Akkumulátoros energiatárolás
Ipari akkumulátorok jelene, a jövő kihívásai

EnerSys®

Power/Full Solutions

MEE Vándorgyűlés Szeged

2016. szeptember 14.

Ipari akkumulátorok alkalmazási területei

Telekommunikáció

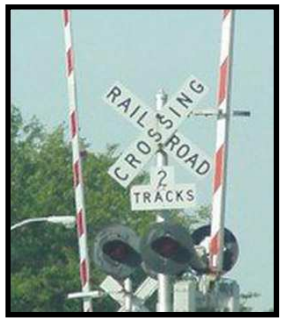
Energiaszolgáltatás

Megújuló energia

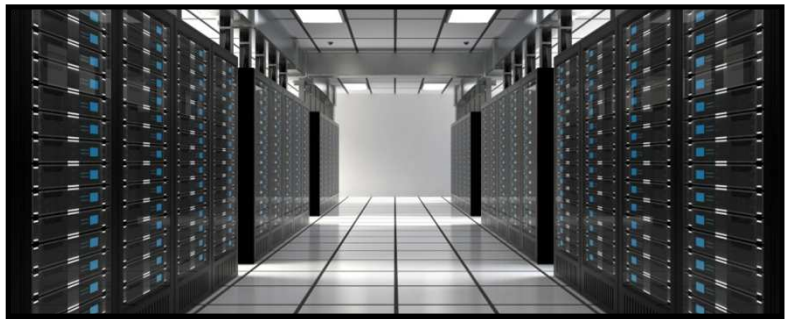
Vegyipar

Közlekedés és biztosítóberendezések

Anyagmozgatás



Vészvilágítás



Adatközpontok

EnerSys
Power/Full Solutions

Ipari alkalmazások üzemállapotai

- **„stand-by” (készenléti) üzem**
  - segédüzemi állapot folyamatos feltöltött állapotban tartással pl. egyenirányítóval
  - pl. telekommunikáció, energiaszolgáltatás, hagyományos UPS alkalmazások, vészvilágítás, tűzjelző és riasztó rendszerek
- **„buffer” üzem**
  - segédüzemi állapot, mint „stand-by”üzemnél, de a töltőáramnál nagyobb terhelés időszakok előfordulásával, jellemzően sekély ciklusok (1-5%)
  - pl. közlekedés
- **ciklikus üzem**
  - folyamatos töltés-kisütési állapotok váltakozása
  - pl. anyagmozgatás, takarító gépek, mobil-elektromos gépek
- **hibrid üzem**
  - ciklikus és „stand-by” üzemállapot keveréke, sok PSOC állapot
  - pl. megújuló energiaforrások energiatárolói, szigetüzemű rendszerek akkumulátorai

Akkumulátorok jellemzése

1. Villamos tulajdonságok

- névleges feszültség
- kapacitás – terhelés és hőmérséklet függő
- zárlati áram
- belső ellenállás – töltöttség függő, életkor függő

2. Mechanikai tulajdonságok

- méret, tömeg
- edényzet kialakítás – anyaga, alakja (prizmatikus, cilinderes),
- kivezető kialakítás – felső vagy front kialakítású – szerelhetőség, ellenőrzés
- kivezető mechanikai csatlakoztatása – csavaros, hegesztett

3. Töltés – kisütés – üzemeltetési hőmérséklet

- töltési karakterisztika, csepp-, gyorstöltési feszültség- és áramkorlát
- töltő áram hullámosság – melegedési problémák
- hőmérséklet kompenzált töltés – elsősorban zárt akkumulátor esetén
- terheléstől függő kisütési végfeszültség (Li-ion estén biztonsági kérdés)
- biztonságos működési feltételek

4. Karbantartás igény

- zárt, nyitott – vízutántöltési intervallum, szellőztetés
- csökkentett karbantartás igény, karbantartás mentes

