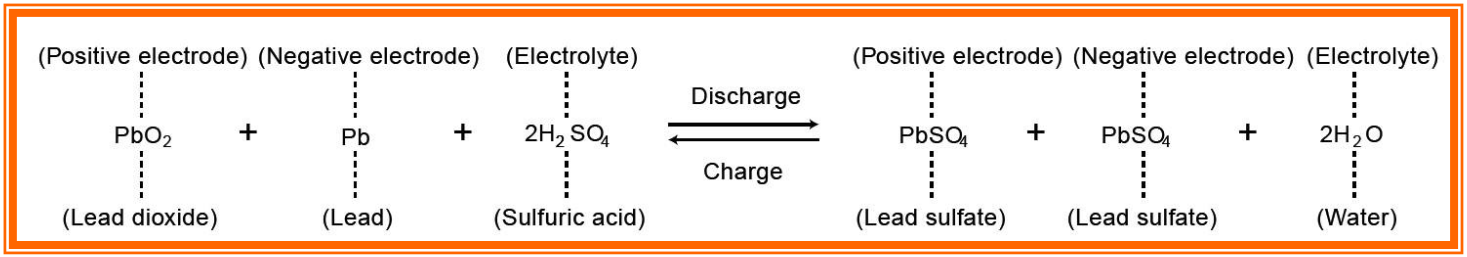


Above 2.30V/cell

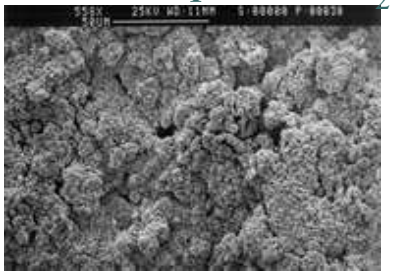
- บางทีการ Overcharge เกิดจากมีแบตเตอรี่บางลูกในสตริงเสียโดยเฉพาะ Shorted cell

Undercharge

- การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยแรงดันที่ต่ำเกินไป จะทำให้แบตเตอรี่ชาร์จไม่เต็ม ถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดผลึกตะกั่วซัลเฟต (Hard Sulfate) ที่แผ่นธาตุ ทำให้แบตเตอรี่มีความจุต่ำลง เรียกอาการนี้ว่า “Sulfation”

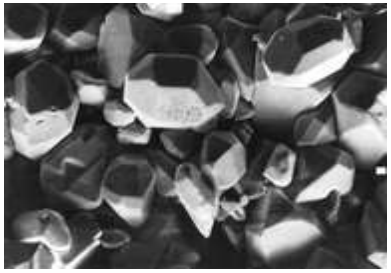


Positive plate PbO_2



Discharge

Lead sulfate crystal



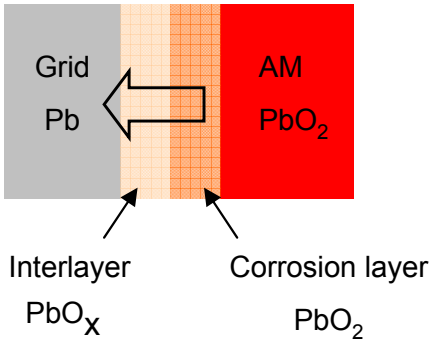
- ตั้งแรงดันชาร์จตามคู่มือแบตเตอรี่
- การดิสชาร์จแบตเตอรี่แล้วไม่ชาร์จกลับภายใน 24 ชั่วโมงทำให้เกิด Hard Sulfate เช่นกัน
- การเก็บแบตเตอรี่ไว้นานๆโดยไม่ชาร์จทำให้เกิด Hard Sulfate เช่นกัน
- ถ้า Undercharge เป็นเวลาไม่นานนักการ Equalize อาจช่วยไล่ซัลเฟตออกได้
- ผลของ Undercharge ทำให้แบตเตอรี่มีความจุต่ำลง มีอายุการใช้งานสั้นลง

Positive Grid Corrosion

- **Grid corrosion** การผุกร่อนของแผ่น Grid โดยเฉพาะที่แผ่นธาตุบวก อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างตะกั่ว กับ น้ำกรด

* เกิดขึ้นตลอดเวลา หลีกเลี่ยงไม่ได้ มีอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง

** เป็นตัวกำหนดอายุแบตเตอรี่ (Design Life)



$$Pb + 2H_2O \Rightarrow PbO_2 + H_2$$

Positive Grid + water => Lead dioxide + Hydrogen gas

Product	Molar mass g/mol	Density g/cm^3	Volume ratio related to Pb
Pb	207.2	11.34	1.00
PbO	223.2	9.64	1.26
PbO_2	239.2	9.87	1.32
$PbSO_4$	303.2	6.29	2.64

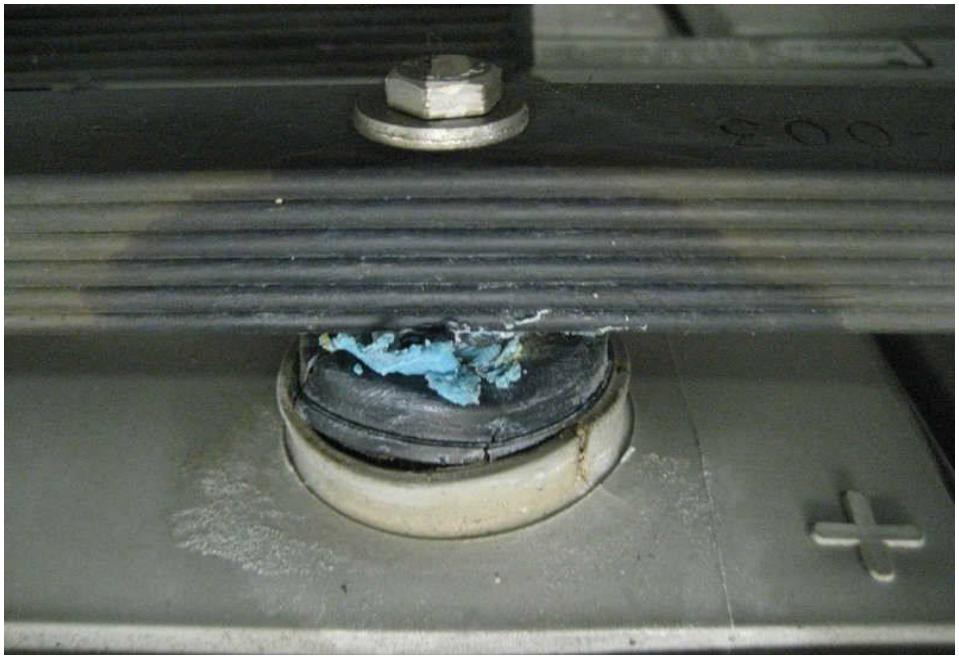
มีการเพิ่มขึ้นของปริมาตร 30%

Grid มีการขยายตัว (Grid growth)

Positive Grid Corrosion

ผลที่ตามมา

1. เกิดการขยายตัวของแผ่นธาตุบวก ถ้ามีการขยายตัวมากจะดันให้ขั้วบวกของแบตเตอรี่ลอยขึ้นมา อาจทำให้ฝาของแบตเตอรี่แตกได้ และ ถ้าแผ่นธาตุบวมมากจะดันทางด้านข้างของแบตเตอรี่ด้วย



Positive Grid Corrosion

ผลที่ตามมา

2. การผุกร่อนของ Grid ทำให้แบตเตอรี่มีความต้านทานภายในสูงขึ้น

3. เนื่องจากการผุกร่อนจะทำให้แบตเตอรี่สูญเสียน้ำ ดังนั้นการผุกร่อนของ Grid อาจนำไปสู่การแห้งของน้ำภายในแบตเตอรี่ VRLA

4. ทำให้เกิดการหลุดร่วงของแผ่นธาตุ (Active material) ทำให้แบตเตอรี่มีความจุต่ำลง

ปัจจัยเร่ง

1. แรงดันชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป (Overcharge)

2. อุณหภูมิแบตเตอรี่สูง ทุกๆ 10°C ที่สูงขึ้นทำให้การผุกร่อนเกิดเร็วขึ้น 2 เท่า

3. อุณหภูมิสูง + Overcharge จะทำให้การผุกร่อนเกิดขึ้นเร็วมาก

การชะลอการผุกร่อน

ตั้งแรงดัน Float charge ตามที่ผู้ผลิตแบตเตอรี่กำหนดโดยให้คำนึงถึงอุณหภูมิของห้องที่ติดตั้งแบตเตอรี่ (Temperature compensation) และให้มีการใช้งาน Battery current limit

