Canadus batteriløsning i ett system

Batteriproblem knyttet til det amerikanske forsvarsdepartementets kjøretøyflåte

Det amerikanske forsvarsdepartementets flåter av taktiske hjulkjøretøy (TWV) og annet mobilt utstyr har en høyere utskiftningstakt for blysyrebatterier enn nødvendig som følge av sjelden starting når de ikke er i bruk og høye utladningshastigheter under bruk. I 2016 brukte det amerikanske forsvarsdepartementet over 80 millioner dollar på utskifting av batterier, og forsvaret hadde et forbruk på mer enn 373 000 blysyrebatterier. I gjennomsnitt skiftes blysyrebatterier innkjøpt av det amerikanske forsvarsdepartementet hver 13. måned.

Det må innføres et bedre batteriforvaltningssystem.

Figur 1: Nye batterier som trengs til forsvaret

Kilde: «Analysis of Emerging Solar Panel Systems to Improve Sustainment and Readiness of low-usage Vehicles» (analyse av nye solcellepanelsystemer for å forbedre kapasiteten og beredskapen til kjøretøy som brukes lite), ved Brian E. Frymiare, LEAD, OSAT, RSRB, Distribution Statement A, Approved for Public Release (offentlig tilgjengelig), 4. oktober, 2018.

Tilgjengelig løsning

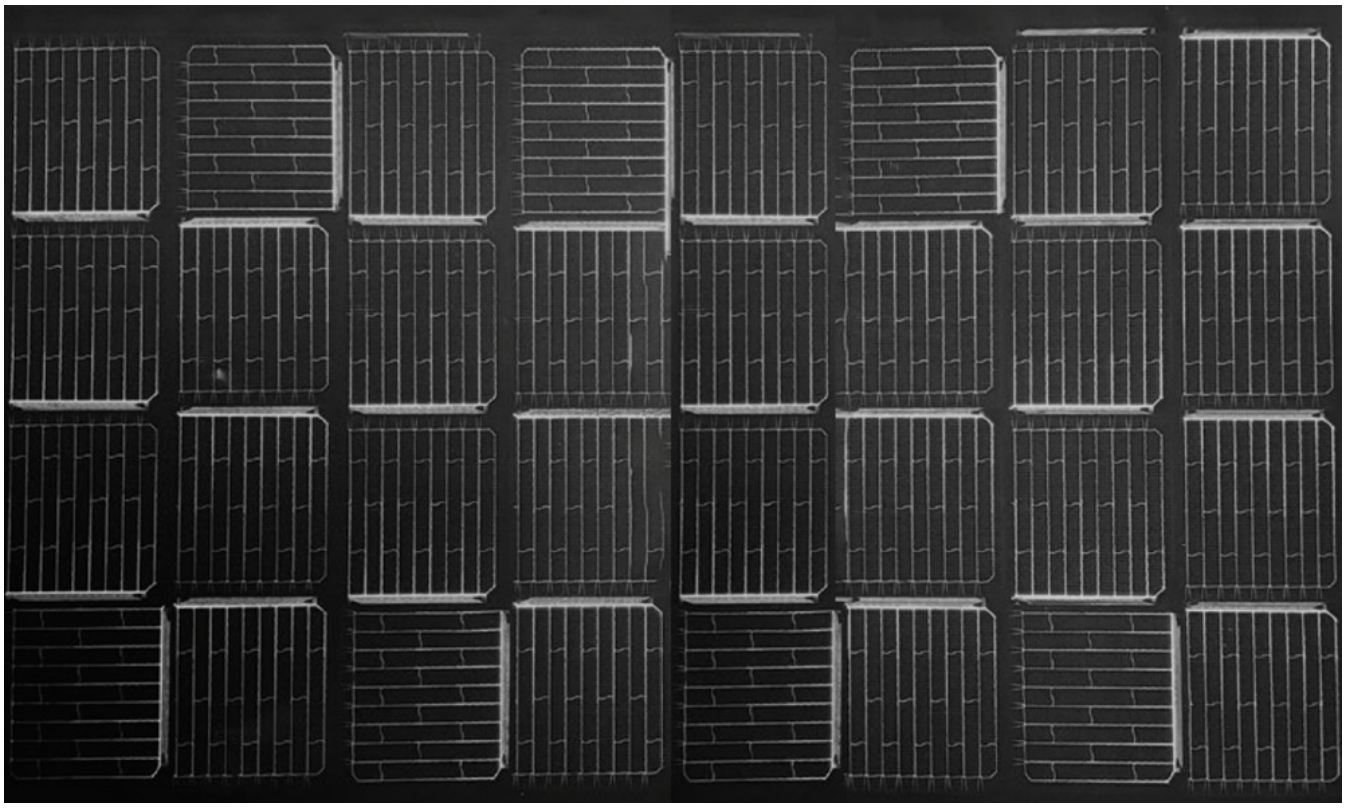
Canadus batteriløsning i ett system for militær- og nyttekjøretøy integrerer to velprøvde teknologier for å få frem en ny metode for å holde batterier i best mulig stand for taktiske hjulkjøretøy. I designet inngår høyeffektiv og holdbar solteknologi for supplerende batterilading med en elektronisk desulfator som sørger for en balansert batterikjemi. Resultatet er muligheten til å opprettholde full ladekapasitet

og lengre batterilevetid.