5. Élettartam

- élettartam években (pl. EuroBat szerinti) / vagy kisütési ciklusszám

EnerSys
Power/Full Solutions

Hétköznapok mai ipari akkumulátorai

Ólom - sav	*NiCd - lúgos*	*Li-Ion*
1. Cellakivitel - nyitott, folyadék elektrolitú - szeleppel zárt, kötött elektrolitú VRLA (Gel, AGM) **2. Elektróda kialakítás** - nagyfelületű - kentlemezes - páncélelektródás - rúdelektródás **3. Rács ötvözet** - antimon tartalmú Sb - kalcium tartalmú Ca - színólom **4. Akkumulátor kivitel** - cellakialakítású - blokkos kialakítás **5. Névleges feszültség** - 2V/cella **6. Töltési karakterisztika** - W, IU, IUIa vagy ezek változatai	**1. Cellakivitel** - nyitott, folyadék elektrolitú *a higított kálium hidroxid (kálilúg) kitölti a cellaedényt* - „légmentesen" zárt, kötött elektrolitú **2. Elektróda kialakítás** - táskás kialakítás (pocket plate) - szinter elektródás - FNC technológiás – műanyag hordozós - PBE elektródás (plastic bounded electrode) **3. Rács ötvözet** - nincs ötvöző anyag **4. Akkumulátor kivitel** - elsősorban csak cellakialakítású - blokkos kialakítás elvétve **5. Névleges feszültség** - 1,2V/cella **6. Töltési karakterisztika** - IU	**1. Cellakivitel** - kizárólag zárt kialakítás **2-3. Elektróda kialakítás** - sokféle lítium vegyület *pl.* $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$, $LiFePO_4$, *stb.* - Elektrolit: szerves oldószer **4. Akkumulátor kivitel** - elsősorban cellakialakítású BMS felügyelettel, BMS kihagyása biztonsági kockázatot jelent **5. Névleges feszültség** - 3,2; 3,6 V/cella **6. Töltési karakterisztika** - IU

EnerSys
Power/Full Solutions

Hagyományos savas-ólom akkumulátor - jelen

- **Pro**

  - kipróbált és bevált, megbízható, jól ismert technológia (a manapság használt telepek esetén több, mint 30-40 éves gyakorlati tapasztalat)
  - megbízható értékesítési és szerviz hálózatok világszerte
  - >95%-ban újrahasznosítható, az élettartam végén, a „hulladék” értékesíthető
  - anyagmozgatási területen az akkumulátor értékes ellensúlyként figyelembe vehető
  - gyors, rátöltéses üzemeltetés anyagmozgatási telepeknél
  - 1200-1500 80%-os ciklus élettartam - páncél elektródás típusoknál
  - elérhető, sőt túlléphető akár a 15 éves valós élettartam – készenléti üzemben
  - alacsony árszint kWh-ként (100-150$)

EnerSys
Power/Full Solutions

Hagyományos savas-ólom akkumulátor - jelen

- **Kontra**

  - szellőztetés, vízutántöltés (nyitott akkumulátor esetén) szükséges
  - nagy helyet, esetenként erősített födémet igényel telepített alkalmazásoknál (nagy méret, nehéz)
  - önkisülés tönkremenetelt okoz használaton kívül (>1 év)
  - kapacitás csökkenés alacsony hőmérsékleten (kb. 7-8%/10°C)
  - nagyfokú érzékenység 20°-nál magasabb hőmérsékleten – pozitív elektróda korrózió, növekedés
  - élettartam csökkenés 20°C felett, 10°C-ként élettartam feleződés
  - meghajtó akkumulátor esetén:
    - normál töltéskor (8 órás töltési idő) csereakkumulátor szükséges folyamatos üzemben
    - csereakkumulátor speciális töltési, tárolási helyet igényel
    - speciális csererendszer alkalmazása – nagy tömeg pl. 1,5tonna
    - gyorstöltéskor 20kW feletti energia igény – nem szokványos
    - termelékenység csökkenés a szükséges cserék miatt

Hagyományos savas-ólom akkumulátor - jelen

- **Hozzáférhetőség**
  - domináns ipari akkumulátor technológia (120 éves múlt)
  - sok kipróbált ötvözet variáció az élettartam kontra teljesítmény optimalizálásért (Sb, Ca, Sn, stb.)
  - sok kipróbált lemezkonstrukció – lemezszerkezet
  - kiforrott iparág, megbízható gyártástechnológiával, elosztóhálózattal, szervízszolgáltatással és újrahasznosítási lehetőségekkel
  - a manapság tárolt energia közel 85% savas-ólom alapú

