

# Vier oorzaken van batterijstoringen

## Afnemende capaciteit

Energieopslag in een accu kan conceptueel worden verdeeld in drie denkbeeldige segmenten: de beschikbare energie, de lege zone die kan worden bijgevuld en het onbruikbare deel (steeninhoud). Figuur 1 illustreert deze drie segmenten.

Hoewel de fabrikant de gebruiksduur van draagbare apparatuur opgeeft op basis van een batterij die 100% presteert, werken de meeste packs in de praktijk met minder capaciteit. Naarmate de tijd verstrijkt, nemen de prestaties verder af en wordt de capaciteit van de batterij kleiner. Een pack moet worden vervangen als de capaciteit daalt tot 80 procent. Dit is slechts 20 procent minder dan 100 procent en de drempel voor het einde van de levensduur kan variëren afhankelijk van de toepassing en het bedrijfsbeleid.



**Figuur 1: Verouderende batterij**

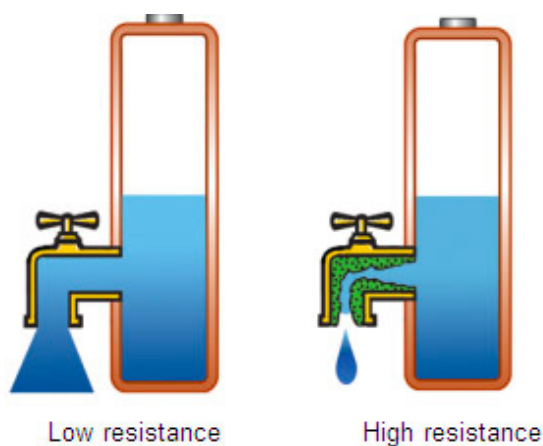
Batterijen beginnen te verouderen vanaf de dag dat ze vervaardigd worden. Een nieuwe batterij zou 100 procent capaciteit moeten leveren; de meeste batterijen die in gebruik zijn, hebben een lagere capaciteit.

Met dank aan Cadex

Naast verliezen die gerelateerd zijn aan ouderdom zijn sulfatering en roostercorrosie de grootste boosdoeners van loodzuuraccu's. Sulfatering is een dun laagje dat zich vormt op de negatieve celplaat als de accu in een lage laadtoestand kan blijven. Als sulfatering op tijd wordt opgemerkt, kan een egalisatielading de toestand omkeren. Lees meer over sulfatering. Bij accu's op nikkelbasis is de zogenaamde steeninhoud vaak het resultaat van kristalvorming, ook wel "geheugen" genoemd, en een volledige ontlading kan de accu soms herstellen. Het verouderingsproces van lithium-ion is celoxidatie, een proces dat van nature optreedt als onderdeel van gebruik en veroudering en dat niet kan worden teruggedraaid.

## Stijgende interne weerstand

Een hoge capaciteit heeft maar beperkt nut als de accu de opgeslagen energie niet effectief kan afgeven. Om het vermogen te kunnen leveren, heeft de accu een lage interne weerstand nodig. De weerstand, die wordt gemeten in milliohm ( $m\Omega$ ), is de zogenaamde poortwachter van de accu; hoe lager de waarde, hoe minder beperkingen het pack ondervindt. Dit is vooral belangrijk bij zware belastingen en hoge stroompulsen, omdat een verhoogde weerstand ervoor zorgt dat de spanning instort en een vroegtijdige uitschakeling veroorzaakt. Het apparaat wordt uitgeschakeld en waardevolle energie blijft achter. Figuur 2 toont accu's met een lage en hoge interne weerstand als vrijstromende en beperkte kranen.



**Figuur 3: Effecten van hoge zelfontlading**

*Zelfontlading neemt toe naarmate de batterij ouder wordt, vaker wordt gebruikt en bij hogere temperaturen. Gooi een batterij weg als er sprake is van een zelfontlading van 30 procent binnen 24 uur.*

*Met dank aan Cadex*

Loodzuur heeft een zeer lage inwendige weerstand en de accu reageert goed op hoge stroomstoten die slechts enkele seconden duren. Vanwege de inherente traagheid presteert loodzuur echter niet goed bij een langdurige ontlading met hoge stroomsterkte en heeft de accu rust nodig om te herstellen. Sulfatering en corrosie van het rooster zijn de belangrijkste oorzaken van een verhoogde inwendige weerstand. Temperatuur heeft ook invloed op de weerstand; deze wordt verlaagd door warmte en verhoogd door kou.