Om solteknologiens fordeler

Denne spesifikke solteknologien er utviklet og patentert av Merlin Solar, San Jose, California. Merlins solcellepaneler består av et innovativt par metallgitre som fungerer som intra- og inter-cellesammenkoblinger (se panelkonstruksjon i figur 2) og gjør at panelene fortsatt virker hvis de blir fysisk skadet på en måte som ville ha satt paneler basert på glass og samleskinner ut av spill. Merlins monokrystallinske design sikrer høyest ladeeffektivtet med minst plassbehov på kjøretøyet.
Disse panelene er fleksible, solide og enkle å montere. Når et kjøretøy er utstyrt med et solcellepanel i hensiktsmessig størrelse for den spesifikke tjenesten, kan den ekstra ladekapasiteten som legges til standardladingen fra dynamoen opprettholde full batterikapasitet.

Figur 2: Merlin Solars patenterte solcellepanel



Om batterilading

På et laboratorium kan et batteri full-lades, men ikke i praktisk bruk. SAE (Society of Automotive Engineers) og andre organisasjoner har utarbeidet standarder for testing av batterier. Standardene omfatter ladeteknikker som sørger for at et batteri oppnår en kjent ladetilstand hver gang.

Lading med konstant strøm er den foretrukne lademetoden i SAE J537-testen (se testspesifikasjon for SAE J537). Med denne lademetoden tilføres batteriet en forhåndsbestemt strøm til det er full-ladet. For eksempel vil et typisk 12 V batteri i gruppe 31 med en CCA-verdi på 730, og en reservekapasitet på 190 minutter bli ladet med en konstant strøm på ca. 5 ampere. Ettersom det ikke er noen begrensning på terminalspenningen, er det ikke uvanlig at man ser spenninger på 16 V eller høyere. Så høye spenninger vil føre til sterk gassdannelse, noe som ikke er ønskelig, særlig ikke i dagens VRLA-batterier. I slike tilfeller ber SAE brukeren om å følge produsentens ladeanbefalinger.

Eksempler på dette ses i figur 3 nedenfor. Dette er et diagram hentet fra en Exide-ladeguide for et (VRLA) batteri. Deler av diagrammet er bevisst utelatt, f.eks. informasjon vedrørende temperaturkompensasjon, siden de ikke er av betydning for denne drøftingen.

Figur 3: Utdrag fra en ladeguide fra Exide

Lead Acid Battery Types	Bulk Charging (Constant Current) 12 volt Battery	Absorption Charging (Constant Voltage) 12 volt Battery	Float Charging (Constant Voltage) 12 volt Battery	Trickle Charging (charge maintenance during extended storage)
Standard Flooded/Wet Automotive SLI (Calcium) ***Exide Select Classic Exide Commercial Exide Cutting Edge Exide Marine Starting Flooded SuperCrank Flooded PowerSport***	Charge at a constant current rate of no more than 10 times I_{20} to a voltage of 14.8V (example; For C20=100Ahr, the max charge current is 10x5A or 50A).	Charge with 14.8V - 15.0V limit for 12 to 24 hrs or when current drops below 1% of the C20 rating (example; C20=100Ahr, the low current shut off is 1%x 100 or 1A).	13.5v - 13.8	Charge voltage on point - 12.60v Charge voltage off point - 13.5v Limit current to 0.4 times I_{20}

I dette diagrammet foreslår Exide en ladespenning på minst 14,8 volt (ved 24 °C) i mer enn tolv timer. Ved utgangen av denne absorpsjonsfasen er batteriet fortsatt ikke fulladet. Det kreves flytlading i et ubestemt tidsrom for å fullføre ladeprosessen. Det vil trolig ta tjuefire timer eller mer å få et fulladet batteri med denne metoden. Det er interessant å merke seg at Exide fremkaller en del gassdannelse i batteriet i løpet av ladesyklusen. Gassdannelsen begynner vanligvis ved rundt 14,4 til 14,5 V for 12 V bly/syrebatterier. I dette tilfellet må spenningen kontrolleres tett, slik at trykket forårsaket av gassdannelsen i batteriet ikke aktiverer trykkavlastningsventilene til VRLA-batteriet og dermed slipper ut gassen som har bygd seg opp innvendig. Dette vil føre til uopprettelig vanntap og redusert levetid for batteriet.