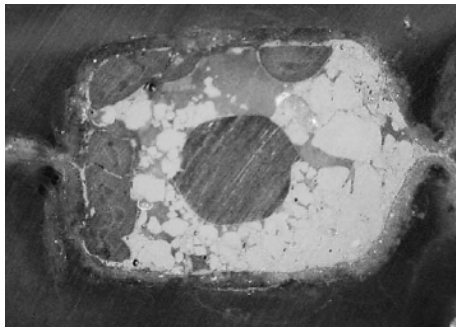
Positive post lifting

แบตเตอรี่ VRLA บางรุ่น เมื่อใกล้หมดอายุ ขั้วบวกจะลอยขึ้นมา ประมาณ 7-10mm

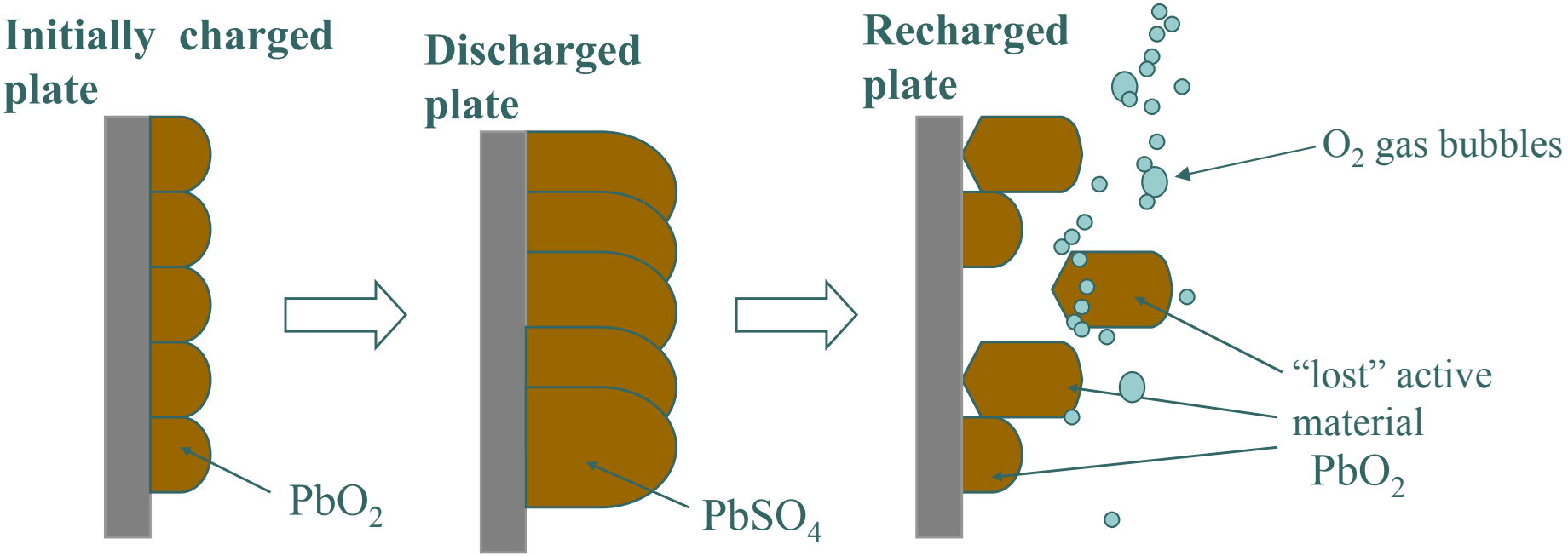
Full battery life

Nearing end of battery life

Loss of active material

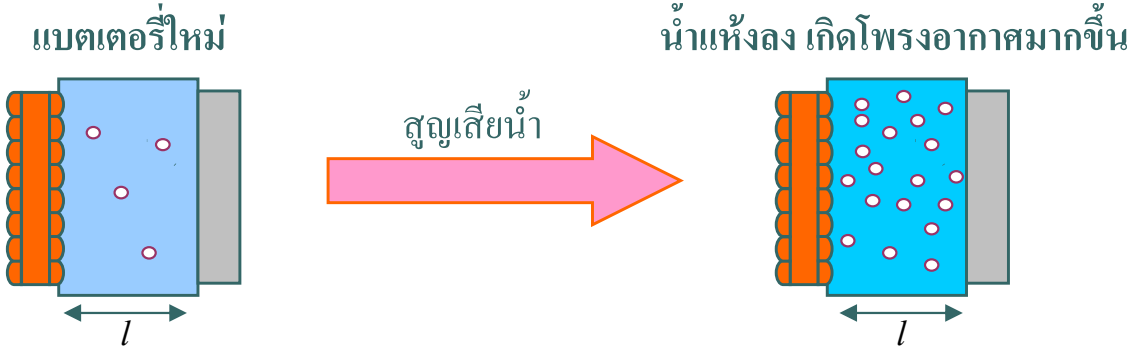


- Loss of active material
  - $PbSO_4$ is larger than PbO_2 - when recharged, the PbO_2 is sometimes reformed 'detached' from the plate - this 'lost' active material will no longer participate in the reaction and will result in lower capacity
  - $PbSO_4$ can also be 'washed' away from the plate surface by the gassing action during overcharge



Dry-out การแห้งลงของน้ำในอิเล็กโตรไลต์

- **มักเป็นสาเหตุการเสื่อมของ VRLA**



ปัจจัยเร่ง

1. แรงดันชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป (Overcharge) -> Gassing
2. อุณหภูมิสูง
3. Grid corrosion
4. แบตเตอรี่ รั่ว ร้าว ซึม แตก วาล์วเสีย
5. ดิสชาร์จบ่อย

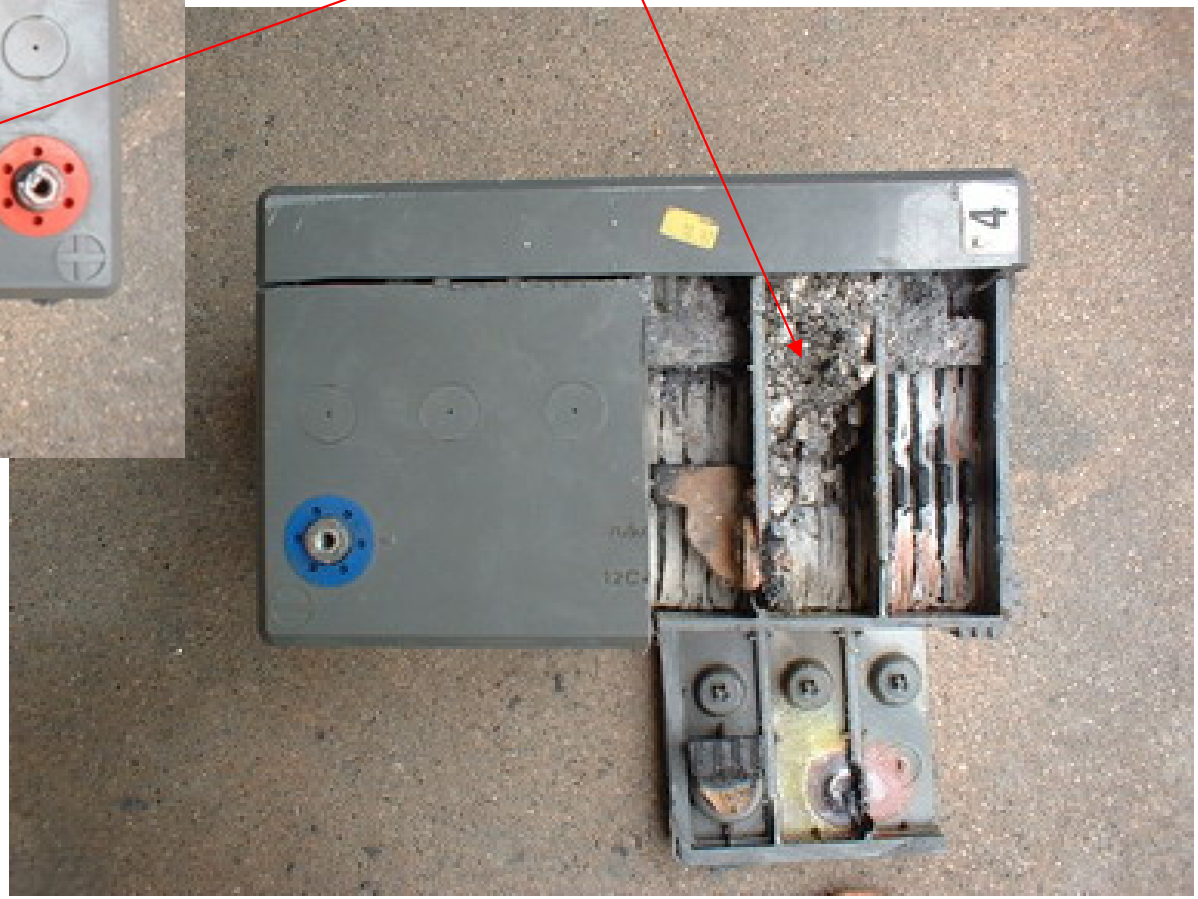
ผลที่ตามมา

1. เกิดช่องว่างใน AGM หรือ Gell -> ***ความต้านทานของอิเล็กโตรไลท์ สูงขึ้น***
2. พื้นผิวสัมผัสระหว่างอิเล็กโตรไลท์ กับแผ่นธาตุลดลง (Active surface ลดลง)
   -> อิเล็กโตรไลท์ ไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุ
   -> ***ความต้านทานผิวสัมผัสสูงขึ้น***
3. ความจุของแบตเตอรี่ลดลง

