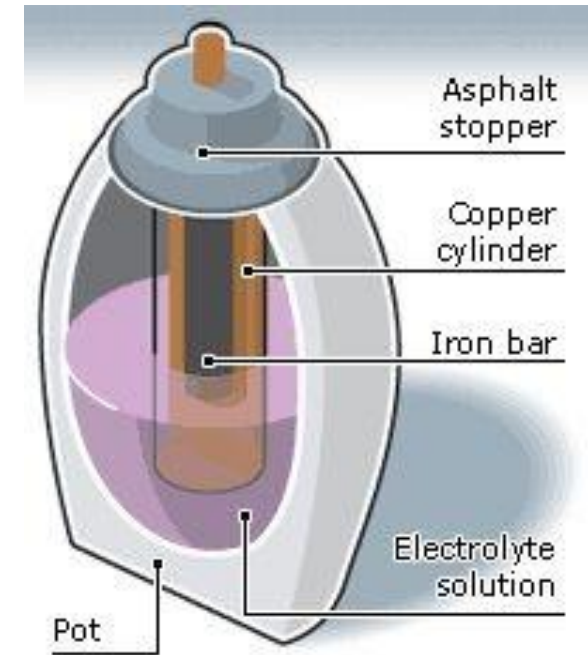
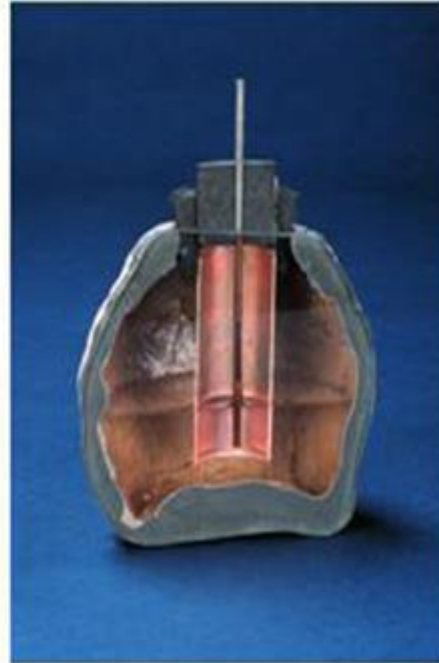


Battery

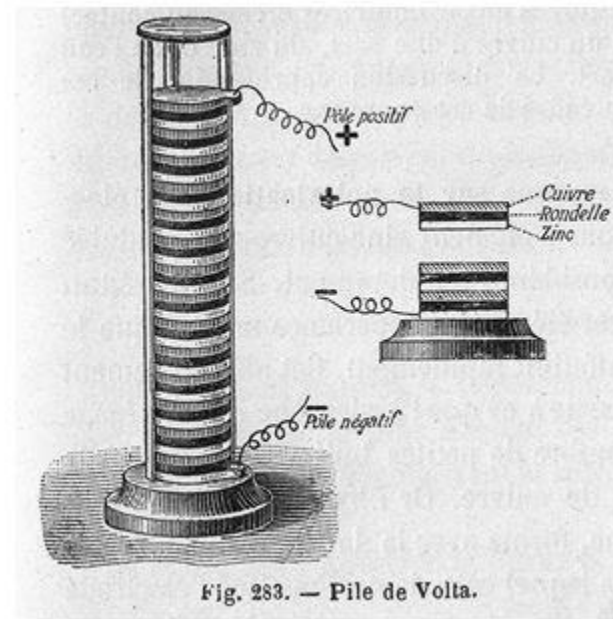
ความเป็นมาของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่เก่าแก่ที่สุดเท่าที่ค้นพบคือ "แบตเตอรี่ของแบกแดด" จากการวิเคราะห์แหล่งที่มาและอายุของมันพบว่าอยู่ในยุคเมโสโปเตเมีย 250 ปีก่อนคริสตกาล



ความเป็นมาของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ตัวแรกถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวอิตาลีชื่อ “อเลสซานโดรโวลต์” ในปี 1800 โวลต์วางแผ่นทองแดงและสังกะสีรอบ ๆ แผ่นทองแดงและสังกะสีแต่ละคู่แยกออกจากกันด้วยชั้นส่วนผ้าใบที่แช่น้ำเกลือ (และเป็นที่มาของหน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า)



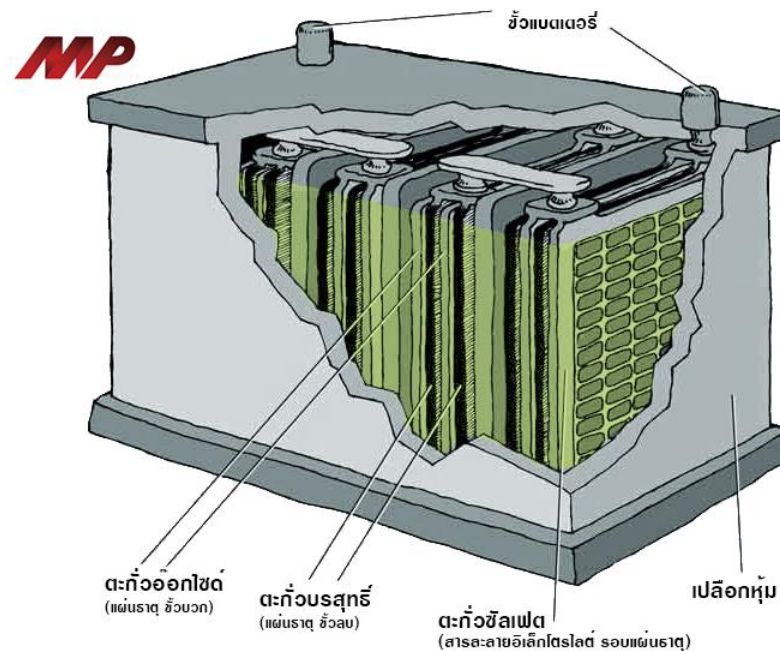
ความเป็นมาของแบตเตอรี่

ทราบใดที่มีการใช้ลวดโลหะสองเส้นในการต่อกับโลหะสองชนิดใด ๆ จะได้ไฟฟ้ากระแสตรงไหลจากขั้วโลหะชนิดหนึ่งไปยังโลหะอีกชนิดหนึ่งที่แช่ในสารละลายเกลือ กรด ต่าง เช่นในกรณีของชุดของทองแดง สังกะสีและน้ำเกลือ จะผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 0.76 โวลต์ ในแต่ละเซลล์



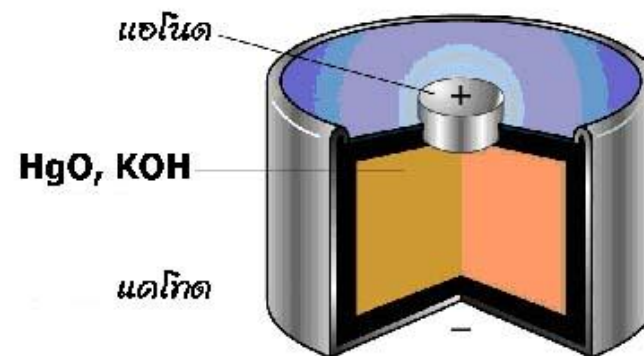
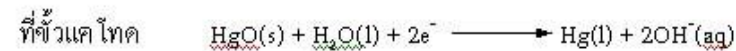
ความเป็นมาของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดที่คิดค้นในปี 1859 ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เห็นได้ทั่วไปในรถยนต์ส่วนใหญ่ เป็นตัวอย่างของแบตเตอรี่ที่เก่าแก่ที่สุดของแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟได้



แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่แบบชาร์จซ้ำได้

กระบวนการปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนที่กลับไม่ได้จะเรียกว่า แบตเตอรี่ปฐมภูมิ ความจุของแบตเตอรี่จะหมดลงหลังจากที่ปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาหนึ่งครั้ง