EnerSys
Power/Full Solutions

NiCd, NiMH lúgos akkumulátor - jelen

- **Pro**
  - régóta ismert technológia, kipróbált, megbízható
  - jó energiasűrűség (2x nagyobb), könnyebb, mint a Pb
  - hosszú élettartam, nincs korróziós jelenség, mint Pb esetén
  - kiváló mélykisütés tűrés (szállítás és tárolás kisütött állapotban)
  - alacsony hőmérsékleten is jó teljesítő képesség – kisütés és töltés során egyaránt
  - hosszabb élettartam magasabb hőmérsékleten is T<50°C
- **Kontra**
  - szellőztetés, vízutántöltés szükséges – folyadék elektrolitos változat
  - készenléti üzemben kapacitás csökkenés
  - 50°C felett korlátozott használhatóság
  - környezeti veszélyek, elsősorban Cd miatt
  - költséges újrahasznosítás
  - magas költségszint kWh-ként (350-450$), több, mint 3x-os Pb árszint

EnerSys
Power/Full Solutions

NiCd, NiMH lúgos akkumulátor - jelen

- **Hozzáférhetőség**
  - - többféle kipróbált konstrukció, 40-50 éves gyakorlati tapasztalat
  - - korlátozott számú piaci résztvevő
  - - NiCd felhasználási területek:
    - - közlekedés (repülés, vasút)
    - - napelemes és szélerőműves rendszerek
    - - olaj és gázipari alkalmazások
  - - NiMH – konzumer felhasználás, hibrid autók

EnerSys
Power/Full Solutions

Li-ion akkumulátor - jelen

- **Pro**

- a legjobb energiasűrűségű technológia
- tervezett élettartam 10+?
- ciklus élettartam – várhatóan – 500 (100% DOD) - 10000 (10% DOD)
- „teljesen” karbantartás mentes, „tiszta” üzemeltetési környezet
- kisebb (kis helyigény), könnyebb (kis tömeg) – mozgó áramellátások ideális akkumulátora
- kiváló gyorstöltési (általában 0,5C, max. 1-2C-ig) és kisütési (általában 0,2-2C, de akár 10C) képesség
- lassú önkisülés, hosszú, több éves tárolhatóság (félig töltött állapotban)
- kiváló PSOC tűrés, nincs károsodás a részlegesen töltött állapotban való tároláskor, rátöltéses üzemben nincs károsodás
- hasonló teljesítmény 2,4,6,8 órás kisütések esetén

EnerSys
Power/Full Solutions

Li-ion akkumulátor - jelen

- **Kontra**
  - valós élettartam meghatározás, jelenleg csak becslés, kevés gyakorlati tapasztalat
  - termikus hőmegfutási veszély – „öngyulladás”
  - túltöltési veszély – Lithium kiválás, mélykisütés veszély – rövidzár veszély
  - szofisztikált akkumulátor menedzsment rendszer (BMS) – kiküszöbölendő az előző három veszélyforrást
  - nem csak akkumulátor, hanem elektronikus eszköz is egyben, váratlan meghibásodások lehetősége
  - szállítási korlátozások – ADR 9-es osztály
  - újrahasznosítás jelenleg nem megoldott, fizetős az ártalmatlanítás
  - legmagasabb költségszint kWh-ként (500-2000$) – csökkenni fog 5 éven belül közel 50%-kal