Strap corrosion

การผุกร่อนของ Strap

รอยไหม้



Leak & Ground fault

แตกเนื่องจากการกระแทก
ขณะขนส่งหรือขณะติดตั้ง

มีการร้าว ทำให้เมื่อใช้งานไปได้สัก
ระยะ จะมีกรดไหลซึมออกมาจนทำให้
เกิด Ground fault

การเกิด Thermal runaway ในแบตเตอรี่

Thermal runaway คือ อาการที่แบตเตอรี่ ร้อนและบวมในขณะชาร์จ ซึ่งทำให้แบตเตอรี่เสียในที่สุด

กระบวนการเกิด Thermal runaway

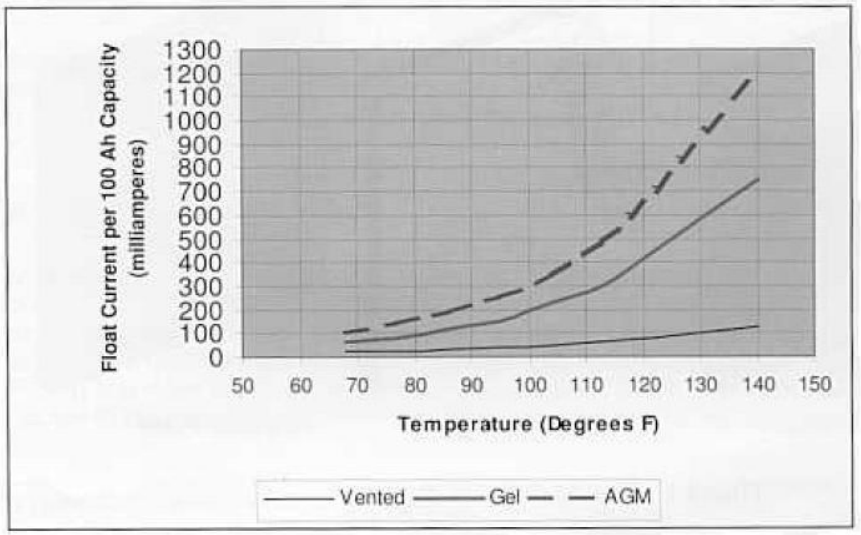


Figure 3 – Float Current vs. Temperature (@2.30 v/c)

รูปกราฟ แสดงกระแส Float ของแบตเตอรี่ กับอุณหภูมิ

แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีกระแส Float ไหลมากขึ้น

เมื่อแบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูง จะทำให้มีกระแส Float ไหลสูง

เมื่อแบตเตอรี่มีกระแสไหลสูงขึ้น ก็ยิ่งทำแบตเตอรี่ร้อนมากขึ้น

จะเกิดเหตุการณ์นี้เรื่อยๆ จนในที่สุดจะมีกระแสไหลสูงมากจนควบคุมไม่ได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะสะสมจนทำให้แบตเตอรี่ร้อนมาก และจนทำให้แบตเตอรี่บวม นั่นคือเกิด **Thermal runaway**

ต้นเหตุที่ทำให้เกิด Thermal runaway

1. แรงดันชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป

การชาร์จแบตเตอรี่ด้วยแรงดันสูง จะทำให้มีกระแสไหลมาก แบตเตอรี่จะร้อนขึ้น จึงมีความเสี่ยงที่จะเกิด Thermal runaway มากขึ้น

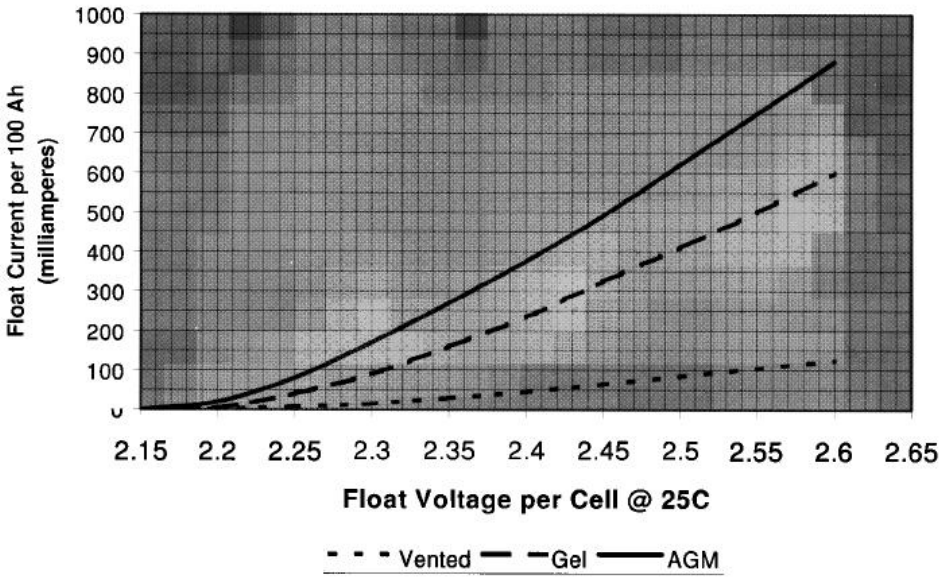


Figure 4 – Float Current vs. Float Voltage

2. กระแสชาร์จแบตเตอรี่สูงเกินไป

การชาร์จแบตเตอรี่โดยไม่มีการควบคุมกระแสจะทำให้แบตเตอรี่ร้อน โดยทั่วไปจะจำกัดกระแสชาร์จแบตเตอรี่ไว้ที่ $0.1C_{10}$

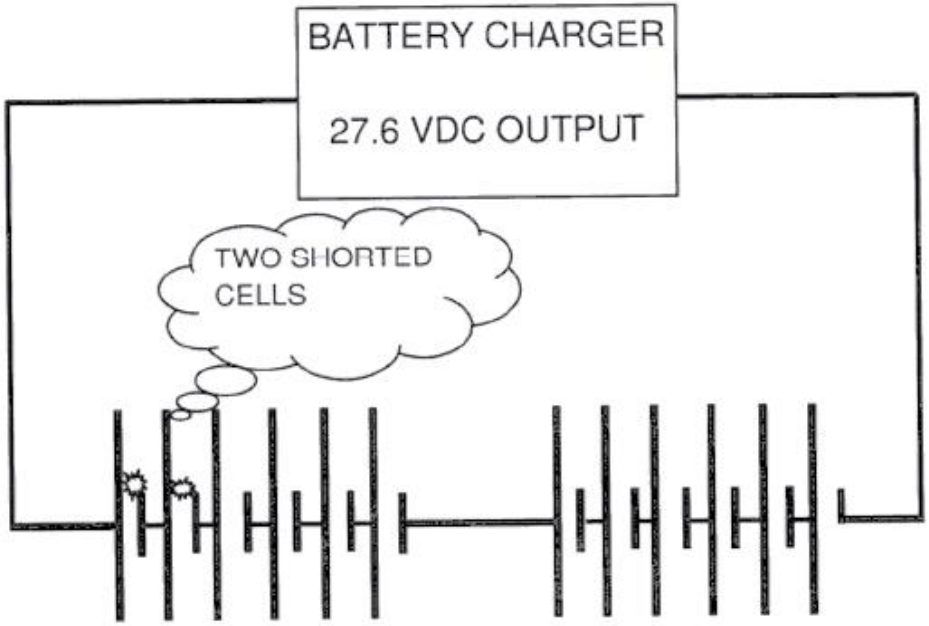
3. อุณหภูมิแวดล้อมของแบตเตอรี่สูงเกินไป

แบตเตอรี่ควรติดตั้งในห้องปรับอากาศ 20-25C และตู้ควรมีการระบายอากาศที่ดี ถ้าไม่มีเครื่องปรับอากาศจะต้องปรับแรงดันชาร์จลง โดยใช้ฟังก์ชัน Temperature compensation หรือโดยคำนวณจากอุณหภูมิเฉลี่ย