Alkaline-, zink-koolstof-batterijen en andere primaire batterijen hebben een relatief hoge interne weerstand, waardoor ze alleen gebruikt kunnen worden voor toepassingen met een lage stroomsterkte, zoals zaklampen, afstandsbedieningen, draagbare amusementsapparaten en keukenklokken. Als de batterijen ontladen, neemt de weerstand verder toe. Dit verklaart waarom gewone alkalinebatterijen een relatief korte levensduur hebben in digitale camera's. De hoge interne weerstand beperkt de meeste primaire batterijen tot "zachte" toepassingen; het is dan ook ondenkbaar om ze te gebruiken om elektrisch gereedschap met een hoog stroomverbruik aan te drijven.

## Verhoogde zelfontlading

Alle batterijen hebben last van zelfontlading. Zelfontlading is niet per se een fabricagefout, hoewel slechte productiepraktijken en onjuiste behandeling het probleem kunnen verergeren. De hoeveelheid elektrische lekkage varieert per chemie, en primaire cellen, zoals lithium en alkaline, behoren tot de beste in het vasthouden van energie. Opladbare systemen op nikkelbasis lekken daarentegen het meest en moeten worden opgeladen als de batterij een paar dagen niet is gebruikt. Krachtige batterijen op nikkelbasis zijn onderhevig aan een grotere zelfontlading dan de standaardversies met een lagere energiedichtheid. Figuur 6 illustreert de zelfontlading van een accu in de vorm van lekkende vloeistoffen.

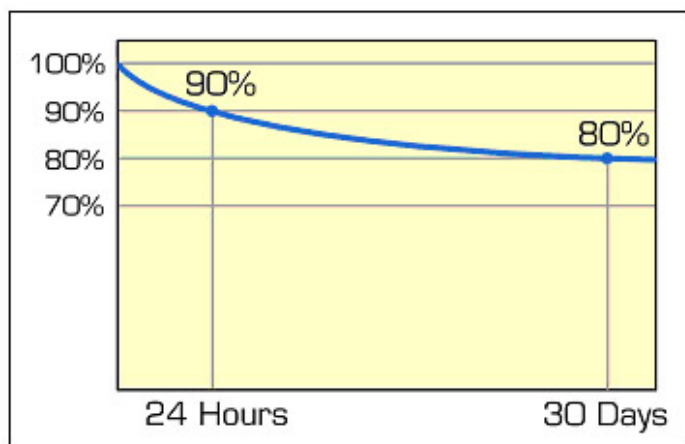
Het energieverlies is asymptotisch, wat betekent dat de zelfontlading direct na het opladen het grootst is en daarna afneemt. Accu's op nikkelbasis verliezen 10 tot 15 procent van hun capaciteit in de eerste 24 uur na het opladen, daarna 10 tot 15 procent per maand. Figuur 7 toont het gebruikelijke verlies van een accu op nikkelbasis tijdens opslag.



**Figure 6: Effects of high self-discharge**

Self-discharge increases with age, cycling and elevated temperature. Discard a battery if the self-discharge reaches 30 percent in 24 hours.

Courtesy of Cadex



**Figure 7: Zelfontlading als functie van de tijd**

De ontlading is het grootst direct na het opladen en neemt af. De grafiek toont de zelfontlading van een accu op nikkelbasis. Lood- en lithiumbatterijen hebben een lagere zelfontlading.

Met dank aan Cadex

Een van de beste accu's op het gebied van zelfontlading is een loodzuuraccu; deze verliest slechts vijf procent per maand. Deze chemie heeft ook de laagste specifieke energie en is niet geschikt voor draagbaar gebruik. Lithium-ion ontladend zichzelf ongeveer vijf procent in de eerste 24 uur en 1 tot 2 procent daarna. Door de noodzaak van een beveiligingscircuit neemt de ontlading met nog eens drie procent per maand toe.

De zelfontlading van alle batterijoplossingen neemt toe bij hogere temperaturen en de snelheid verdubbelt meestal met elke 10°C (18°F). Er treedt merkbaar energieverlies op als een batterij in een warme auto wordt achtergelaten. Ook cyclisch gebruik en veroudering vergroten de zelfontlading. Nikkel-metaalhydride is goed voor 300-400 cycli, terwijl de standaard nikkel-cadmium meer dan 1000 cycli meegaat voordat de verhoogde zelfontlading de prestaties begint te beïnvloeden. De zelfontlading van een oudere batterij op nikkelbasis kan zo erg worden dat de batterij vooral energie verliest door lekkage in plaats van door normaal gebruik overdag. Gooi een batterij weg als er sprake is van een zelfontlading van 30 procent binnen 24 uur.