ส่วนประกอบของเซลล์ปรอท

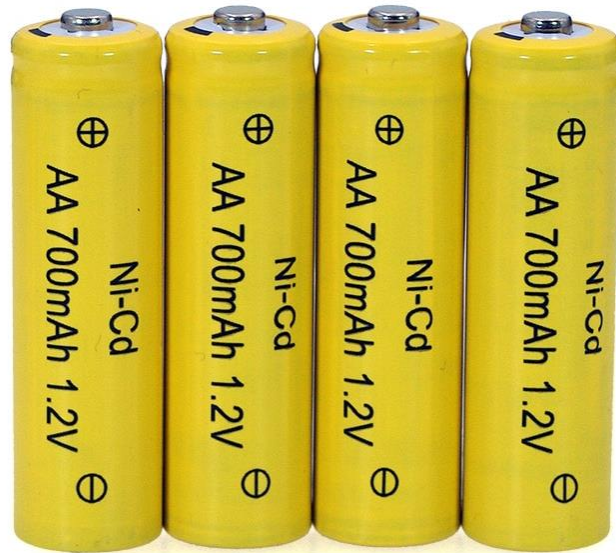
แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่แบบชาร์จซ้ำได้

แบตเตอรี่ปฐมภูมิที่พบมากที่สุดคือแบตเตอรี่คาร์บอนสังกะสี (เคยถูกเรียกว่าถ่านไฟฉาย) ส่วนในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นแบตเตอรี่อัลคาไลน์ ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นด่าง แบตเตอรี่แบบนี้จะมีอายุการใช้งานนานขึ้น



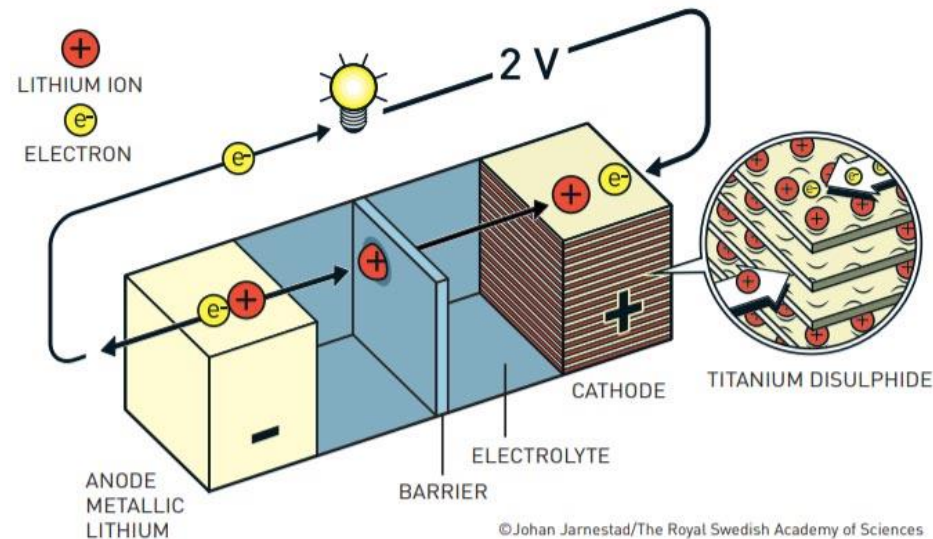
แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่แบบชาร์จซ้ำได้

แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) ถือเป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟได้ชนิดแรกๆ ถูกจำหน่ายเข้าสู่ตลาดในราวปี 1989 แบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) ใช้อัลคาไลเป็นอิเล็กโทรไลต์



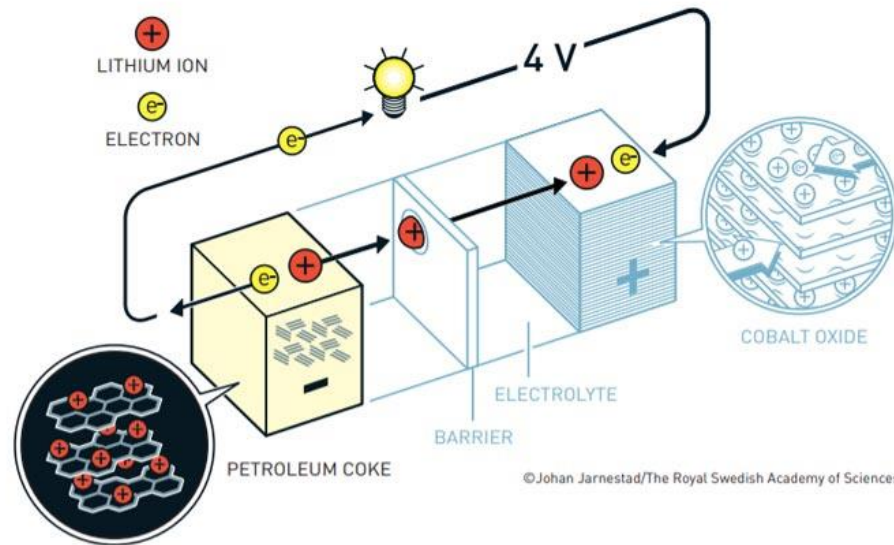
แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่แบบชาร์จซ้ำได้

ในปี 1980 โดย **Mr. John Goodenough** นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้คิดค้นแบตเตอรี่ลิเทียมชนิดใหม่ ลิเทียม (**Li**) อิเล็กตรอนสามารถโยกย้ายจากอิเล็กโทรดหนึ่งไปยังอีกอิเล็กโทรดผ่านแบตเตอรี่เพื่อสร้างรูปแบบ **Li +** ไอออน



แบตเตอรี่ปฐมภูมิ และแบตเตอรี่แบบชาร์จซ้ำได้

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีความจุพลังงานและกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและตะกั่วกรด นอกจากนี้ ยังมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูง มีอัตราการสูญเสียประจุระหว่างไม่ใช้งาน (**self-discharge rate**) ที่ต่ำ ไม่มีปรากฏการณ์ความจำกระแสดั้งเดิมและมีความปลอดภัยสูง



ชนิดและความแตกต่างของเบตเตอรื แบบชาร์จซ้ำได้

Ni-Cd

กำลัง / ขนาด	มีความจุของกระแสไฟไม่มากนัก ก่อนเล็ก 600mAh และก้อนใหญ่ 1300mAh เท่านั้น
การชาร์จ	สามารถทำการชาร์จให้กระแสไฟเต็มได้เร็ว ดังนั้น ห้ามทำการชาร์จไฟนานเกินไป หรือปล่อยให้ชาร์จเป็นเวลานานๆ
ความปลอดภัย	สามารถล้างประจุไฟหรือชาร์จไฟเข้าไปได้หลายพันครั้งโดยไม่ต้องกลัวว่าแบตเตอรี่ Ni-Cd จะพัง สามารถปล่อยกระแสไฟได้อย่างสม่ำเสมอและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดูเด็ดที่สุด โดยไม่เกี่ยงสภาพอากาศระหว่างการใช้งาน แต่สิ่งที่ต้องระวังคือ เรื่องการจำกระแสเดิม (Memory Effect)
การจำกระแสเดิม	ความจุของกระแสไฟของแบตเตอรี่ Ni-Cd จะลดลง ถ้าทำการชาร์จไฟเข้าไปใหม่ โดยไม่ได้ทำการล้างประจุไฟเก่าออกก่อน ควรทำการล้างประจุไฟก่อนที่จะชาร์จไฟใหม่เข้าไปทุกครั้ง
การคายประจุด้วยตัวเอง	แบตเตอรี่ทุกชนิดเมื่อไม่ได้ใช้ หรือปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะมีคุณสมบัติ "การคายประจุด้วยตัวเอง" ทั้งนี้ แต่ Ni-Cd คายประจุได้น้อยกว่า Ni-MH