ต้นเหตุที่ทำให้เกิด Thermal runaway

4. แบตเตอรี่บางลูก shorted cell

เมื่อมีแบตเตอรี่บางลูกชอร์ตไป จะทำให้แบตเตอรี่ลูกอื่นๆมีแรงดันสูงขึ้น ทำให้มีกระแส Float ไหลมากขึ้น และจะร้อนขึ้น จึงมีความเสี่ยงมากขึ้น



5. แบตเตอรี่บางลูกรั่วลงกราวด์

ทำให้มีกระแสขนาดสูงไหลผ่านแบตเตอรี่ จนร้อนและ Thermal runaway

6. ระบบมีปัญหา ชาร์จเจอร์ทำงานผิดพลาด

ถ้าชาร์จเจอร์ทำงานผิดพลาดโดยทำให้แรงดันออกสูงเกินไป จะทำให้แบตเตอรี่มีความเสี่ยงที่จะเกิด Thermal runaway มากขึ้น

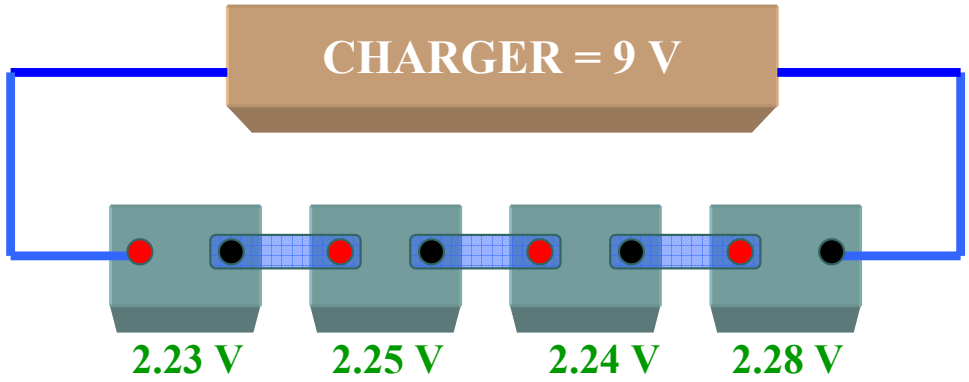
การตรวจหาแบตเตอรี่เสีย

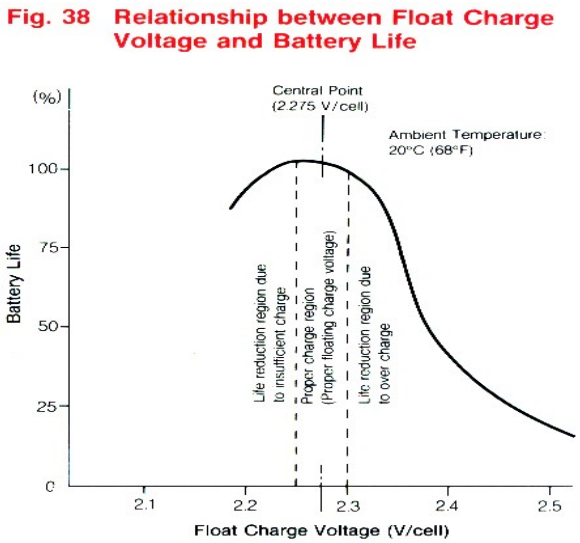
- Float charge

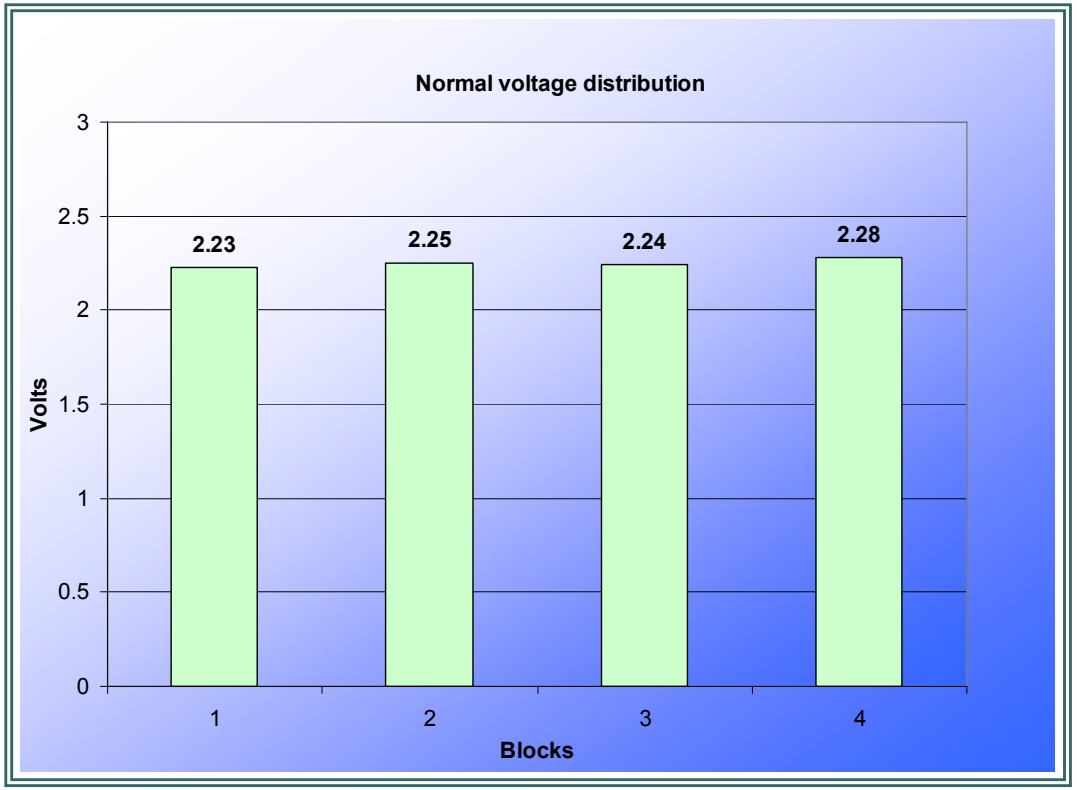
  - แรงดันแบตเตอรี่อาจสูงหรือต่ำผิดปกติ
  - แบตเตอรี่ร้อน
  - แรงดันริปเปิลสูงผิดปกติ
  - Shorted cell หรือ Opened cell อาจตรวจจับได้ จากแรงดันและกระแส
  - Opened cell อาจตรวจจับได้จากกระแสAC / DC
  - บ่อยครั้งที่แบตเตอรี่เสื่อมและมีความจุต่ำ มีแรงดันโฟลทที่ปกติดี