EnerSys
Power/Full Solutions

Li-ion akkumulátor - jelen

- **Hozzáférhetőség**
  - sokféle Li-ion technológia (vegyület és cellakialakítás) – melyik lesz a jövő?, folyamatos fejlesztések
  - széles, bővülő cellaválaszték – sok esetben ismeretlen megbízhatóság, csak becsült élettartam
  - néhány akkumulátor termék már elérhető, limitált mennyiségben (hosszú szállítási határidők), folyamatos fejlesztés alatt – csereszabatosság?
  - államilag támogatott pilotprojektek hálózat stabilizálási célú rendszerekre, azon belüli speciális akkumulátorokra, nem standardizált
  - költségcsökkentő projektek drasztikus áresés és jelentős kapacitásbővülés eléréséhez
  - csak néhány szabványosított cella és/vagy akkumulátor kialakítás, rengeteg egyedi cellaválaszték

EnerSys
Power/Full Solutions

Új piaci igények problémák, kezelése

- **Telekommunikációs piac**

  - energiacsökkentési igény, klíma nélküli bázisállomások, csak free cooling
    <u>következmény</u>: szélesebb, magasabb üzemeltetési hőmérséklet
    <u>elvárás</u>: akkumulátor élettartam nem változhat
  - off-grid, hibrid alkalmazások terjedése világszerte, megújuló integrálással
    <u>következmény</u>: PSOC állapot rendszeres bekövetkezése, növekedése
    <u>elvárás</u>: ciklusálló, PSOC tűrő akkumulátorok alkalmazása, nagyobb energia-sűrűségű telepek alkalmazása, gyorstöltési elvárások növekedése (2-4 órás)

- **UPS piac**

  - energiacsökkentési igény, klímás temperálás kiváltása, free cooling alkalmazása
    <u>következmény</u>: szélesebb, magasabb üzemeltetési hőmérséklet
    <u>elvárás</u>: akkumulátor élettartam nem változhat
  - áthidalási idő csökkentési igény: 30s – 5min.
  - megbízhatóság növelés hálózatkiesést követő újabb kiesés esetén
    <u>következmény</u>: akkumulátor gyors visszatöltés
    <u>elvárás</u>: 2 órán belüli, 95%-nál nagyobb töltöttség elérése

- **Energetikai piac**

  - megújulók integrálása, hálózat stabilizálási kérdések
    <u>következmény:</u> hálózati instabilitás növekedése, termelés-fogyasztás kiegyenlítése
    <u>elvárás</u>: különféle energiatárolós szabályozó rendszerek alkalmazása, pl. akkumulátoros

EnerSys
Power/Full Solutions

Új piaci igények problémák, kezelése

- **Anyagmozgatási piac** (tipikusan ciklikus alkalmazású piac)

  - targonca kihasználtság növelése

    <u>következmény</u>: akkumulátor cserék csökkentése, esetleges kiküszöbölése; csereakkumulátor, a csere, mint lehetséges veszélyforrás kiiktatása; műszakonkénti, szükségszerűen meglévő állásidők kihasználása visszatöltésre, csereakkumulátor helyének felszabadulása; gyorstöltésből fakadóan nagyobb hálózati energiaigény

    <u>elvárás</u>: felhasználás helyén való töltés; gyorstöltők alkalmazása; rátöltéses üzemeltetést elviselő, PSOC tűrő akkumulátor alkalmazása

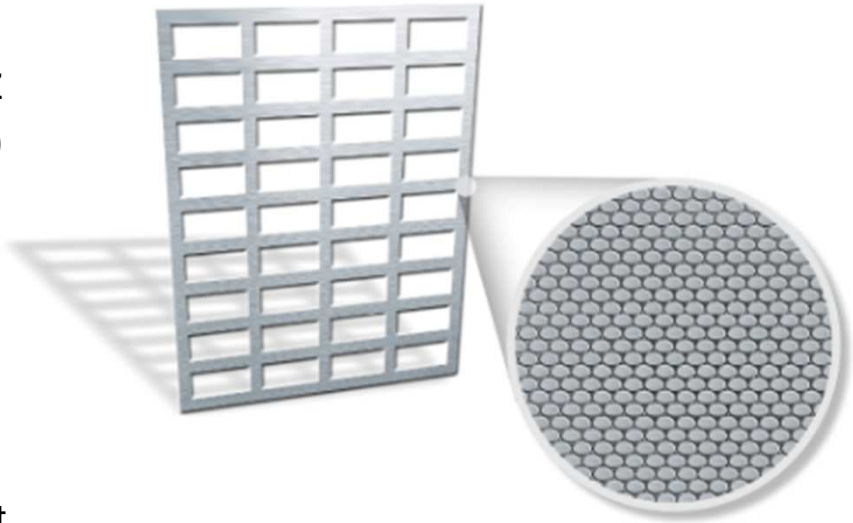
  - anyagmozgatási akkumulátorok üzemeltetés optimalizálása