Ni-MH

กำลัง / ขนาด	มีกำลังจุกระแสไฟมากกว่า Ni-Cd ถึง 2.5 เท่า ในขนาดที่เท่ากัน แบตฯ ก้อนเล็กบรรจุกระแสไฟ 1600mAh และแบตฯ ก้อนใหญ่สามารถบรรจุกระแสไฟได้ถึง 2000–4600mAh
การชาร์จ	ควรชาร์จแบบช้าเพื่อให้กระแสไฟเข้าก้อนแบตฯ อย่างสม่ำเสมอ และต้องทำการชาร์จไฟเก็บไว้อยู่เสมอ ข้อควรระวังอย่างยิ่งคือ "การล้างประจุ" ไม่ควรทำกับแบตฯ ประเภทนี้
ความปลอดภัย	มั่นใจได้ในประสิทธิภาพความปลอดภัย และยังสามารถชาร์จไฟได้หลายครั้งพอ ๆ กับแบตฯ Ni-Cd แต่สิ่งที่ต้องระวัง คือ อย่าชาร์จไฟมากเกินไป จะทำให้อายุของแบตฯ สั้นลง จุดอ่อนของ Ni-MH คือ ประสิทธิภาพการทำงานในช่วงอากาศเย็น ๆ นั้นไม่ค่อยดีนัก
การจำกระแสเต็ม	ถ้าประจุไฟเก่าที่ค้างไว้ในตัวแบตฯ Ni-MH ยังพอมีอยู่บ้าง ก็สามารถชาร์ตไฟได้เลยโดยไม่ต้องทำการคายประจุก่อน จึงไม่ต้องกังวลเหมือนกับแบตฯ แบบ Ni-Cd
การคายประจุด้วยตัวเอง	แบตฯ แบบ Ni-MH มีคุณสมบัติการคายประจุก่อนข้างมาก เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว

Li-Po

กำลัง / ขนาด	Li-Po มีขนาดเล็กและเบากว่า Ni-Cd แต่ให้พลังงานเท่าเทียมกัน
การชาร์จ	แบตเตอรี่ลิเทียมแตกต่างจาก Ni-Cd และ Ni-MH อย่างสิ้นเชิง จึงต้องใช้เครื่องชาร์จที่ออกแบบมาเฉพาะเท่านั้น หากใช้เครื่องชาร์จที่มีฟังก์ชัน อย่างเช่น "ชาร์จครั้ง" ได้ก็จะเป็นประโยชน์ทีเดียว
ความปลอดภัย	แบตเตอรี่ประเภทนี้มีอันตรายไม่น้อย ปัญหาที่มักเกิดขึ้นส่วนใหญ่คือ การลัดวงจรของก้อนแบตเตอรี่ ไฟลุกไหม้ ไปจนถึงระเบิด ฯลฯ ซึ่งล้วนแล้วมาจากการชาร์จไฟ เกินทั้งสิ้น ฉะนั้น แบตเตอรี่ลิเทียมควรเลือกใช้เครื่องชาร์จสำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมเท่านั้น
การจำกระแสเต็ม	แบตเตอรี่ลิเทียม มีจุดดีที่ไม่มีการจำกระแสเต็มสักชนิดเดียว จึงสามารถชาร์จไฟเข้าก้อนแบตเตอรี่โดยไม่ต้องล้างประจุ เพราะตัวแบตเตอรี่ทำการนับจำนวนรอบการชาร์จหรือ Cycle ไม่ได้ทำการนับครั้งเหมือนกับ Ni-Cd และ Ni-MH
การคายประจุด้วยตัวเอง	การคายประจุ ของ แบตเตอรี่ลิเทียมพอๆ กับ Ni-MH แต่จะเสียหายทันทีที่ปล่อยให้ประจุไฟภายในหมดโดยปล่อยทิ้งไว้เฉย ๆ นานเป็นเดือน

Li-Fe

กำลัง / ขนาด	ผู้ผลิตฯ ออกแบบมาให้มีความจุของกระแสไฟเทียบเท่ากับแบตเตอรี่ แบบ Ni-MH แต่ขนาดก้อนต่างกัน
การชาร์จ	จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องใช้เครื่องชาร์จไฟที่ออกแบบมาสำหรับแบตเตอรี่ ประเภทนี้โดยเฉพาะ แต่สามารถชาร์จได้เป็นวันๆ และชาร์จเร็วได้ อีกทั้งยังชาร์จเต็มก่อนแบตเตอรี่ Ni-MH และ Li-Po อีกด้วย
ความปลอดภัย	แบตเตอรี่ Li-Fe เป็นแบตเตอรี่ แบบใหม่ที่กำลังมีผู้ให้ความสนใจกันอย่างมากเนื่องจากถูกออกแบบมาให้ความปลอดภัยสูงและสะดวกต่อการใช้งาน และค่อนข้างทนทานแม้จะใช้งานหนักเป็นวัน ๆ ก็ตาม
การจำกระแสเดิม	แบตเตอรี่ ประเภทนี้เกือบจะไม่มีอาการจำกระแสเดิมไว้เลย ไม่ต้องห่วงว่าจะชาร์จไฟซ้ำเข้าไปก็ครั้งก็ตาม แล้วยังสามารถชาร์จเร็วได้อย่างไม่มีปัญหาเรื่องการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ เหมาะสำหรับผู้ที่ยินยอมเล่นในสนามเป็นวันๆ
การคายประจุด้วยตัวเอง	มีการคายประจุน้อยมาก แม้ว่าจะใช้ไปนิดหน่อยแล้วปล่อยแบตเตอรี่ทิ้งไว้นาน เป็นเดือน ๆ ก็ยังสามารถนำแบตเตอรี่ มาใช้ใหม่ได้โดยที่กระแสไฟยังคงอยู่เหมือนปกติ

หน่วยทางไฟฟ้าที่พบบ่อยเกี่ยวกับแบตเตอรี่

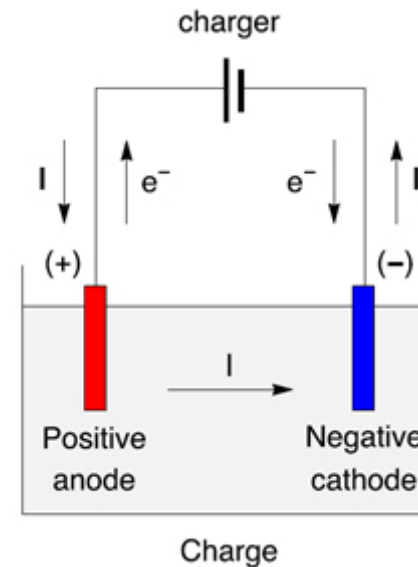
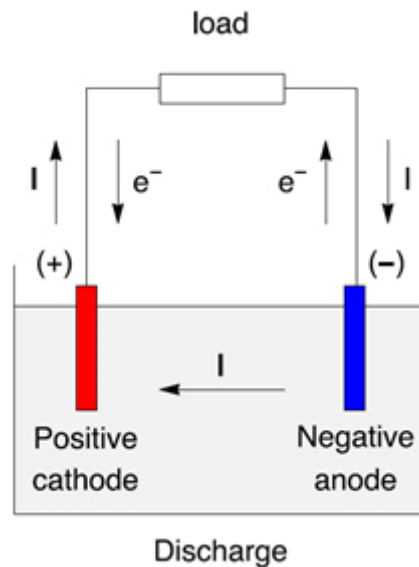
แรงดัน	Voltage	V
กระแส	Ampere	A
กำลังไฟฟ้า	Voltage x Current (V x A)	W
ความจุ (Capacity)	Current x Time (A x h)	Ah
พลังงาน (Energy)	Voltage x Capacity (V x Ah)	Wh