<u>Batterilading på en lastebil:</u>

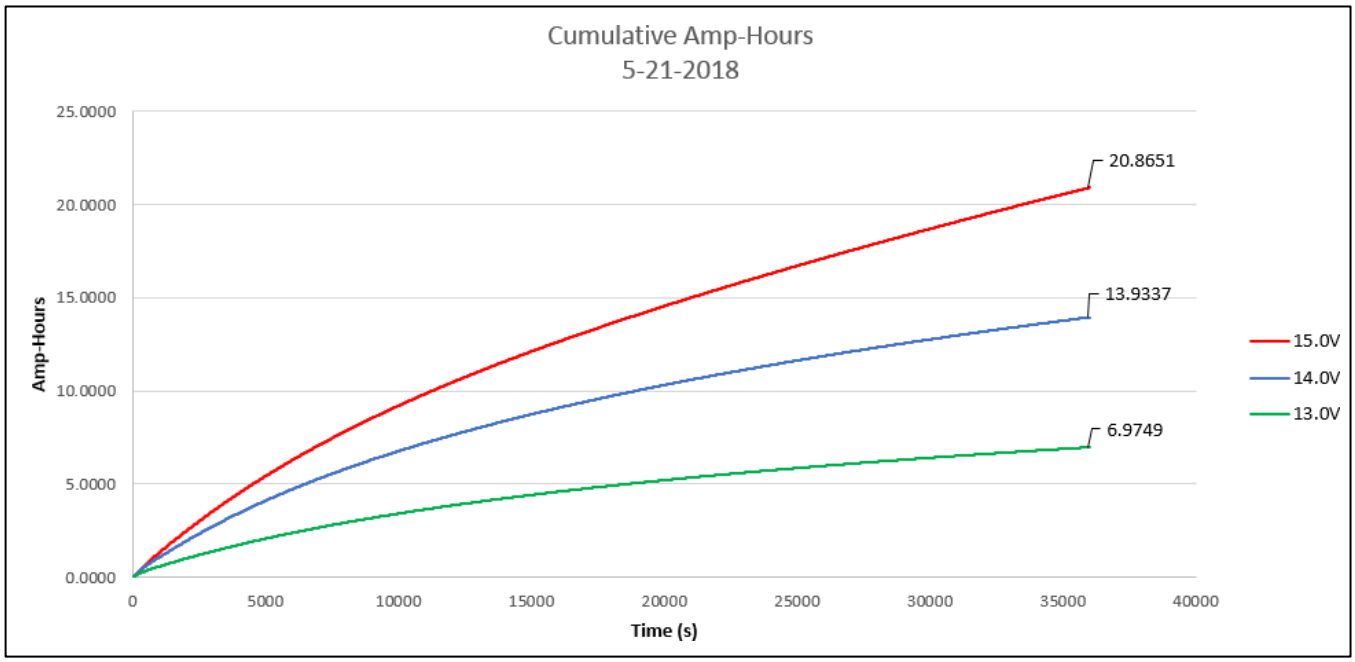
(MERK: Eksemplene som står oppført i denne rapporten, er basert på et typisk 12 V el-anlegg i Nord-Amerika.)

Av ladeeksemplene ovenfor fremgår det at det kreves to ting for å få fulladet et batteri: en spenning høyere enn 14,8 V (som initierer gassdannelse) og rikelig med tid. Ingen av disse betingelsene er til stede på dagens militærkjøretøy. I beste fall er tilgjengelig spenning for kjøretøyets batterier 14,2 V under normale forhold. Det er verken nok tid eller høy nok spenning til å oppnå full-lading i løpet av kjøretøyets daglige syklus.

Hvorfor er kjøretøyet konfigurert til å lade på denne måten? Sagt på en enkel måte er det et nødvendig kompromiss på grunn av en dynamo med én utgang og et bredt driftstemperaturområde. 14,2 V er så høy spenningen kan være uten vanntap som følge av sterk gassdannelse, som inntreffer ved høye temperaturer.

Når et batteri gjennomgår sykluser, vil den tilgjengelige kapasiteten normalisere seg ut fra hvordan det lades. Figur 4 viser tre batteriet som ble utladet til en ladetilstand lik 0 %. Deretter ble hvert av batteriene ladet med ulik spenning i området fra 13 til 15 V i et begrenset tidsrom på 10 timer. Strømmen ble akkumulert for å vise hvor mange amperetimer som ble tilbakeført til batteriet over tid.

Figur 4: Effekten av ladespenning på ladeaksept



Som det fremgår av figur 4, er det en direkte sammenheng mellom ladespenningen og antallet amperetimer som kan tilbakeføres til batteriet under lading. I og med at ladeeffekten ikke er 100 %, kan vi forvente å hente ut litt mindre enn det som er tilført i løpet av den forrige ladingen.

Ved faktisk anvendelse i felt kan riktig dimensjonerte solcellepaneler monteres som et supplement til dynamoens mekaniske lading for å opprettholde batterikapasiteten. Figur 5 nedenfor er utarbeidet for nyttekjøretøy:

Figur 5: Anvendelsesmatrise for bruk av solcellepaneler

	36W	80W	165W	330W	440W to 660W
Lot Rot Prevention	✓	✓	✓	✓	✓
Battery Maintenance	✓	✓	✓	✓	✓
Jump Start Avoidance	✘	✘	✓	✓	✓
Hotel Loads	✘	✘	✘	✓	✓
Electric HVAC	✘	✘	✘	✓	✓
Telematics Platform	✘	✘	✓	✓	✓

Ved å opprettholde ladekapasiteten og forhindre at batteriene blir værende ute av drift i utladet tilstand, blir batterienes levetid forlenget ettersom «sulfatkrystaller» ikke vil virke forstyrrende inn på batteriets kjemi. Når batteriene er utladet, vil batteridesulfatoren Canadus HD-1224 tilføre mikrosekundlange ladepulser for å destruere sulfatkrystallene under lading enten via dynamo eller solcellepanel.