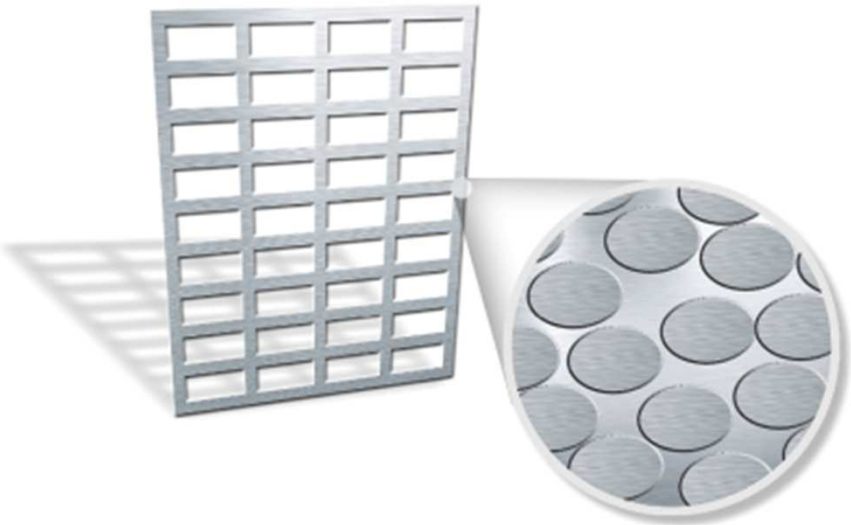
    <u>következmény</u>: akkumulátor energiamérlegének pontosabb ismerete, mélykisütéses állapotok bekövetkezési valószínűségének növekedése

    <u>elvárás</u>: akkumulátor felügyelet (BMS) alkalmazása, akkumulátor energiamenedzsment biztosítása, akkumulátor hatásfok, elhasználódás vizsgálata, meghibásodások kiküszöbölése, megelőzése, időben történő javítása

TPPL technológia – színólom újragondolva

- A hagyományos rácsszerkezet kialakításához ötvöző anyagok szükségesek. Pl.: Ca, Sn, Sb stb.
- A végeredmény egy nyitottabb szemcse szerkezet, mely hajlamosabb a korrózióra
- A korrózió a szemcse határokon lép fel, ami:
  - Növeli a pozitív rácsot
  - Csökkenti a rács és az aktív anyag kapcsolatát
  - Csökkenti a terhelhetőséget
  - Növeli a belső ellenállást





- Színólom kristály szerkezet
  - A vékonyabb rács szerkezet nagyobb energiasűrűséget tesz lehetővé, azonos méreten
  - A finom rács szerkezet ellenállóbb a korrózióval szemben
  - Elősegíti a jobb felületi reakciót, kötődést
  - Nagymértékben növeli a rács vezetőképességét