องค์ประกอบหลักของแบตเตอรี่

แอโนด Anode : Negative (lower voltage) electrode

แคโทด Cathode : Positive (higher voltage) electrode

อิเล็กโทรไลต์



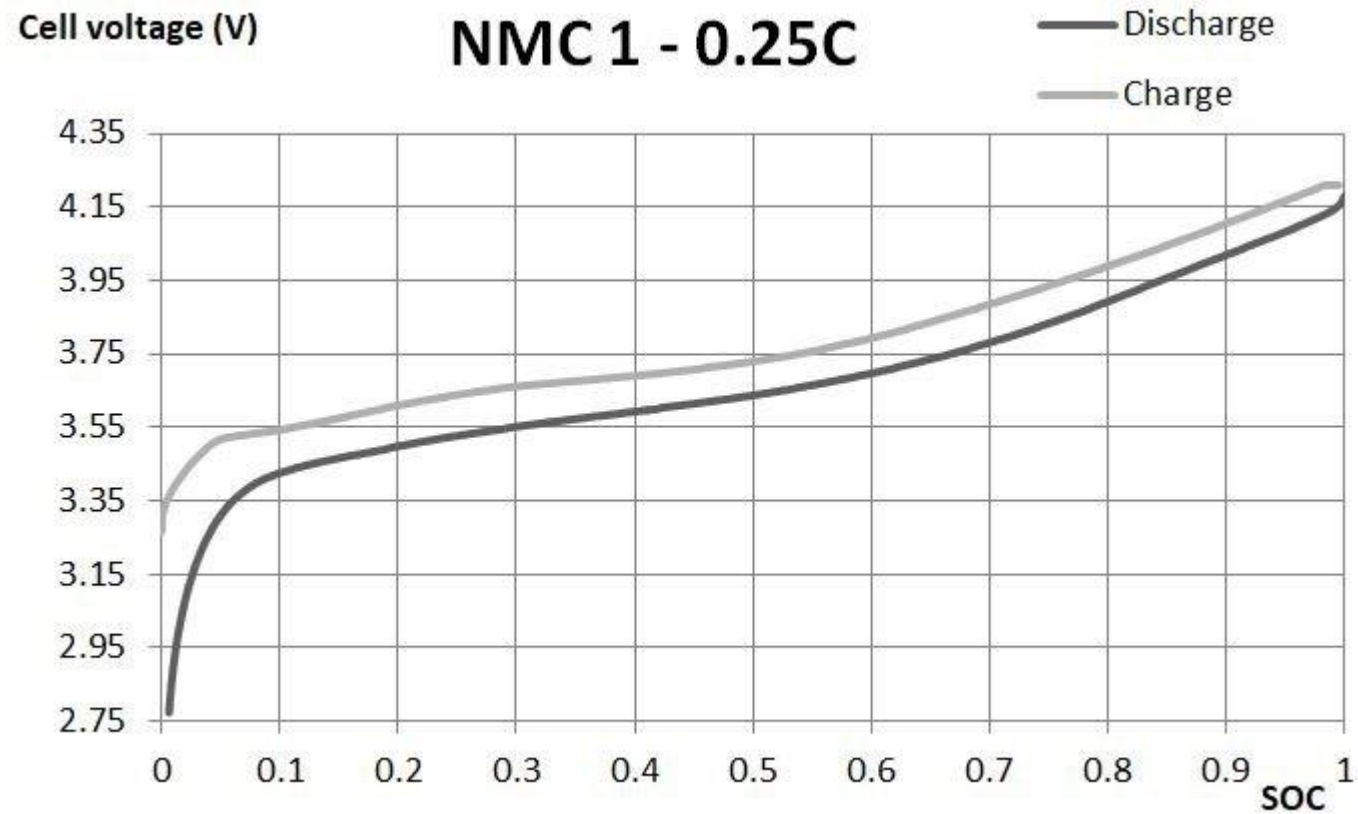
หน่วยที่มีความสำคัญในงานออกแบบการใช้งานแบตเตอรี่

- Specific energy density Wh/kg ความจุพลังงานต่อน้ำหนัก
- Volumetric energy density Wh/liter ความจุพลังงานต่อปริมาตร
- Specific power density W/kg กำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนัก
- Volumetric power density W/liter กำลังไฟฟ้าต่อปริมาตร
- Capital cost per unit energy \$/kWh ราคาต่อพลังงาน
- Capital cost per unit power \$/kW ราคาต่อกำลังไฟฟ้า
- Cost per unit energy cycle \$/kWh-cycle ราคาพลังงานต่อรอบการใช้
- Cost per unit power cycle \$/kW-cycle ราคากำลังไฟฟ้าต่อรอบการใช้
- Efficiency % % กำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้ต่อกำลังไฟฟ้าที่ ชาร์จ
- Life Cycle Cycle รอบการใช้งานตลอดอายุแบตเตอรี่
- Shelf cycle year อายุการเก็บแบตเตอรี่
- Discharge rate %/Year อัตราการลดลงของการคายประจุ คิดเป็น % ต่อปี
- Operating temperature rate °C อุณหภูมิใช้งาน

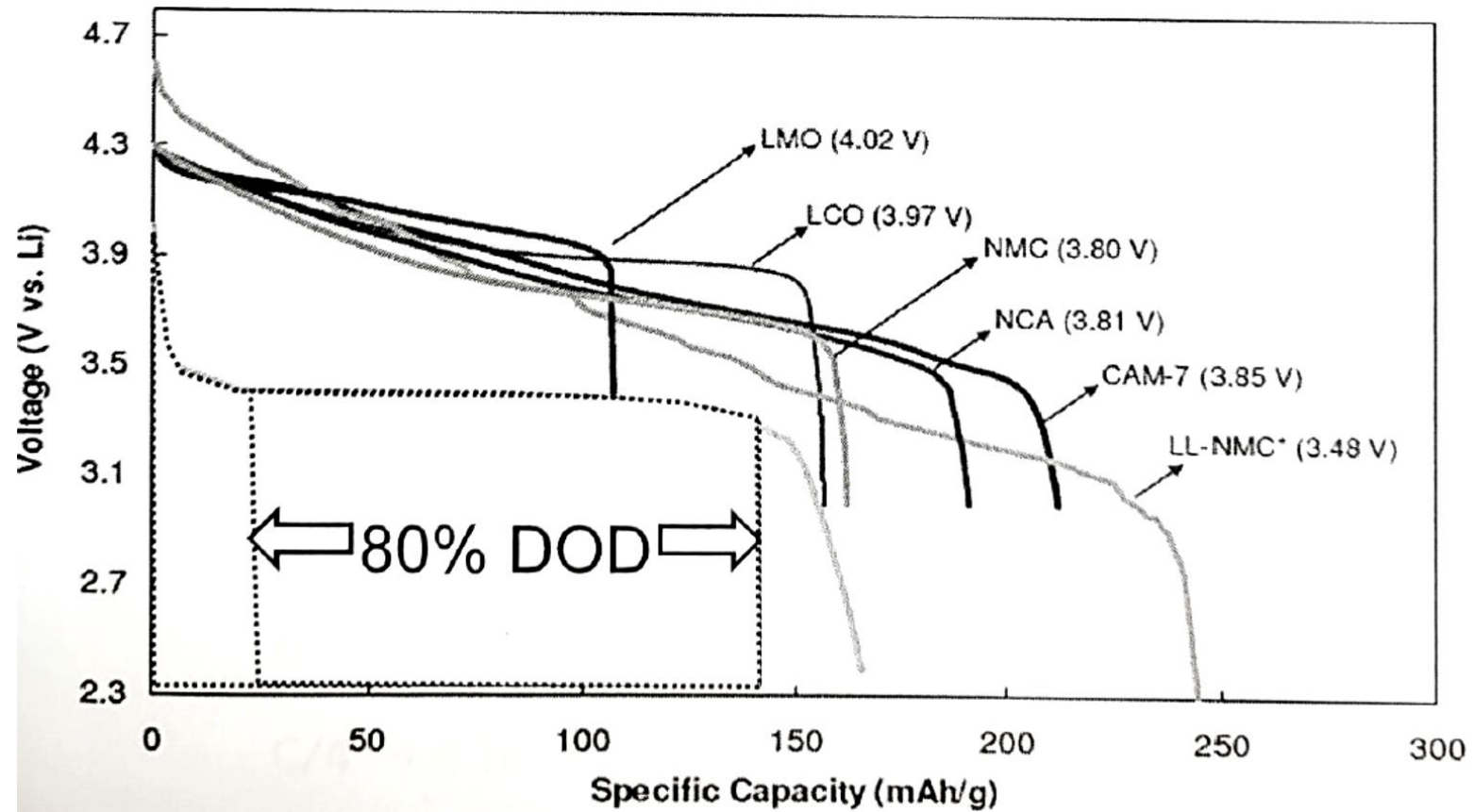
Performance, test and running characteristics