<u>Om sulfatering</u>

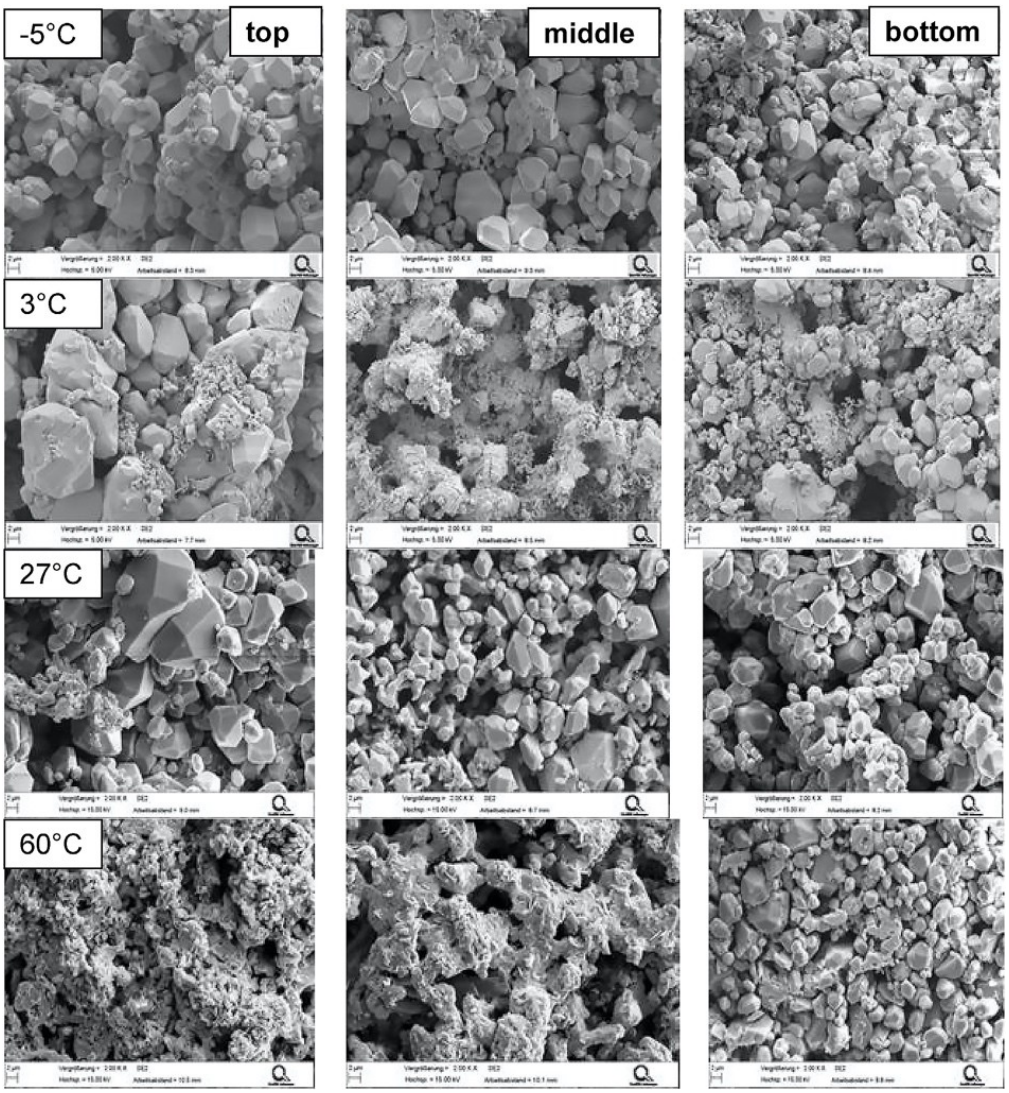
Dannelsen av blysulfatkrystaller som har herdet på batteriplatene er en av hovedårsakene til batterisvikt. Blysulfat er produktet av utlading i et bly/syrebatteri. Etter hvert som batteriet blir utladet, blandes bly (Pb) fra platen med sulfat (SO_4) fra svovelsyren (H_2SO_4) og danner forbindelsen ($PbSO_4$), vann (H_2O) og nyttbar elektrisitet. Dette er illustrert i ligningen nedenfor, der utladningsreaksjonen beveger seg fra venstre mot høyre i ligningen.

$$\underset{\text{Lead + Lead Oxide + Sulfuric Acid}}{Pb + Pb0_2 + 2H_2SO_4} \rightleftharpoons \underset{\text{Electricity + Lead Sulfate + Water}}{\text{Electricity} + 2PbSO_4 + 2H_20}$$

En ladestrøm reverserer denne reaksjonen, og skyver bly (Pb) og sulfat (SO_4), i form av svovelsyre, tilbake mot venstre i ligningen. Prosessen er enkel, pålitelig og effektiv helt til du vil omdanne alt

blysulfat tilbake mot venstre for å full-lade. I praksis er det umulig å gjøre dette på en lastebil med et dynamobasert ladesystem. Denne tilstanden uten noen mulighet til å full-lade batteriet fører til en feilmekanisme kalt sulfatering, der blysulfatkrystaller vokser seg progressivt større og fører til det mange tror et permanent tap av kapasitet. I vedlegg 1 (som det vises til nedenfor) er det gitt en nærmere beskrivelse av dannelsen av sulfatkrystaller og temperaturfølsomheten.