De zelfontlading van Li-ion is redelijk stabiel gedurende de levensduur en neemt niet merkbaar toe naarmate de accu ouder wordt, tenzij er sprake is van een celafwijking veroorzaakt door schade aan de separator wanneer microscopische metaaldeeltjes zich groeperen. Verbeterde productiemethoden hebben dit probleem bij nieuwere accu's tot een minimum beperkt. Tabel 8 toont de zelfontladingssnelheid per maand bij verschillende temperaturen en laadtoestanden.

| Laadtoestand     | 0°C (32°F) | 25°C (77°F) | 60°C (140°F) |
|------------------|------------|-------------|--------------|
| Volledige lading | 6%         | 20%         | 35%          |
| 40–60% lading    | 2%         | 4%          | 15%          |

**Tabel 8: Zelfontlading van Li-ion bij verschillende temperaturen en laadtoestand**

*De zelfontlading neemt toe bij stijgende temperaturen en hogere laadtoestand.*

Eenmaal aanwezig kan de hoge zelfontlading van een natte loodzuuraccu niet meer ongedaan worden gemaakt. Een van de factoren die leidt tot dit falen is slibophoping in de sedimentvanger op de bodem van de tank. Het slib is halfgeleidend en wanneer de stof de platen bereikt, ontstaat er een zachte kortsluiting. Bij accu's op nikkelbasis is een verzwakte of beschadigde separator de oorzaak van een hoge zelfontlading. Factoren die hieraan bijdragen zijn kristalvorming (geheugen), waardoor de accu in de lader kan “koken” of wordt blootgesteld aan herhaalde diepe ontlaadcycli. Een defecte separator verhoogt ook de zelfontlading in lithium-ion-accu's. In extreme gevallen wordt de beschadigde separator verder verzwakt door de hitte die door het elektrische lek wordt gegenereerd. Dit kan leiden tot een thermisch defect.

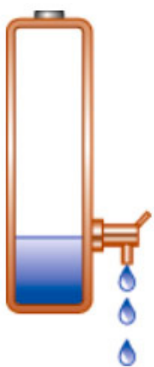
# Voortijdige spanningsonderbreking

Niet alle opgeslagen accu-energie kan of mag bij ontleding worden gebruikt en er blijft bijna altijd wat reserve achter als de apparatuur wordt uitgeschakeld. Hier zijn verschillende redenen voor.

De meeste mobiele telefoons, laptops en andere draagbare apparaten worden uitgeschakeld wanneer de lithium-ion-batterij bij ontleding 3V/cel bereikt. De fabrikanten kiezen deze relatief hoge spanningsdrempel om enige zelfontleding toe te staan tijdens opslag, waardoor er een respijtperiode is voordat het beveiligingscircuit bij ongeveer 2,5V/cel wordt geopend.

Een hybride batterij in een auto wordt nooit volledig ontladen en werkt op een laadtoestand van 20 tot 80 procent. Dit is de meest effectieve bandbreedte van de accu en als je binnen dit bereik blijft, gaat de accu het langst mee. Een diepe ontleding met een volledige herlading veroorzaakt onnodige stress bij elke batterij, waaronder Li-ion. Accu's op nikkelbasis zijn vergelijkbaar en vanwege de verminderde laadacceptatie en warmteontwikkeling bij een laadtoestand van boven de 80 procent worden de accu's zelden volledig opgeladen. Bij een elektrische aandrijflijn ligt de nadruk op het maximaliseren van de levensduur in plaats van het optimaliseren van de looptijd (zoals het geval is bij consumentenproducten).

Elektrische gereedschappen en medische apparaten met een hoog stroomverbruik zorgen ervoor dat de accuspanning vroegtijdig onderbroken wordt. Dit is vooral het geval als een van de cellen een hoge interne weerstand heeft of als de accu bij koude temperaturen wordt gebruikt. Deze accu's kunnen na uitschakeling nog voldoende capaciteit over hebben en bij ontleding onder matige belasting kan een batterijanalyser een restcapaciteit van 30 procent aangeven. Figuur 9 geeft de uitschakelspanning grafisch weer.



**Figuur 9: Illustratie van apparatuur met hoge uitschakelspanning**  
*Draagbare apparaten gebruiken niet alle beschikbare batterijstroom en laten wat energie achter.*

*Met dank aan Cadex*

Laatst bijgewerkt: 5-jul-2016