- Voltage curve
- State of Charge (SoC)
- Depth of Discharge (DoD)
- C-rate
- Power to Energy Rate
- Energy Efficiency
- Cycle life Cycling temperature characteristics
- Self discharge rate, Storage temperature

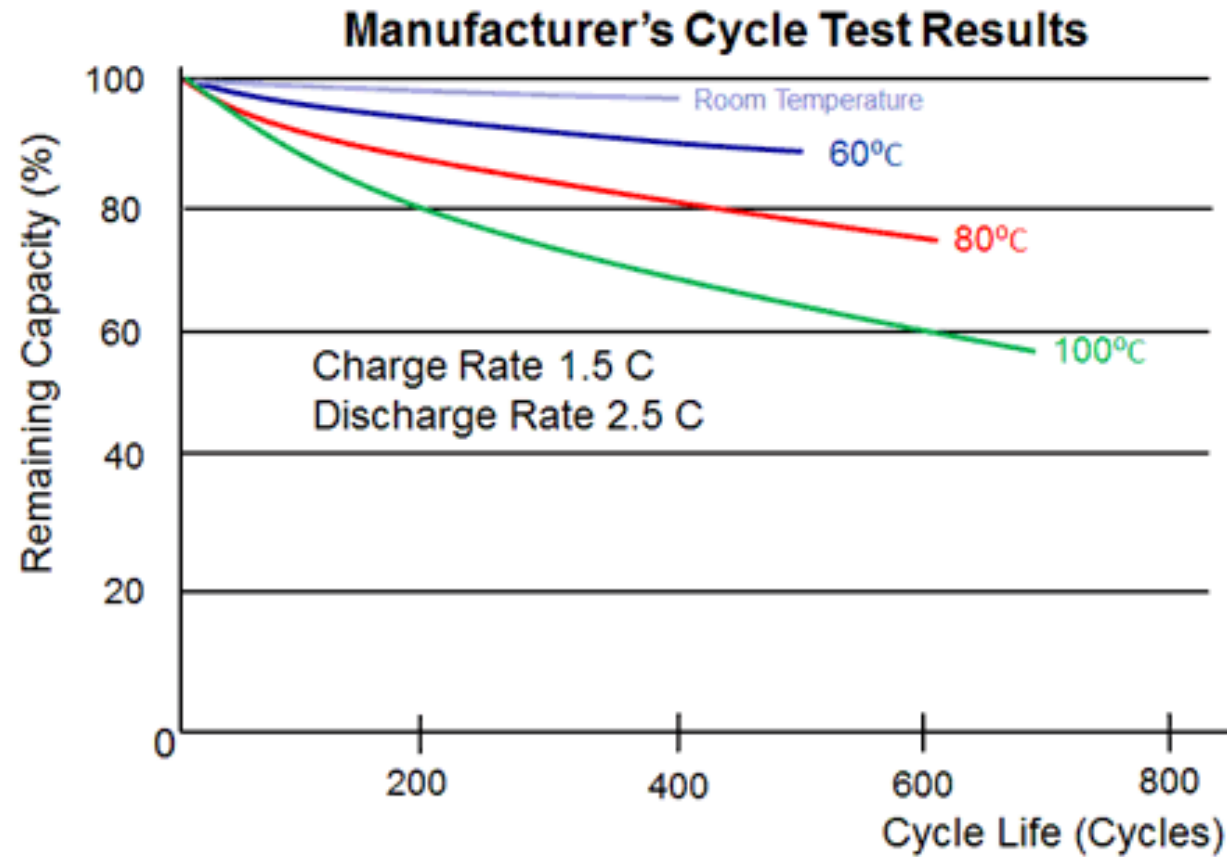
Voltage curve, SOC, DOD



Voltage curve, SoC, DoD



Cycle life vs. Temperature

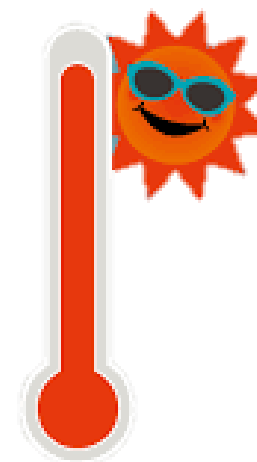


เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง Lead Acid กับ Li-Ion

Specification	Lead Acid	Li-Ion
Energy Density (W/L)	60 – 110	100 – 700
Specific Energy (Wh/kg)	40	100 – 250
Specific power density (W/kg)	180	250 – 350
Cycle life	800 @ 50% DoD	2000 @ 80% DoD
Temperature Senitivity	Degrades significantfy above 25 C	Degrades significantfy above 45 C
Cost (\$/kWh)	100	400
Mainternance	free	BMS

ข้อพึงระวัง

- อายุการใช้งานจะลดลงหากจัดเก็บในอุณหภูมิสูง
- อายุการใช้งานจะลดลงหากใช้งานในอุณหภูมิสูง



แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

- เซลล์เคมีไฟฟ้า
- ขั้วลบ/ขั้วบวกเก็บอิเล็กตรอนและลิเทียมไอออนได้
- Li^+ , e^- เป็นตัวเคลื่อนที่
- ศักย์ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการวัสดุที่ทำขั้ว



ข้อเปรียบเทียบของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละแบบ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้

Type	Specific Energy	Specific Power	Safety	Performance	Life span	Cost
NCA Lithium-nickel-cobalt-aluminum	4	4	2	3	4	2
NMC Lithium-nickel-manganese- cobalt	4	3	3	3	3	3
LMO Lithium-manganese-spinel	3	3	3	2	2	3
LTO Lithium-titanate	2	3	4	4	4	1
LFP Lithium-iron-phosphate	2	3	4	3	4	3

แบตเตอรี่ในอนาคต

ปัจจุบัน

- $LiCoO_2$ Graphite 410 Wh/kg
- $LiFePO_4$ Graphite 385 Wh/kg
- Layered Oxide Graphite 830 Wh/kg

อนาคต

- $LiCoO_2$ Silicon 508 Wh/kg
- Layered Oxide Silicon 952 Wh/kg
- Li_2S Silicon 1,550 Wh/kg

ข้อกำหนดของแบตเตอรี่ที่ควรทราบ

Norminal voltage

- ใช้ระบุเป็นค่าแรงดันตัวแทนหรืออ้างอิง ของแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่ผู้ผลิตรับรองในการนำไปใช้งาน

Cut-off voltage / End-of-discharge voltage (EODV)

- ค่าแรงดันน้อยที่สุดที่ยอมรับได้

Charge voltage

- แรงดันสูงสุดเมื่อ **charge** ได้เต็มความจุ ซึ่งจะใช้เป็นพารามิเตอร์ในการควบคุมการ **charge**

C-rate

Charge/Discharge Rate

- $C/x = x$ hr to charge/discharge the battery
- For example
 - Charge rate $2C = 0.5$ hr to charge
 - $C/2 = 0.5C = 2$ hr to charge
 - Discharge rate @ $C/4$
 - $C/4 = 0.25C = 4$ hr to discharge

การประจุและการปล่อยประจุ ไฟฟ้า - แรงดัน

- **Terminal voltage / Closed-circuit voltage (CCV)**
คือแรงดันระหว่างขั้วของแบตเตอรี่เมื่อต่อกับโหลด ซึ่งระหว่างการ charge/discharge แรงดันนี้จะเปลี่ยนแปลง โดยขึ้นอยู่กับ SoC/DoD และค่ากระแส charge/discharge
 - ขณะ charge CCV เพิ่มขึ้น
 - ขณะ discharge CCV ลดลง
- **Open-circuit voltage**
คือแรงดันระหว่างขั้วของแบตเตอรี่เมื่อไม่ได้ต่อกับโหลด
- หลัง charge OCV ลดลง
- หลัง discharge OCV เพิ่มขึ้น