Figur 6: Sulfatkrystaller på batteriplater i forhold til temperatur



Kilde:
Temperature-dependent formation of vertical concentration gradients in lead-acid-batteries under pSoC operation - Part 2: Sulfate analysis (temperaturavhengig dannelse av vertikale konsentrasjonsgradienter i blysyrebatterier under drift i delvis ladet tilstand (pSoC) – del 2: sulfatanalyse)

Ved: Ellen Ebner a, Manfred Gelbke b, Eva Zena c, Martin Wieger d, Alexander B€orger e

a: Volkswagen AG, Letter Box 1172, D-38440, Wolfsburg, Tyskland
b: Batterikonsulent, Pferdsfelder Weg 33, D-96231, Bad Staffelstein, Tyskland c:
Vogelsangweg 1/1/7, A-7071, Rust, Østerrike
d: ABR Austrian Battery Research Laboratory GesmbH, Thomas A. Edison Straße 2, A-7000, Eisenstadt, Østerrike
e: Volkswagen AG, Letter Box 1773, D-38440, Wolfsburg, Tyskland

Sulfatering kan reverseres:

Som tidligere anført, dannes det små krystaller av reaktivt blysulfat med det samme et batteri utlades. Disse krystallene er en nødvendig reaktant for batteriet under lading. Imidlertid blir noe av dette materialet over tid til store, stabile krystaller (omtales noen ganger som herdede blysulfatkrystaller), og reduserer dermed den tilgjengelige batterikapasiteten.

I Canadus vil vi gjerne hevde at sulfateringen bare kan korrigeres ved å bruke desulfateringsenheten Canadus HD-1224 for pulslading, men vi vet at dette ikke er den eneste måten å desulfatere et batteri på. Sulfatering kan reverseres med høyere ladespenning og tid.

I artikkelen som stod i Journal of Power Sources i 2007 med tittelen «Charging performance of automotive batteries—An underestimated factor influencing lifetime and reliable battery operation» (Bilbatteriers ladeytelse – en undervurdert faktor som påvirker batterienes levetid og driftssikkerhet) (vedlegg 2) ser forfatterne, Sauer et al., nærmere på flere eksempler på desulfatering av batterier med det som de kaller «intensiv lading». Batterier i nyttekjøretøy lades vanligvis med konstant strøm – lading med konstant spenning der CV-trinnet (konstant spenning) er stilt på rundt 2,37 V/celle (14,2 V) for å unngå gassdannelse. Intensiv lading skiller seg fra dette ved at den enten lader med en mye høyere spenning, f.eks. 2,667 V/celle (16 V), eller ved at den legger til et tredje trinn med lading med konstant strøm. Ladingens tredje trinn begynner idet strømmen i det andre trinnet når en forhåndsbestemt nedre grense. Deretter opprettholdes denne strømmen i et forhåndsbestemt tidsrom, eller til det ønskede antallet amperetimer har blitt tilført batteriet. Ved CC-lading (konstant strøm) er spenningen uregulert og øker så mye som de elektrokjemiske responsene tillater. Canadus har observert spenninger så høye som 16,5 V ved bruk av denne metoden.

Selv om «intensiv lading» har en fordel når det gjelder å reversere sulfatering, dersom det hadde vært teknisk mulig å bruke den i praksis, ville den ha medført følgende ulemper:

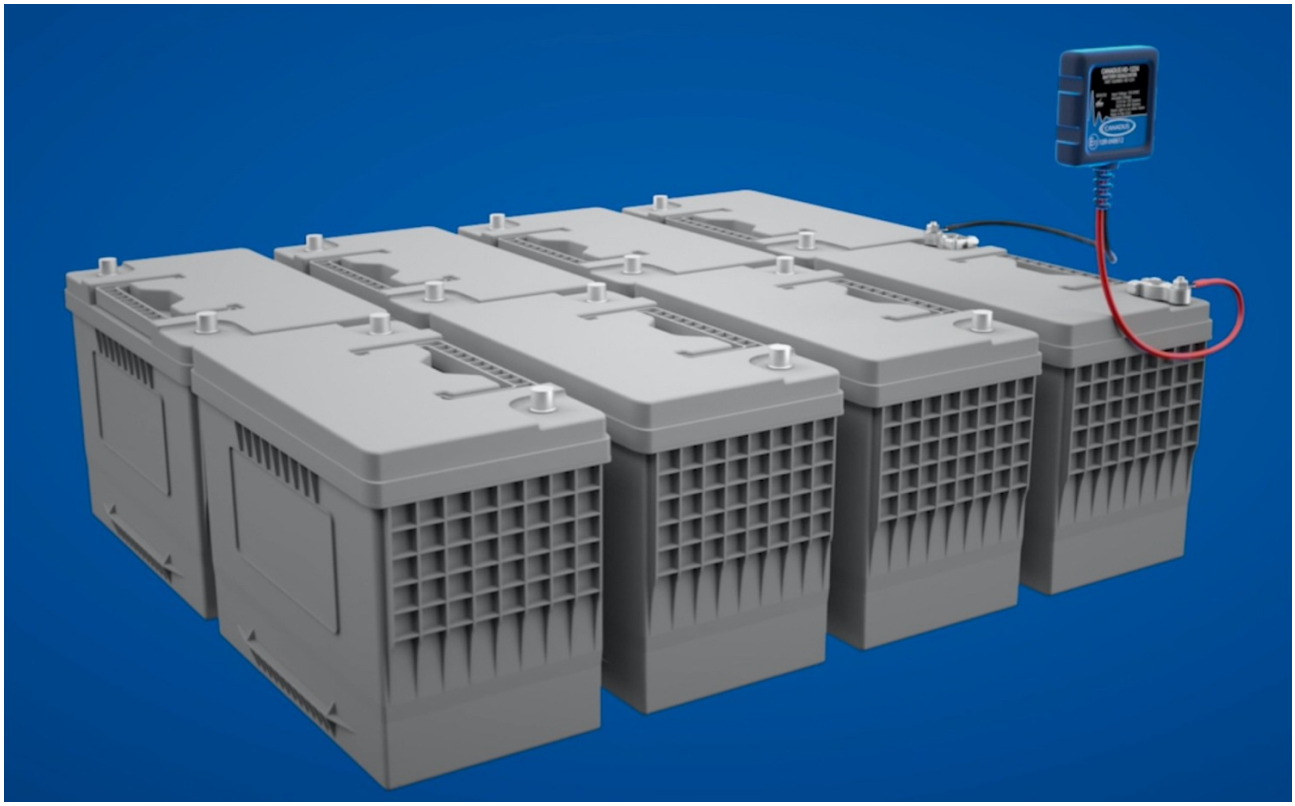
- Gassdannelse
- Vanntap
- Mekanisk utfelling av blysulfatkrystaller (aktivt materiale) fra platene
- For høy varme, som øker gitterkorrosjonen betydelig