Normal voltage

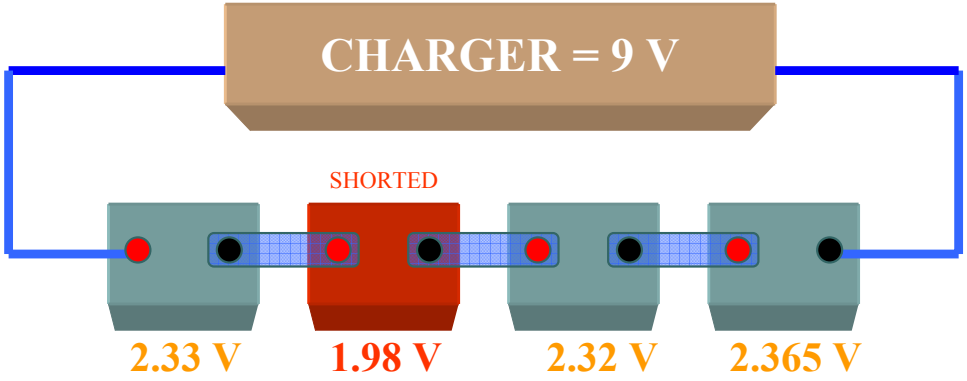
❖ แรงดันชาร์จเจอร์ = 2.25 x 4 = 9V



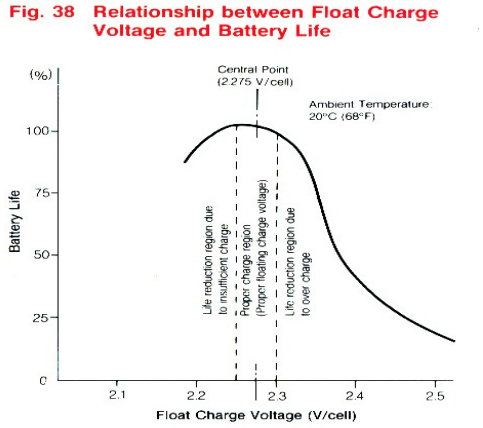


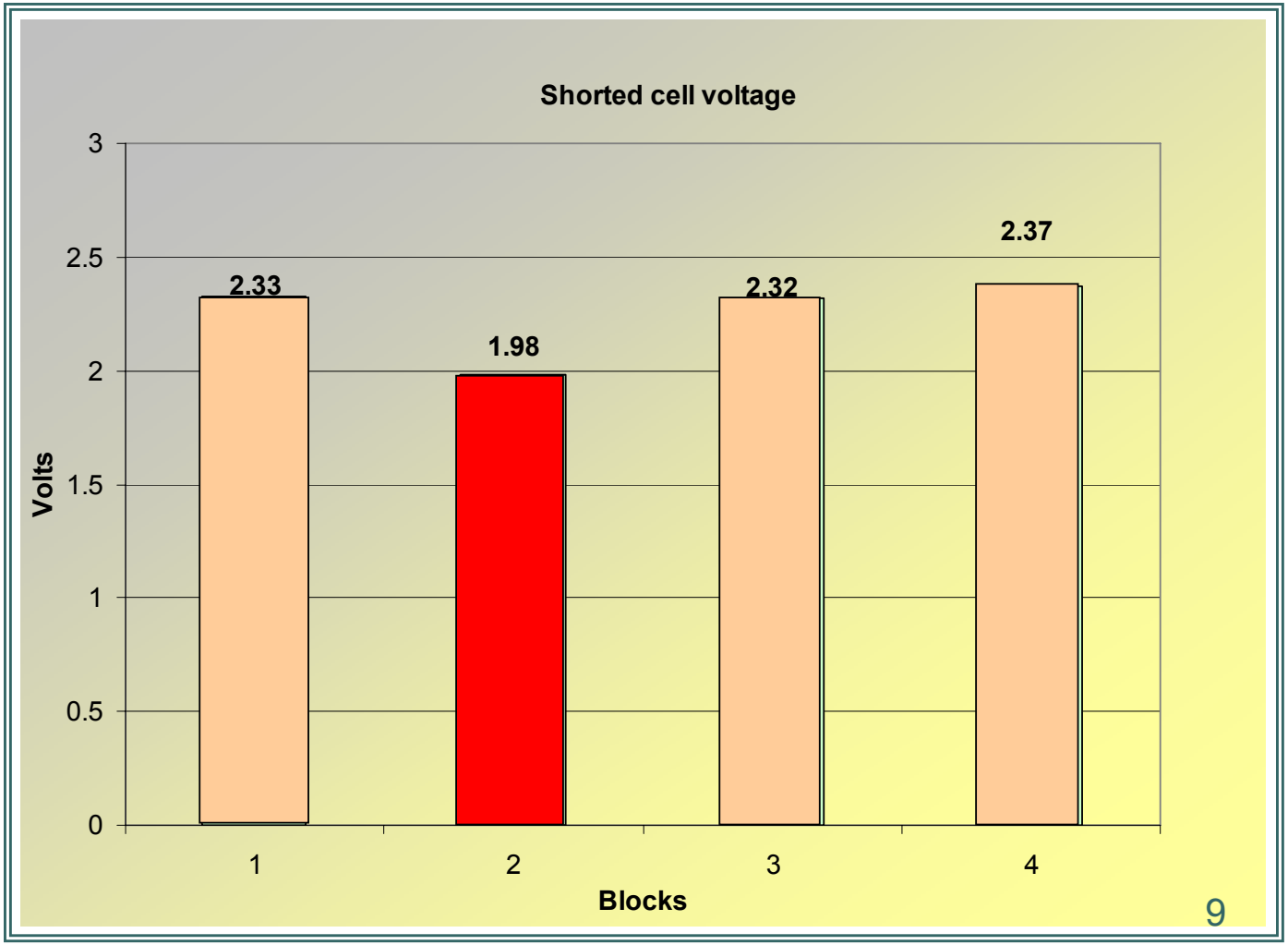


Shorted cell voltage

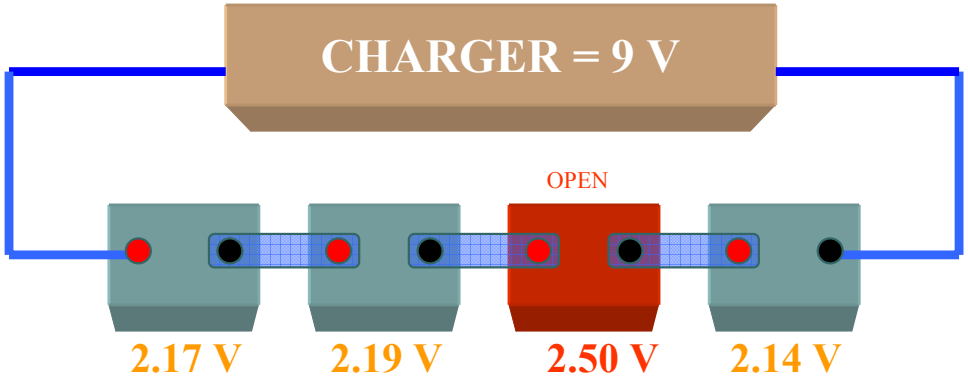


- แรงดันชาร์จเจอร์ = 2.25 x 4 = 9V
- แบตเตอรี่ที่ชอร์ตเซลล์จะมีแรงดันต่ำ
- แบตเตอรี่ลูกอื่น ๆจะมีแรงดันสูงกว่าปกติ
- แบตเตอรี่ทั้งหมดจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