การประจุและการปล่อยประจุ ไฟฟ้า - กระแส

C-rate C/x

- x มีค่า สูง => charge/discharge ด้วยขนาดกระแสต่ำ
=> ใช้เวลาในการ charge/discharge นาน

C-rate สูงสุด/ต่ำสุด/เหมาะสม ของแบตเตอรี่แต่ละชนิด และแต่ละปีห้อย จะไม่เหมือนกัน

การประจุและการปล่อยประจุไฟฟ้า - แบตเตอรี่แต่ละชนิด

Type of batteries	Lead-Acid	Li-ion (C/LiCoO ₂)
Norminal voltage (V)	2.0	3.6
End of discharge	1.75	3.0
Charge voltage	2.4	4.2
C-rate (Charge/Discharge)	C/5 (<1)	1C limit

การประจุและการปล่อยประจุไฟฟ้า - แบตเตอรี่ลิเทียม

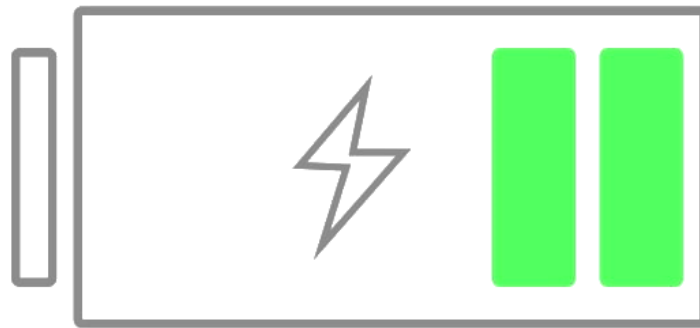
Lithium Charging

- CC : Constant current กระแสคงที่
- CV : Constant voltage แรงดันคงที่

การชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ในช่วงแรกของการชาร์จจะเป็นแบบกระแสคงที่ จนกระทั่งแรงดันของแบตเตอรี่สูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง (พลังงานใน แบตเตอรี่เพิ่มขึ้น) การชาร์จจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงดันคงที่ซึ่งกระแสชาร์จจะค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์เมื่อพลังงานในแบตเตอรี่เต็ม

ข้อควรระวังในการชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม

- ควรมีวิธี/ระบบการชาร์จที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการใช้งาน และเพื่อความปลอดภัย
- สามารถทำ **quick charge** ได้ แต่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน
- จำเป็นต้องมี **Battery Management System (BMS)** ติดตั้งควบคุมไปด้วย เมื่อมีการนำแบตเตอรี่หลายๆ เซลล์มาต่อกัน เพื่อให้แบตเตอรี่ทำงานเต็มประสิทธิภาพ รวมถึงป้องกันความปลอดภัยของตัวแบตเตอรี่เอง
- ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิขณะชาร์จ



ข้อควรระวังในการ **discharge** แบตเตอรี่ลิเทียม

- ต้องระวัง/จำกัดช่วงการทำงาน **SoC** หรือ **DoD** เพื่อยืดอายุการใช้งาน และเพื่อความปลอดภัย
- ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิขณะดิสชาร์จ
- **C-rate** สูงๆ อายุการใช้งานจะลดลง



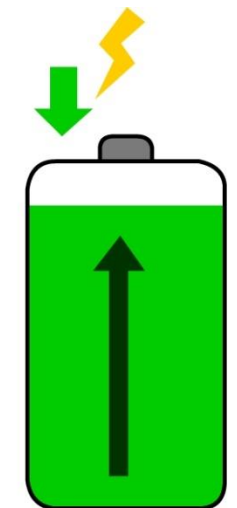
ประเด็นในการป้องกันการชาร์จและดิสชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียม

- over/under voltage
 - Overcharge คือการชาร์จ จนกระทั่งระดับแรงดันสูงเกินกว่า **charge voltage**
 - Overdischarge คือการดิสชาร์จจนกระทั่งระดับแรงดันต่ำกว่า **cut-off discharge voltage**
- over current, short circuit current คือการชาร์จ หรือ ดิสชาร์จด้วยกระแสที่สูงเกินกำหนด
- over/under temperature

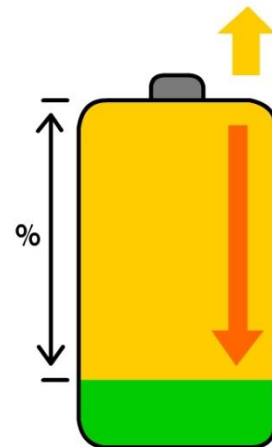
DoD & SoC

DoD : Depth of discharge เป็นค่าที่แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ไปทั้งหมดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ
ความจุสูงสุด

SoC : State of charge เป็นค่าที่แสดงปริมาณพลังงานที่เหลืออยู่ในปัจจุบันเป็นเปอร์เซ็นต์ของ
ความจุสูงสุด



State of charge
(SoC)



Depth of discharge
(DoD)

SoH

Stage of Health (%) เป็นพารามิเตอร์ที่บอกถึง

- ความสามารถของแบตเตอรี่ในการสะสมและจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่
- สุขภาพของแบตเตอรี่
- บอกข้อมูลสำหรับผู้ใช้งาน (สมรรถนะ, การบำรุงรักษา และการเปลี่ยน)
- เป็นข้อมูลสำหรับ **SoC estimation** และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุมต่างๆ เช่น BMS, ECU, EMS ฯลฯ
- เมื่อมีการใช้แบตเตอรี่ **SoH** ก็จะลดลง เนื่องจากเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะเกิดการ **degradation** ของขั้ว ทำให้เกิดส่วนที่ไม่สามารถย้อนกลับได้ (**irreversible loss**) หรือ การใช้งานที่ไม่ถูกต้อง เช่น **over-charging, over-discharging**
- อายุการใช้งาน/จำนวนรอบ **charge/discharge** จะขึ้นกับ
 - C-rate
 - DoD
 - อุณหภูมิ

BMS

BMS : Battery Management System หรือ ระบบการจัดการแบตเตอรี่ ทำหน้าที่หลักๆในการ **Maintain balance cell battery** เพื่ออัดไฟให้เต็มมากที่สุด และยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยการวัดสถานะการชาร์จ (SoC) สถานะสุขภาพของเซลล์ (SoH) รวมถึงการตรวจสอบเซ็นเซอร์ต่างๆ (SoF)

BMS จะทำการตรวจสอบขั้นพื้นฐาน คือ การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ อุณหภูมิของเซลล์ การวัดกระแสความต้านทานต่อเซลล์ เพื่อแก้ไขปัญหาหรือการจัดการให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประเมิน (SoH) เพื่อการตรวจสอบสุขภาพเซลล์

- Internal resistance / Impedance / Conductance
- Capacity
- Voltage
- Self-discharge
- Ability to accept a charge
- Number of charge–discharge cycles

การวัดเซ็นเซอร์ (SOF)