Nedenfor følger en gjennomgang av en enklere måte å reversere sulfatering på, uten de negative effektene forbundet med lading ved høy spenning beskrevet tidligere.

Beskrivelse av desulfateringsenheten Canadus HD-1224:

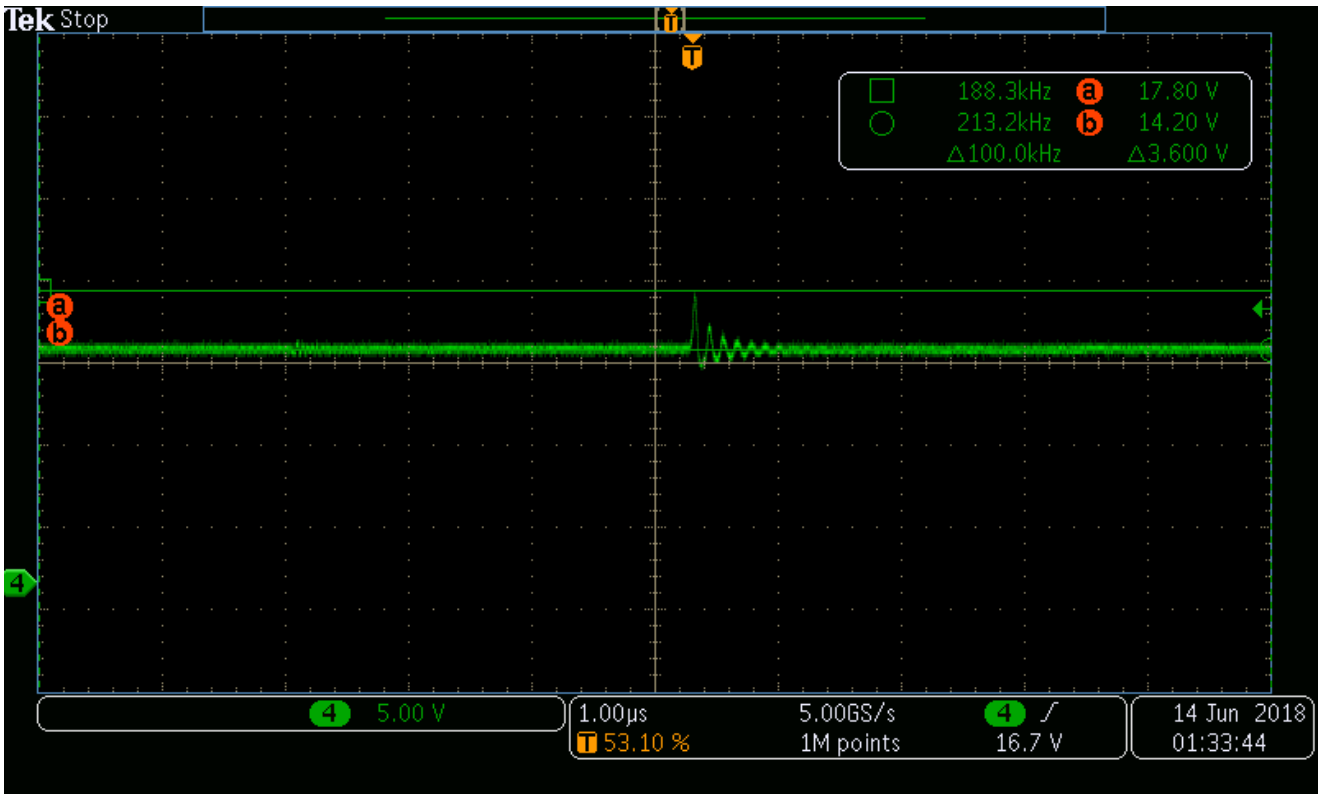
I alle eksemplene ovenfor ble det benyttet spenning i området 15 til 16 V både til å full-lade batteriet og reversere sulfateringen ved å bryte ned noen av de store, stabile blysulfatkrystallene. Tapt kapasitet ble gjenopprettet og dermed ble batterienes brukstid forlenget. Dessverre er disse høye spenningene ikke forenlig med lading av nyttekjøretøy av allerede nevnte grunner, da i hovedsak stor gassdannelse. Det er her desulfateringsenheter kan være til nytte for anvendelser som sliter med mangelfull lading som fører til sulfatering.