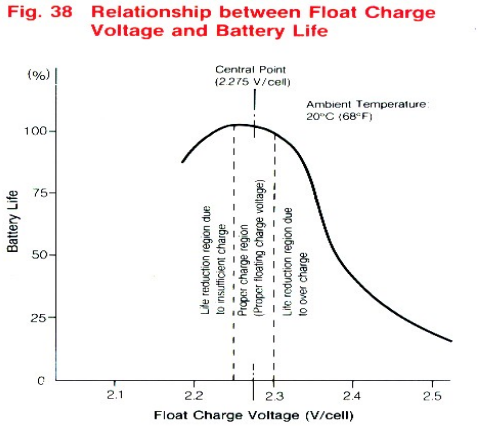


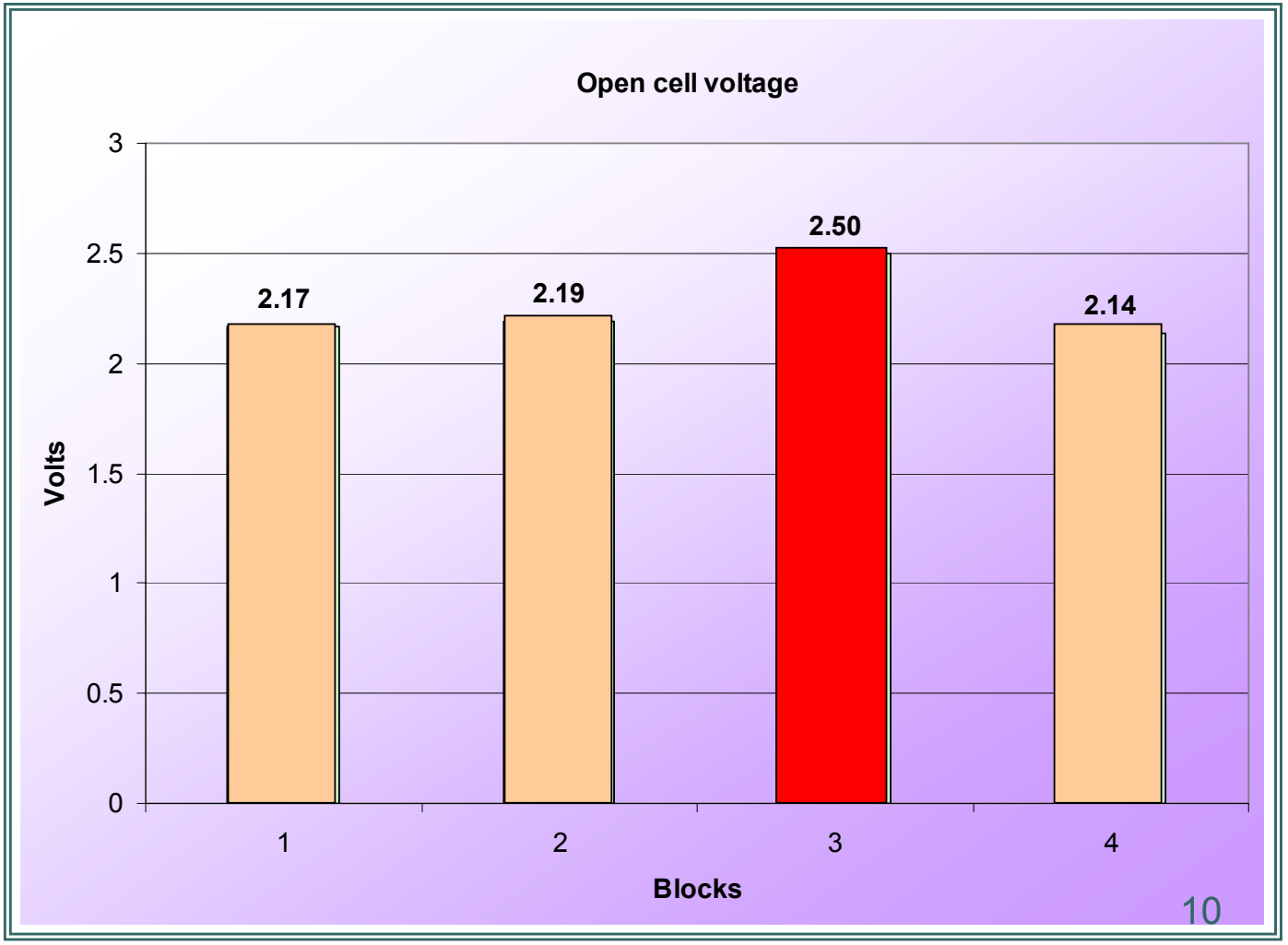


Open cell voltage



- แรงดันชาร์จเจอร์ = 2.25 x 4 = 9V
- แบตเตอรี่ที่โอเพ่นเซลล์จะมีแรงดันสูง
- แบตเตอรี่ลูกอื่น ๆจะมีแรงดันต่ำกว่าปกติ
- แบตเตอรี่ทั้งหมดจะมีอายุการใช้งานสั้นลง





Ohmic value

✓ ค่า Ohmic ของแบตเตอรี่ คือค่า Resistance, Impedance หรือ Conductance ของแบตเตอรี่

R = Resistance (Ohms ,Ω) - วัดค่าความต้านทาน DC ของแบตเตอรี่

Z = Impedance (Ohms ,Ω) - วัดค่าความต้านทาน AC ของแบตเตอรี่

G = Conductance (Siemens, S / Mhos, ℧) - วัดค่าความนำ AC ของแบตเตอรี่

✓ ค่า Ohmic สามารถบอกถึงสภาพทางเคมี/ไฟฟ้า/แผ่นธาตุภายในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดได้

✓ การเพิ่มขึ้นของค่าความต้านทาน หรือ การลดลงของค่าความนำ แสดงถึงการเสื่อมของแบตเตอรี่

✓ IEEE 450 (Maintenance Vent Lead-Acid Battery) และ IEEE 1188 (Maintenance VRLA Battery) ได้บรรจุให้การวัดค่า Ohmic เป็นส่วนหนึ่งในการบำรุงรักษาแบตเตอรี่

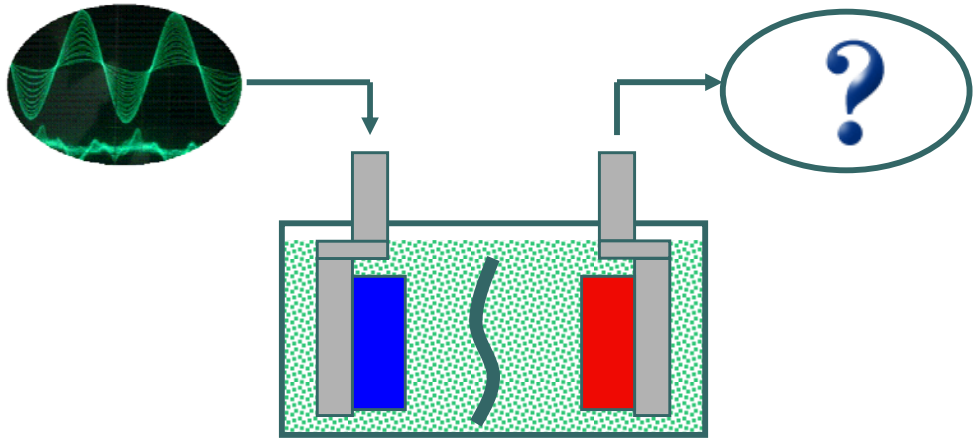
IEEE Std 1188-2005
IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Stationary Applications

C.4 Cell/Unit internal ohmic measurements

These measurements provide information about circuit continuity and can be used for comparison between cells and for future reference.

The internal ohmic properties of a cell consist of several factors, including the physical connection resistances, the ionic conductivity of the electrolyte, and the activity of the electrochemical processes occurring at the plate surfaces. With multicell units, there are additional contributions due to intercell connections.

Ohmic value

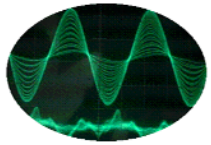


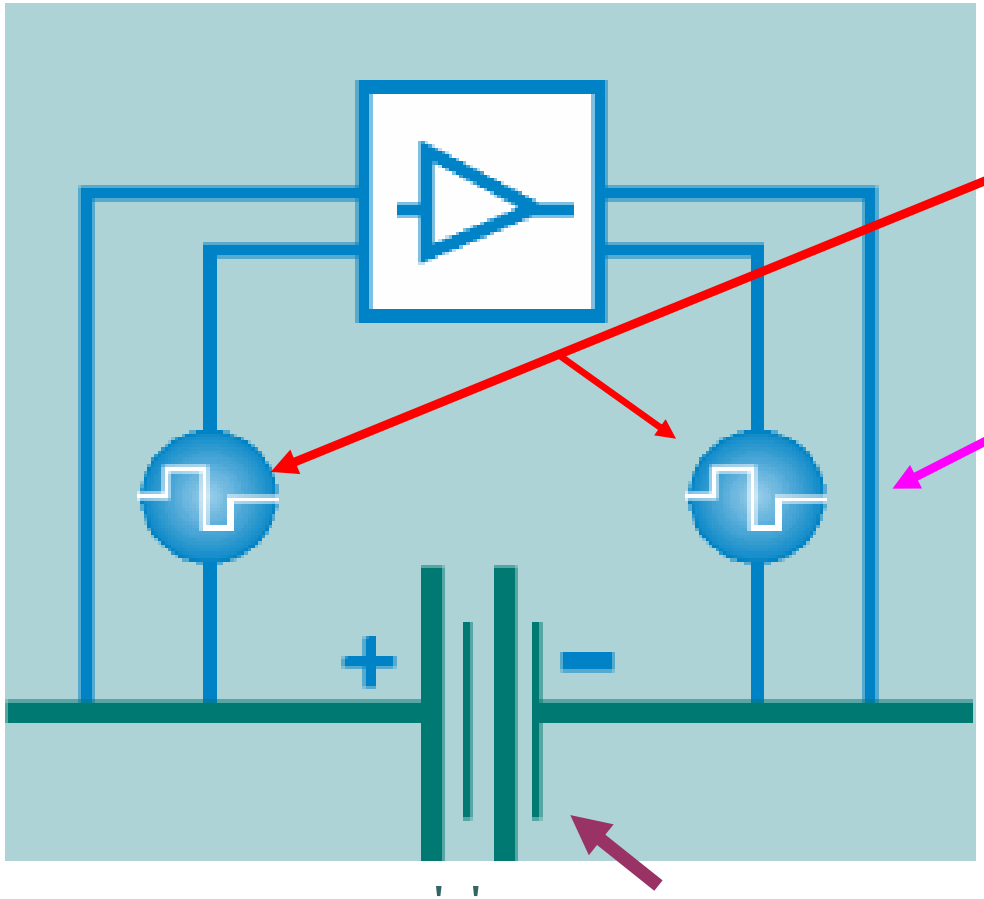
The internal cell components can be modeled as a combination of resistors, capacitors and coils.

pos. terminal → positive plate (grid and active material) → electrolyte → separator → electrolyte → negative plate (grid and active material) → neg. terminal

หลักการวัดค่าความนำ (Conductance)

- การการทดสอบค่าความนำ เป็นการทดสอบแบบ AC โดยเครื่องจะป้อนกระแสไฟฟ้าสลับความถี่ต่ำเข้าที่แบตเตอรี่ แล้วจึงวัดแรงดันที่ตอบสนองจากแบตเตอรี่ จากนั้นจึงคำนวณค่าความนำของแบตเตอรี่





แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบ

1. ป้อนกระแสไฟสลับความถี่ต่ำเข้าที่ขั้วแบตเตอรี่

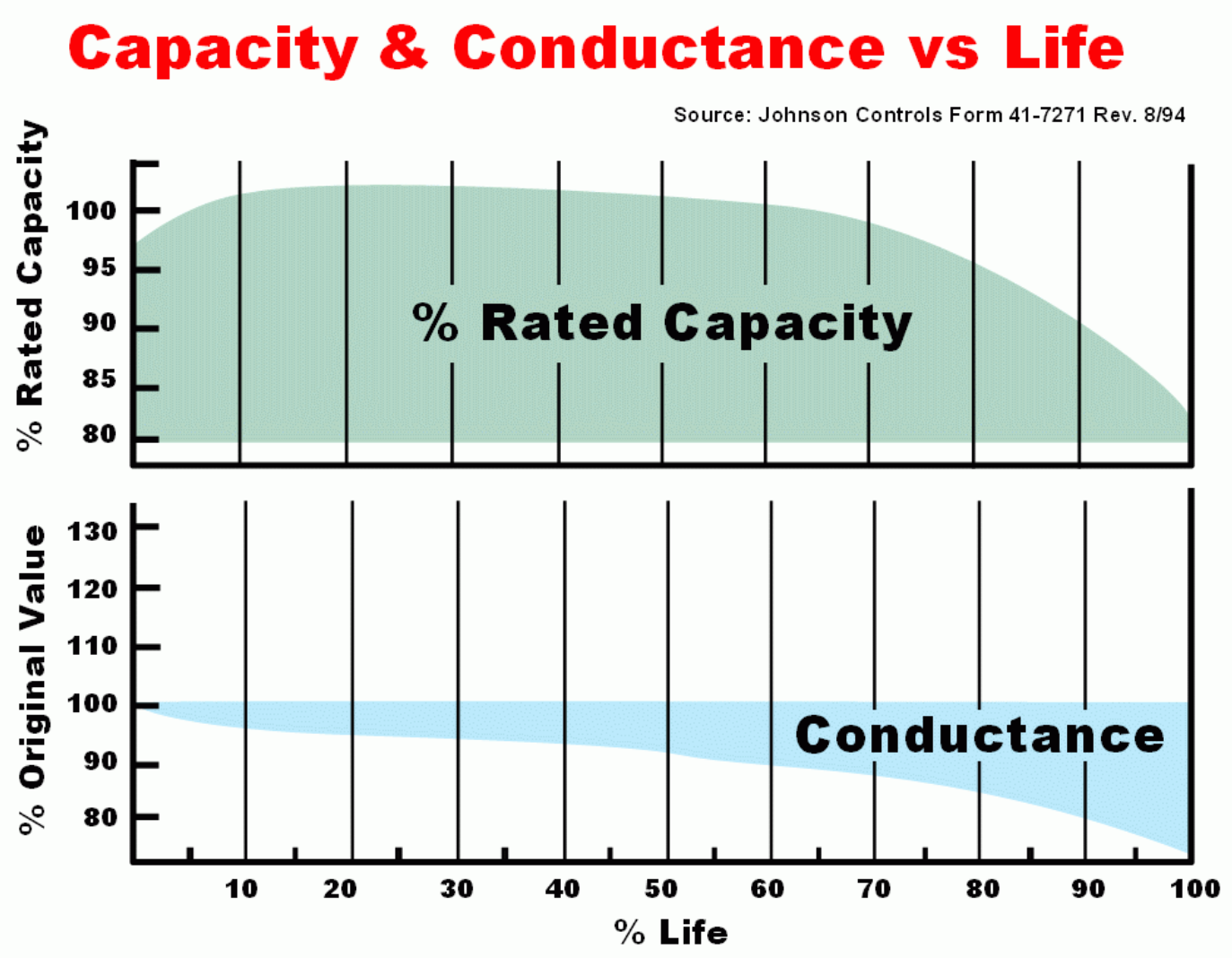
2. วัดแรงดันไฟสลับที่ขั้วแบตเตอรี่

3. คำนวณค่า **Conductance** จาก

$$G = \frac{\text{กระแส (Aac)}}{\text{แรงดัน (Vac)}} \times \cos(\Phi)$$

ความสัมพันธ์ของ Conductance กับ อายุ

- ✓ การลดลงของค่าความนำ แสดงถึงการเสื่อมของแบตเตอรี่



ความสัมพันธ์ของ Conductance กับความเสื่อมของแบตเตอรี่

✓ การลดลงของค่าความนำ หรือ การเพิ่มขึ้นของค่าความต้านทาน แสดงถึงการเสื่อมของแบตเตอรี่

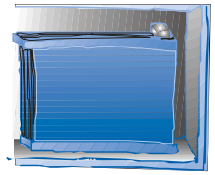


plate surface = conductance ↑

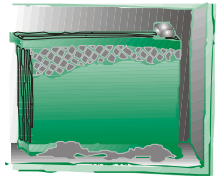
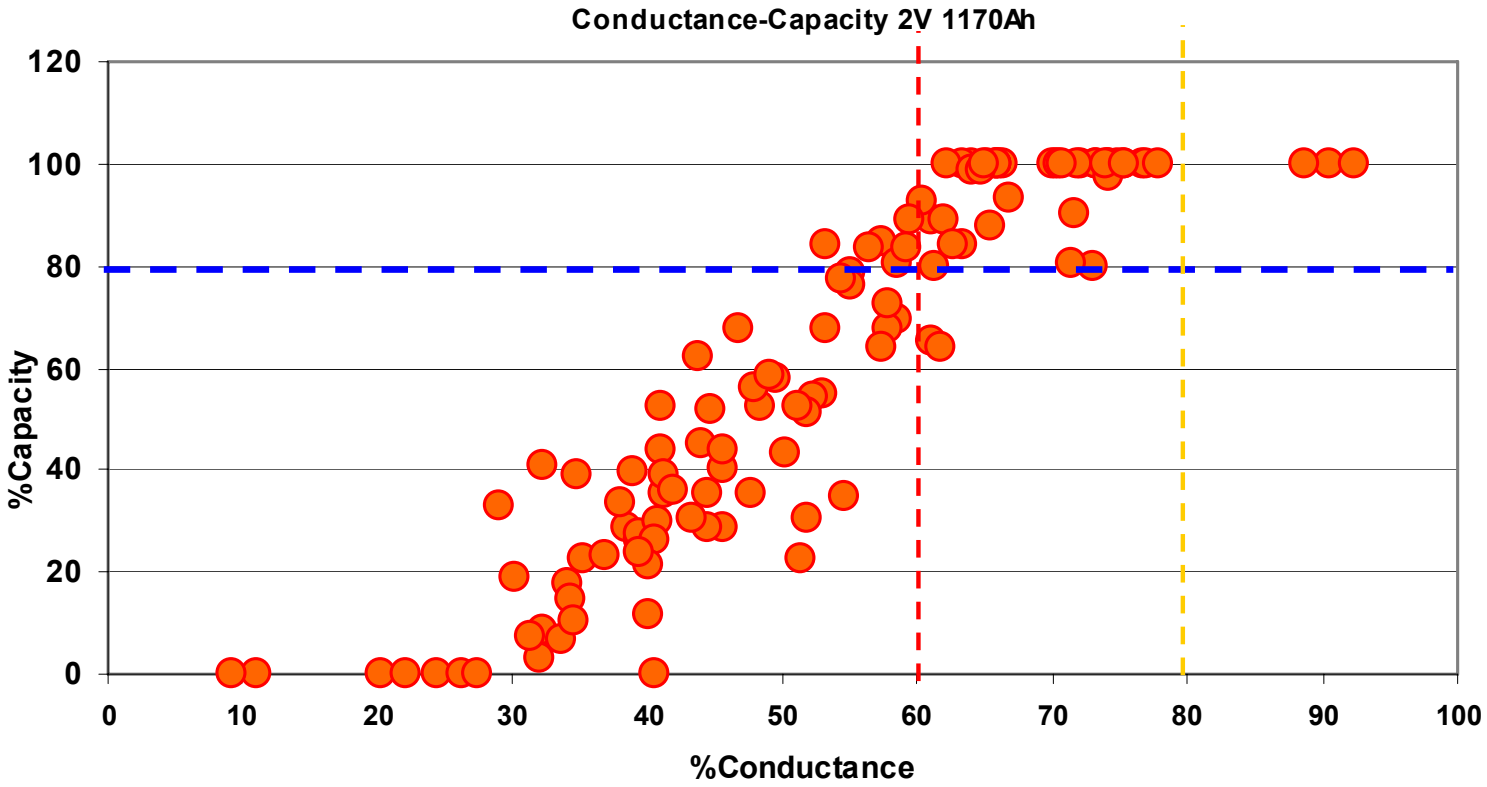


plate surface = conductance ↓

การเสื่อม	ความจุ	ความนำ (Conductance)	ความต้านทานภายใน	แรงดัน
การผุกร่อนของแผ่นธาตุ	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	ไม่บ่งบอก
การผุกร่อนของส่วนนำไฟฟ้าและขั้ว	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	ไม่บ่งบอก
การแห้งของอิเล็กโตรไลต์	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	ไม่บ่งบอก
Sulfation	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	Float/OCV ต่ำ
Open cell	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	Float สูง
Short Cell	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	Float/OCV ต่ำ
อายุมาก	ลดลง	ลดลง	สูงขึ้น	ไม่บ่งบอก