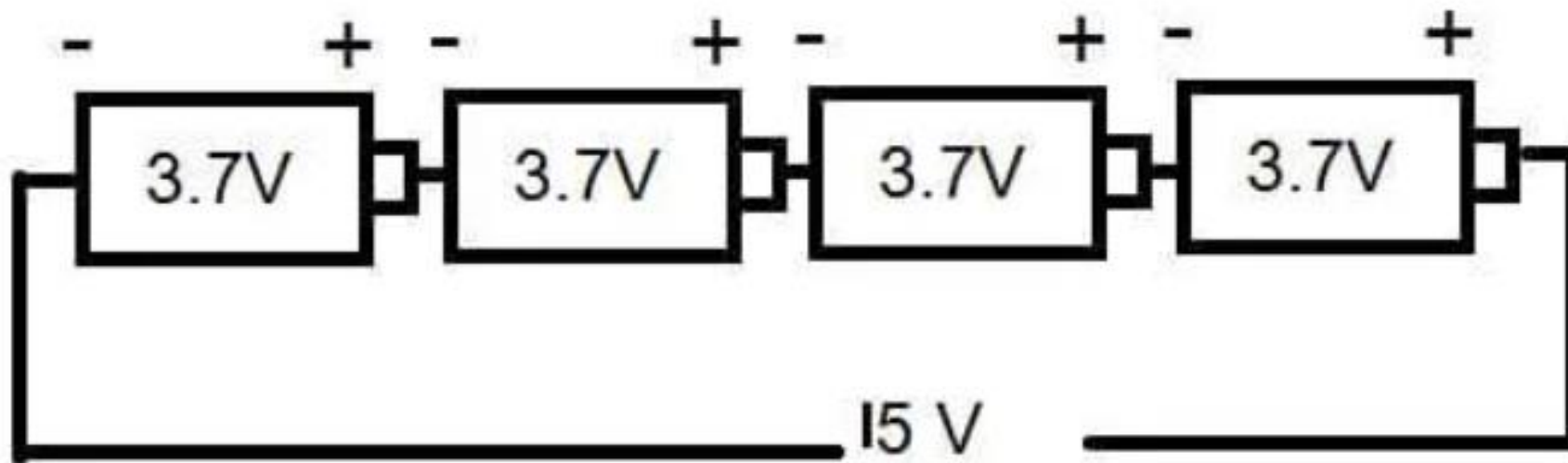
การวัดกระแส	ในการต่อวงจรใช้งานมีการประมวลผลจาก ECU เพื่อตรวจสอบไม่ให้จ่ายเกินกว่า Capacity ของแบตเตอรี่สามารถปล่อยได้ โดยการตัด/ต่อ ไปที่ภาคจ่ายไฟ มอสเฟส หรือ คอนแทกเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายต่อวงจรและเซลล์
การวัดอุณหภูมิ	เพื่อป้องกันอุณหภูมิเกินค่ามาตรฐานของแบตเตอรี่ ถ้าเกินจะสั่งหยุดการทำงานทันที เมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะเปิดวงจรอีกครั้ง
การวัดแรงดัน	เมื่อต้องการแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น จะต้องทำการต่ออนุกรม เช่น แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 48V จะต้องต่ออนุกรมกัน 13 เซลล์ $3.7 \times 13S = 48V$ เวลาซื้อ BMS จะต้องกำหนดว่าต้องการต่ออนุกรมกี่เซลล์ (S) คือช่องที่สามารถต่ออนุกรมได้ เพื่อจะได้แรงดัน (V) BMS จะทำการตรวจเช็คแรงดัน ในเวลาชาร์จ/ดิสชาร์จ เพื่อปรับความสมดุลของแต่ละ (S)

BMS

BMS จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับความผิดปกติของความจุที่หายไป ซึ่งจะประเมินจากแรงดันและความต้านทานภายใน จาก 100 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าความจุจะลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงดัน **BMS** จะตรวจสอบต่อความผิดปกติ และความต่างศักย์ระหว่างเซลล์ที่เกิดจากความไม่สมดุลของเซลล์และการเปลี่ยนแปลงความต้านทานภายใน จะคำนวณ **Coulomb counting** ในการควบคุมการเปิด/ปิด ความสมดุลในการชาร์จ (**SoC**) จะทำงานเปลี่ยนตามความเสื่อมลงของแบตเตอรี่

BMS ระบบจัดการแบตเตอรี่

ยกตัวอย่างดังนี้ เมื่อนำแบตเตอรี่หลายๆก้อนมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่เราต้องการแบบในรูป



BMS ระบบจัดการแบตเตอรี่

จากรูปเราจะได้แรงดันไฟฟ้าจากการต่อแบบนี้ 15V ดูแล้วไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่ในความเป็นจริง ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่แต่ละก้อนจะไม่เท่ากัน ดังรูป



BMS ระบบจัดการแบตเตอรี่

ในขณะที่เรานำแบตเตอรี่ไปใช้งาน เมื่อแบตเตอรี่ก้อนใดก้อนหนึ่งหมดก่อน (ก้อน 10%) แบตเตอรี่ก้อนนั้นจะเกิดความเสียหายได้ เพราะว่าจะจ่ายกระแสไฟฟ้าเกิดกว่าความจุของตัวเอง เนื่องจากก้อนอื่นๆยังจ่ายกระแสได้อยู่ หรือถ้าเรานำไปชาร์จไฟ ก้อนที่มีความจุมากที่สุด (ก้อน 90%) จะเกิด **Over Charge** ก็จะทำให้แบตเตอรี่ก้อนนั้นเกิดความเสียหายด้วยเหมือนกัน เนื่องจากก้อนอื่นๆ ยังชาร์จอยู่ เราจึงต้องมีระบบ **BMS (Battery Management System)** เข้ามาช่วยจัดการ **Battery** ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าของ **Battery** แต่ละก้อนที่มาต่อแบบอนุกรมกันนั้นมีปริมาณเท่ากันตลอดเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และยืดอายุของแบตเตอรี่

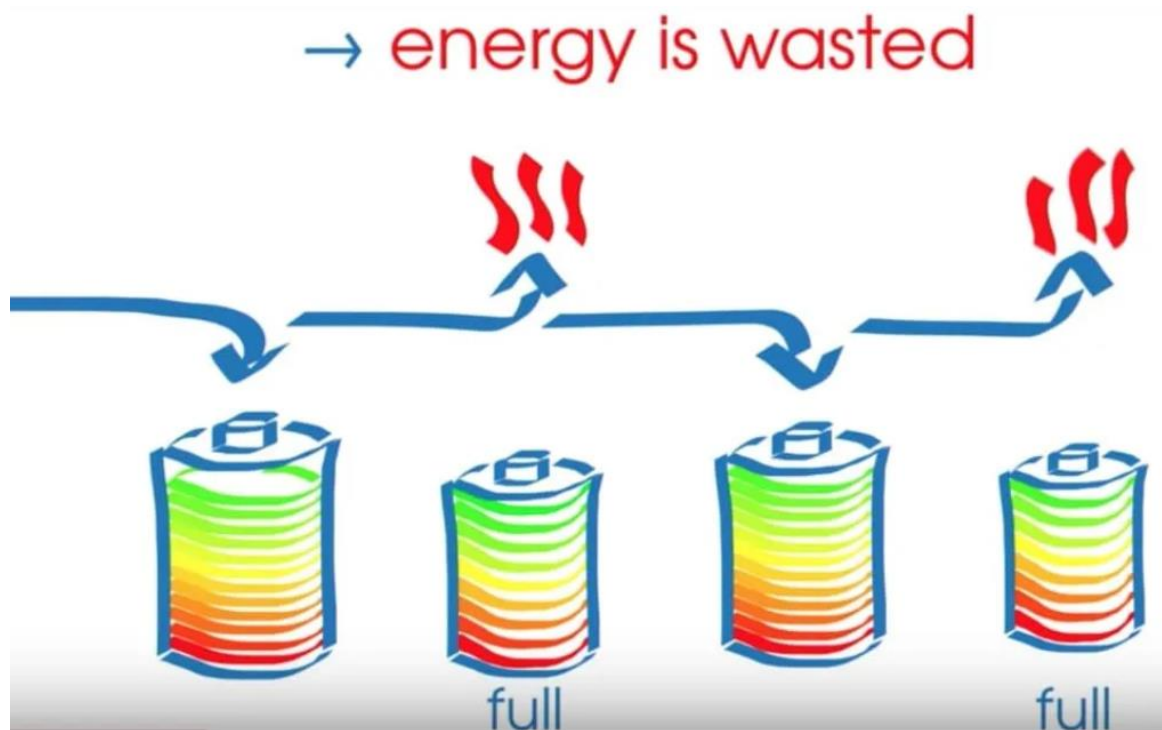
BMS ทำงานอย่างไร

BMS จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้า หรือออกจากแบตเตอรี่ เพื่อให้ระดับของแบตเตอรี่แต่ละก้อนเท่าๆกันอยู่เสมอ (เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากัน หมายความว่าปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เหลืออยู่จะเท่ากันด้วย) **BMS** จะมีอยู่ด้วยกันสองแบบ ซึ่งการทำงานจะต่างกัน ดังนี้