Figur 7: Én HD-1224 kan beskytte inntil åtte parallellkoblede 12 V batterier i gruppe 31.



Canadus HD-1224 tilfører batteriet og blysulfatkrystallene den spenningen som kreves for å hindre og reversere sulfatering. Disse pulsene med spissamplituder i området 17 til 18 V er av svært kort varighet, målt i mikrosekunder slik som vist i figur 8.

Figur 8: Pulsmåling på batteri med toppspenning på 17,80 V

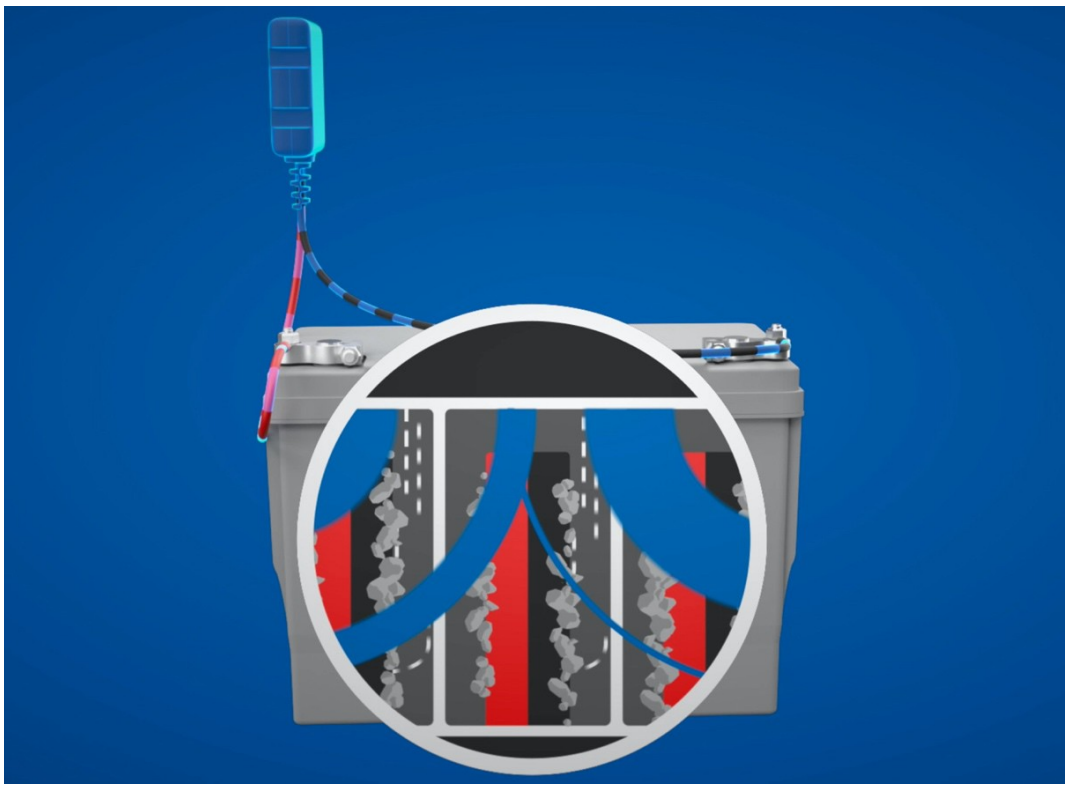


Disse pulsene forårsaker ikke gassdannelse, vanntap, tap av aktivt materiale fra platene eller generering av varme, men de forbedrer ladeaksepten ved å løse opp store, stabile sulfatkrystaller som måtte forekomme.

Canadus HD-1224 har blitt brukt som en standardkomponent på nyttekjøretøy i både Europa og USA siden 2015. Per i dag er mer enn 400 000 tyngre lastebiler OEM-utstyrt med HD-1224 for å hindre at det dannes sulfat og for å forlenge batterienes levetid. Se vedlegg 3: Mack Trucks Makes Battery Refresher Standard (Mack Trucks gjør batterioppfrisker til standard).

Bransjeerfaring har vist at ved å montere HD-1224 sammen med nye batterier, hindres initiering av sulfatkrystaller i batteriet. Batterier som er i bruk kan imidlertid behandles med HD-1224 for å løse opp blysulfatkrystaller som forekommer naturlig over tid.