ความสัมพันธ์ของ Conductance กับ Capacity



ที่ค่า %Conductance 60-80% แบตเตอรี่ส่วนใหญ่มีความจุ 80-100%

ที่ค่า %Conductance < 60% แบตเตอรี่ส่วนใหญ่มีความจุน้อยกว่า 80%

Greference = 3800 S

แบตเตอรี่ 2V 1170Ah จำนวน 120 ลูก ทดสอบที่อัตรา 3 ชั่วโมง 1.8V

การตรวจหาแบตเตอรี่เสีย

- Conductance
  - แบตเตอรี่ที่มีค่า Conductance ต่ำกว่า 80% ต้องสงสัยว่าผิดปกติ
  - แบตเตอรี่ที่มีค่า Conductance ต่ำกว่า 60% ต้องสงสัยว่าเสียแล้ว
  - แบตเตอรี่ที่มีค่า Conductance ต่ำมากควรปลดออกจากระบบ
  - ถ้าค่า Conductance ต่ำ และไม่แน่ใจว่าแบตเตอรี่เสียหรือไม่ ต้องทำการดิสชาร์จ
  - ค่า Conductance ช่วยให้เรารู้แนวโน้มการเสื่อมของแบตเตอรี่ได้

Capacity test

- Discharge
  - การดิสชาร์จเป็นทางเดียวที่ทำให้ทราบความจุที่แท้จริงของแบตเตอรี่
  - ในขณะดิสชาร์จแบตเตอรี่ที่เสีย หรือ มีความจุต่ำมาก อาจจะมีแรงดันต่ำตั้งแต่เริ่มดิสชาร์จ ดังนั้นการดิสชาร์จเป็นระยะเวลาสั้นๆ อาจพอระบุแบตเตอรี่ที่เสียได้
  - เพื่อให้ทราบความจุที่แท้จริงต้องดิสชาร์จแบตเตอรี่จนถึง End voltage
  - ความจุต่ำกว่า 80% ถือว่าแบตเตอรี่เสีย
  - แบตเตอรี่ใหม่อาจมีความจุเพียง 90-95% ของพิกัดเท่านั้น อาจต้องโฟลทชาร์จเป็นปี หรือทำการชาร์จ/ดิสชาร์จหลายๆ ครั้ง ความจุจึงจะขึ้นถึง 100%

Load Tester

Dummy Load

- ✓โดยทั่วไปเป็นโหลดความต้านทาน (Heater)
- ✓มีพิกัดเหมาะสมกับการใช้งาน
- ✓สามารถปรับกระแสได้ละเอียดเพียงพอ
- ✓มีพัดลมระบายความร้อน

Capacity test

Capacity test or Discharge test

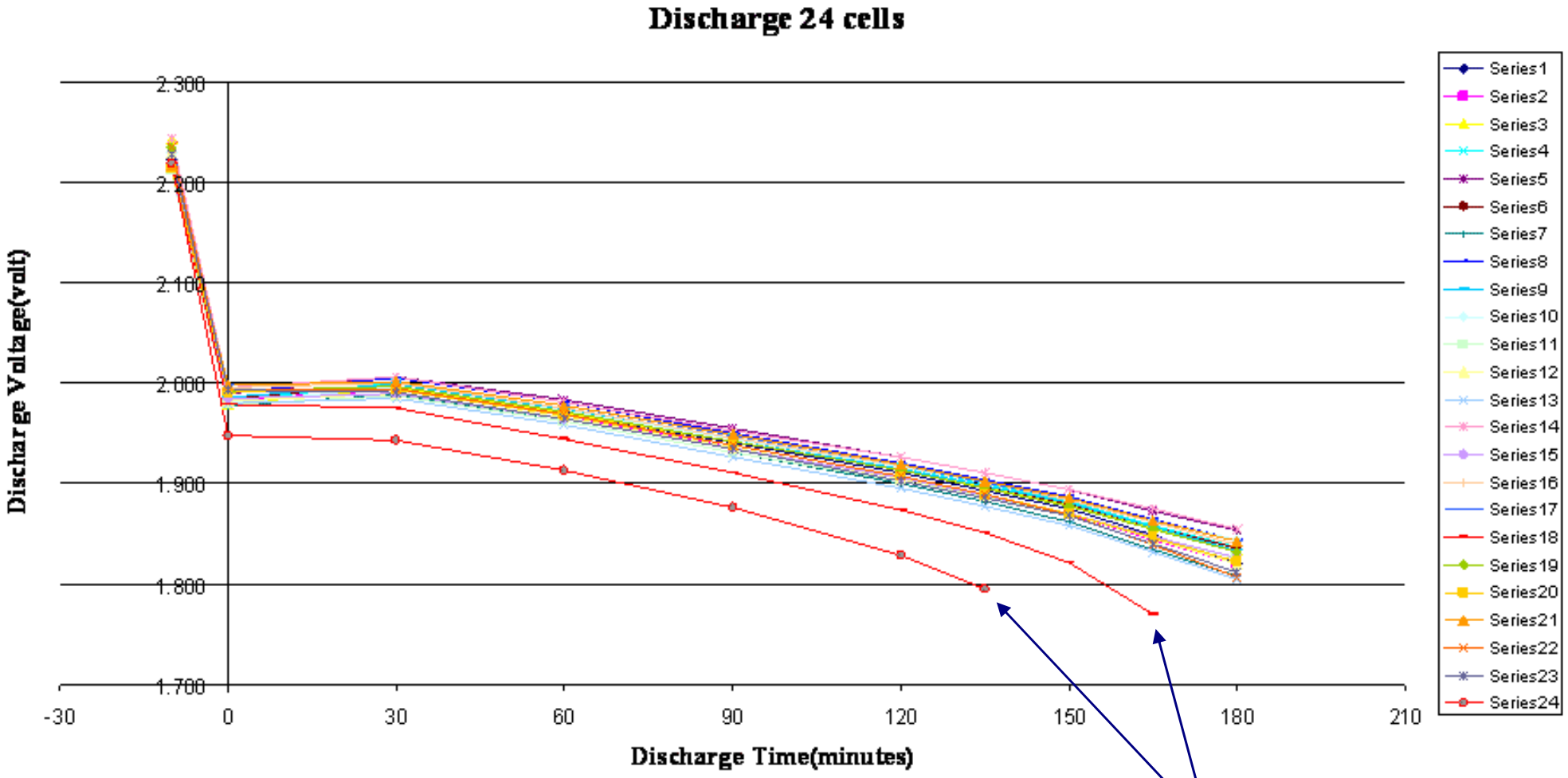
- ทดสอบความจุของแบตเตอรี่โดยให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดความต้านทาน (Heater)
- ขนาดกระแส แรงดันสุดท้าย และระยะเวลา อาจเลือกให้ใกล้เคียงกับกระแสโหลดจริง หรือ ตามความเหมาะสม โดยขนาดกระแสให้อ้างอิงจากตารางคายประจุในคู่มือของแบตเตอรี่

Constant Current Discharge Ratings – Amperes @ 77°F (25°C)

End Point Volts/Cell	Operating Time to End Point Voltage (in hours)														
	.083	.25	.50	.75	1	2	3	5	8	10	12	20	24	72	100
1.90	156	110	75.0	61.0	47.0	28.9	21.0	14.0	9.50	7.90	6.73	4.34	3.65	1.26	0.91
1.85	203	136	92.0	73.5	55.0	31.4	22.8	15.0	10.1	8.44	7.23	4.67	3.92	1.37	0.99
1.80	240	151	99.0	79.5	60.1	34.0	24.2	15.8	10.7	8.80	7.58	4.89	4.10	1.42	1.03
1.75	274	162	105	83.2	61.5	34.8	25.0	16.2	11.0	9.08	7.79	5.00	4.19	1.43	1.04

$$\%\text{Capacity} = \frac{Ta\ (\text{เวลาที่ดิสชาร์จจริง})}{Ts\ (\text{เวลาตามตาราง})} \times 100\%$$

Capacity test



แรงดันต่ำแสดงถึงความผิดปกติของแบตเตอรี่

คำถาม