1. Passive balancing
2. Active balanceing

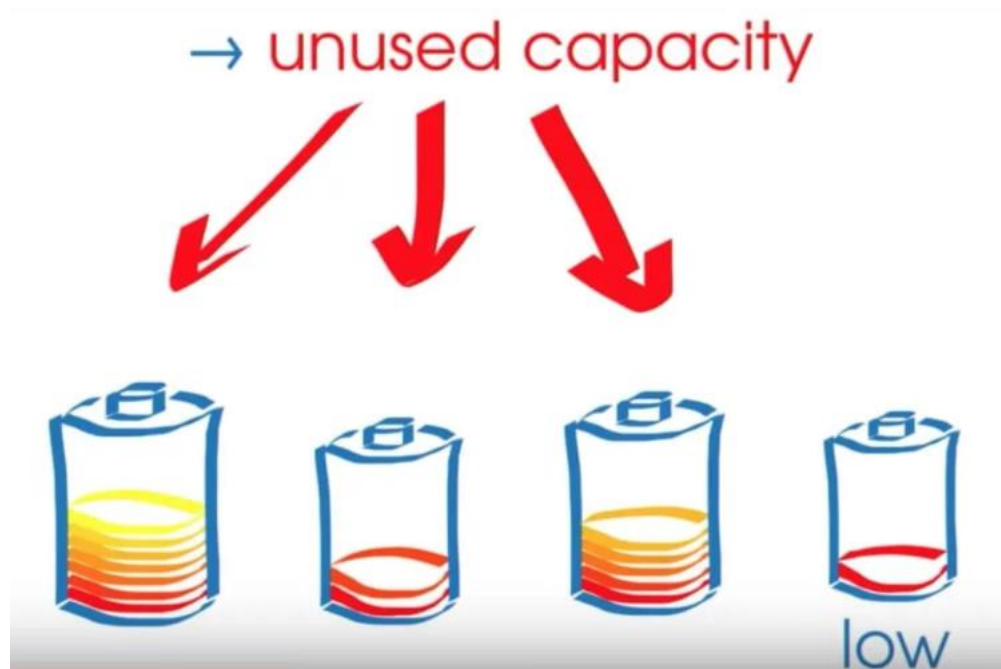
Passive balancing

BMS แบบ Passive balancing เป็น BMS ที่จะทำงานก็ต่อเมื่อมี Battery เซลล์ใดเซลล์หนึ่งเต็ม Bypass กระแสไฟฟ้าของเซลล์นั้นทิ้งไปตามรูป



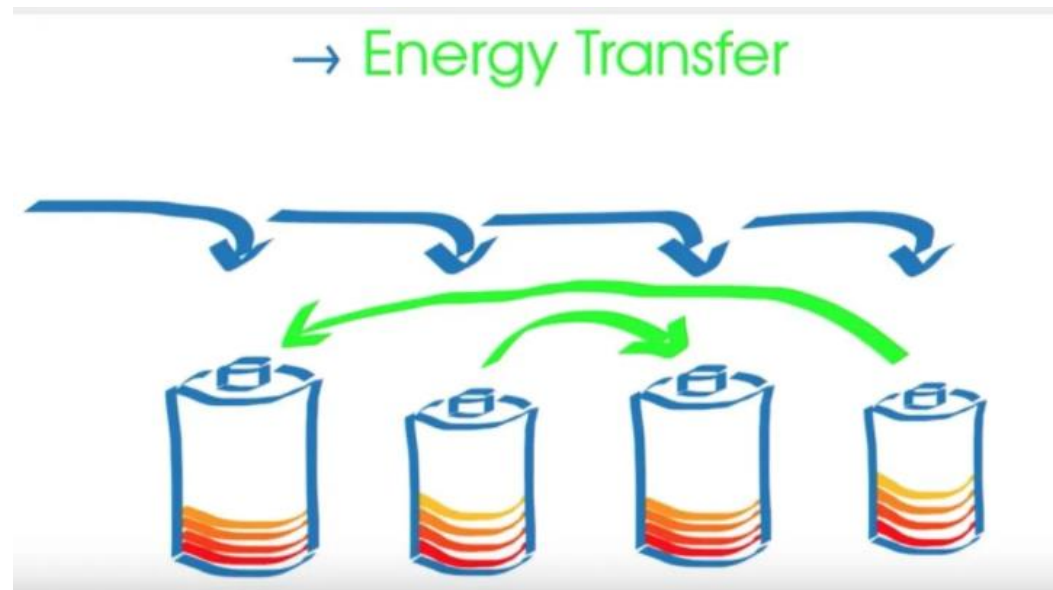
Passive balancing

เมื่อนำ **Battery** ไปต่อใช้งาน วงจร **BMS** จะไม่ได้ทำหน้าที่อะไร ทำให้การคายประจุของแต่ละเซลล์ไม่ **Balance** กัน ส่งผลให้บางเซลล์ยังมีพลังงานเหลืออยู่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งจะใช้งาน **Battery** ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ



Active balanceing

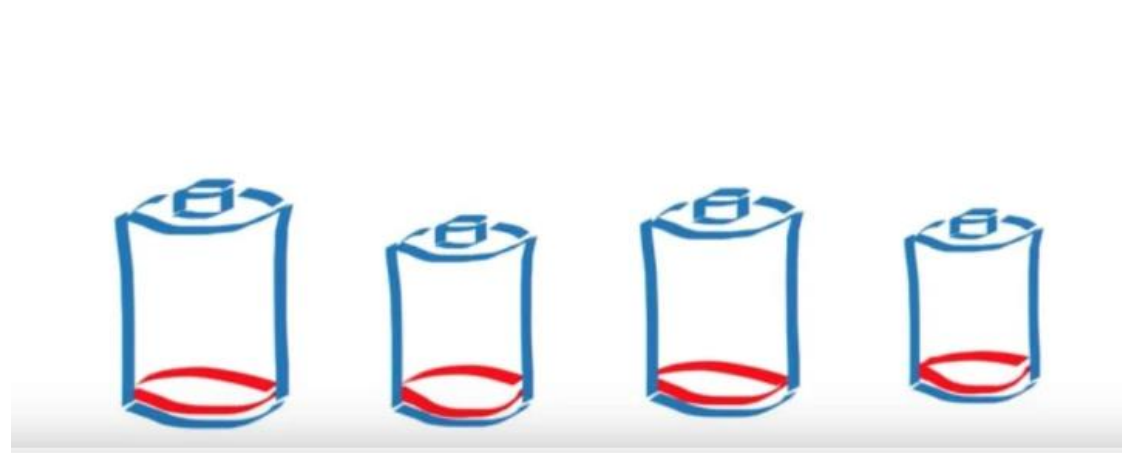
BMS แบบ **Active balanceing** เป็น BMS ที่จะทำงานก็ต่อเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ต่างกัน หมายความว่า จะทำงานตลอดเวลาทั้งตอนชาร์จ และการนำไปต่อกับโหลด โดยเมื่อมีแรงดันไฟฟ้าลงแต่ละเซลล์ต่างกัน BMS จะทำการนำกระแสไฟฟ้าจากเซลล์ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าไปชาร์จให้กับเซลล์ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าดังรูป



Active balanceing

ในทุกๆ เซลล์จะคายประจุจนหมดพร้อมๆ กัน ส่งผลทำให้ BMS แบบ Active balance นี้มีประสิทธิภาพสูงกว่า BMS แบบ Passive balance

→ each cell's full capacity used



BMS