Figur 9: 17 til 18 V mikropulser/sek løser opp blysulfat på platene for å forbedre batteriets kapasitet



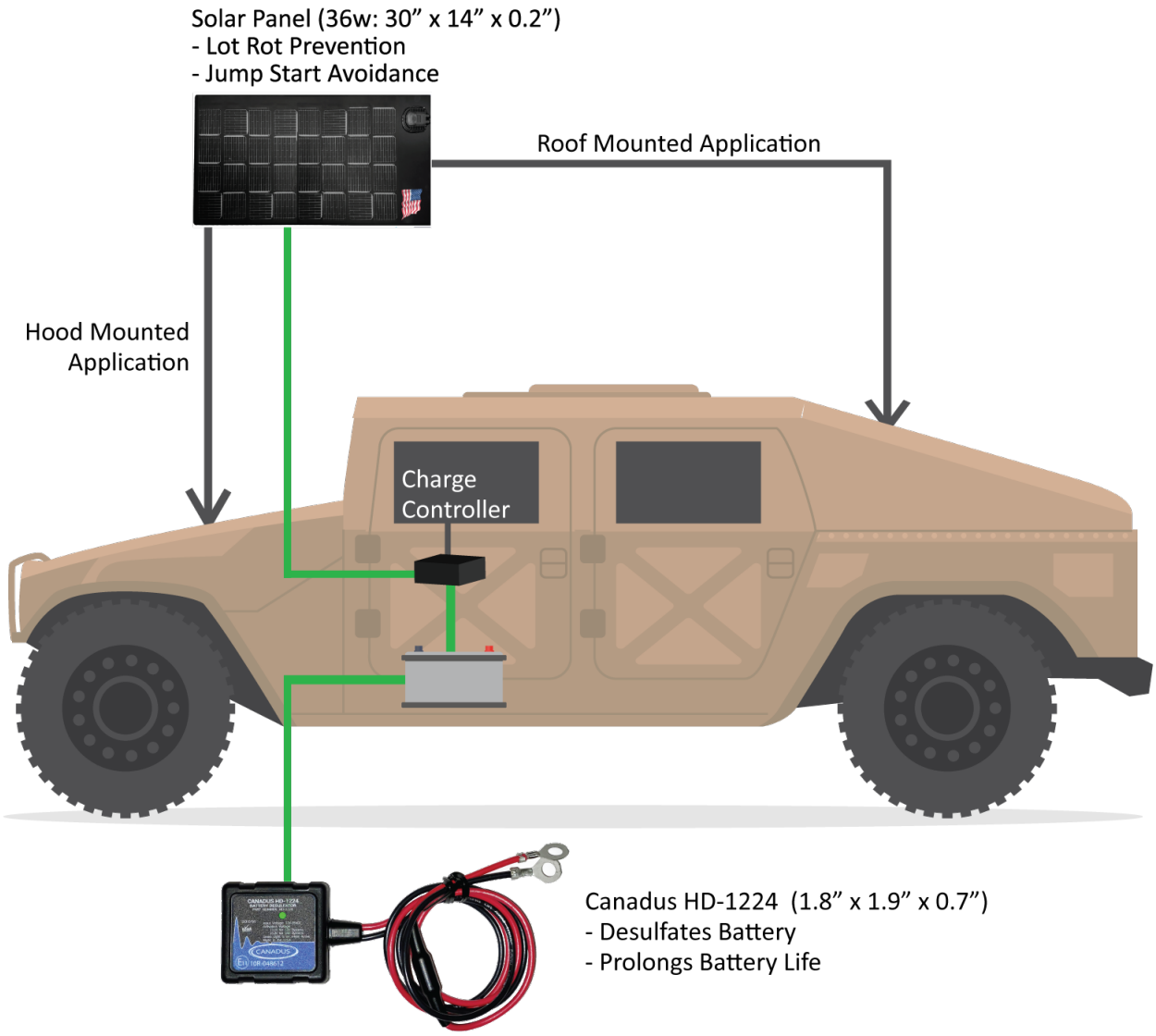
Sammendrag

Brukskapasiteten til et bly/syrebatteri er et direkte resultat av hvordan det blir ladet. I de fleste eksempler fra virkeligheten er brukskapasiteten betydelig lavere enn batteriets mulige kapasitet, uten supplerende tiltak. Denne tapte kapasiteten er bundet opp i blysulfatkrystaller, som over tid gradvis vokser seg større og mer stabile, inntil de blir vanskelige å fjerne ved vanlig lading av kjøretøyet. Vanlig 14,2 V lading alene er ikke tilstrekkelig til å hindre at det oppstår sulfatering

Ved å benytte Canadus batteriløsning i ett system på forsvarets flåte av hjulkjøretøy kan man sikre maksimal beredskap for ressurser som brukes periodisk ved å benytte forbedret solteknologi sammen med den velprøvde elektroniske desulfatoren HD-1224 (se figur 10).

Det direkte resultatet av denne bruken vil redusere antallet mislykkede startforsøk, forbedre el-anleggets ytelse, forlenge batterienes levetid og senke de tidligere omtalte årlige utskiftningskostnadene på 80 millioner dollar. Andre fordeler omfatter redusert belastning på miljøet, deriblant mindre bly og svovelsyre, samt mindre drivstoff til den nødvendige logistikkforflytningen av nye og brukte batterier.

Figur 10: Canadus batteriløsning i ett system illustrert for militær beredskap



Om Canadus Power Systems

Canadus Power Systems har vært ledende innen blysyrebatteriteknologi siden 2001. Canadus jobber med mange konstruksjonsegenskaper for å forlenge batteriers levetid og fremme batterihelsen i 12, 24, 36 og 48 volts anlegg. Canadus fremstiller produktene sine i USA.