EnerSys
Power/Full Solutions

TPPL technológia – vékonyabb rács

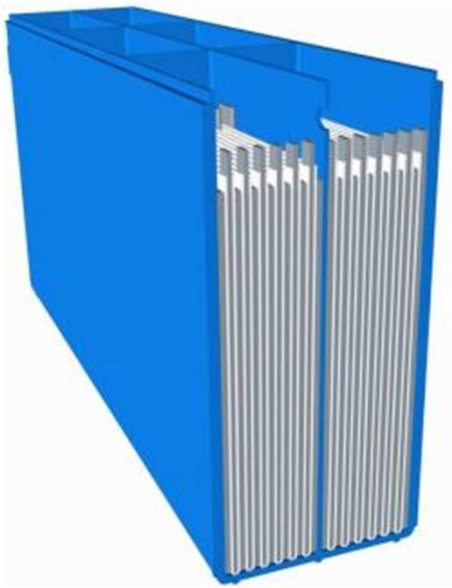
Vastag kontra vékony

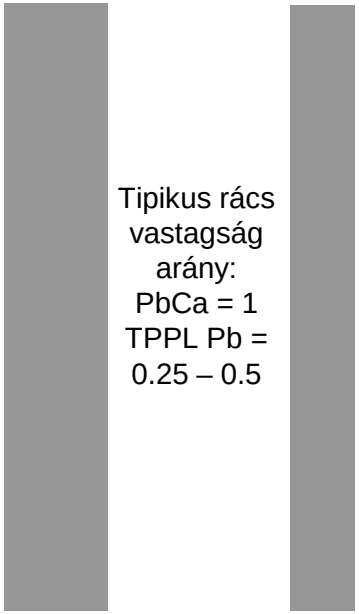
Pb-Ca TPPL Pb

Nehéz, nagy cella

A rács hajlamos a korrózióra és növekedésre

Kevés, vastag rács





Ekvivalens csepptöltési élettartamú termék esetén

Könnyebb és/vagy kisebb cella

Korróziónak és növekedésnek ellenálló rács

Több, vékonyabb rács, nagyobb kapacitás

EnerSys
Power/Full Solutions

TPPL gyártási technológia – vékony rács

Thin Plate Pure Lead technológia

EnerSys
Power/Full Solutions

TPPL technológia összefoglalás

- **(TPPL) akkumulátorok közös, főbb műszaki jellemzői**
  - vékony, kent lemezes, színólom technológia
  - kötött, filcben felitatott (AGM), szeleppel zárt (VRLA) akkumulátor
  - EuroBat szerint „Very Long Life” >12 év
  - karbantartás mentes, vízutántöltést nem igénylő
  - akár 2 év tárolási idő (20°C-on)
  - széles működési hőmérséklet tartomány (-40°C - +50°C)
  - gyorstöltési képesség – 2,4V/cella, 0,5C amperban
  - ciklikus, rátöltéses alkalmazásokra alkalmas
  - energiasűrűség: tipikus értékek – 80-100 Wh/liter, 35-40Wh/kg, kiemelkedik a savas-ólomakkuk között
  - cella és blokk választék 2,4,6,12V; 8-900Ah tárolóképesség
  - CAPEX: 140-150$/kWh
- Típusválaszték
  - PowerSafe SBS - helyhezkötött alkalmazás
  - PowerSafe SBS EON - helyhezkötött alkalmazás
  - PowerSafe V,V-FT - helyhezkötött alkalmazás
  - DataSafe XE - helyhezkötött alkalmazás
  - NexSys - meghajtó akkumulátor

EnerSys
Power/Full Solutions

Alkalmazhatósági mátrix

Hálózat környezet	OPzS/ TS (foly.)	OPzV (Gel)	Genesis® TD (Hagy. AGM)	PowerSafe® V /VFT (TPPL)	SBS® Eon Technology® (TPPL)
Megbízható (float)	✓	✓	✓	✓	✓
Hálózat támogatás – napi, kis ciklusok	✓	✓	✓	✓	✓
Megbízhatatlan háló – kevés of PSoC	✗	✗	✗	✓	✓
Megbízhatatlan háló – sok of PSoC	✗	✗	✗	✗	✓
Szigetüzemd – Full SoC	✓	✓	✗	✗	✓
Off Grid – rendszeres PSoC	✓	✓	✗	✗	✓

csomag

Csomag leírás

NexSys Normal

- Energiafelhasználás **80%-ig**
- Napi munkaóra **8h**
- Töltő> 0,2-0,25 C5 (Lifetech MOD)
- Wi-IQ1 –(BMS)
- Garancia:

✓ Class 3: **3 év teljes**
✓ Others**:** **2 év teljes**

NexSys Standard

- Energiafelhasználás **100%-ig**
- Napi munkaóra : **10-12 h**
- Töltő-> 0,2-0,25 C5 (Lifetech MOD)
- Wi-IQ1 & LVA – (BMS)
- Garancia

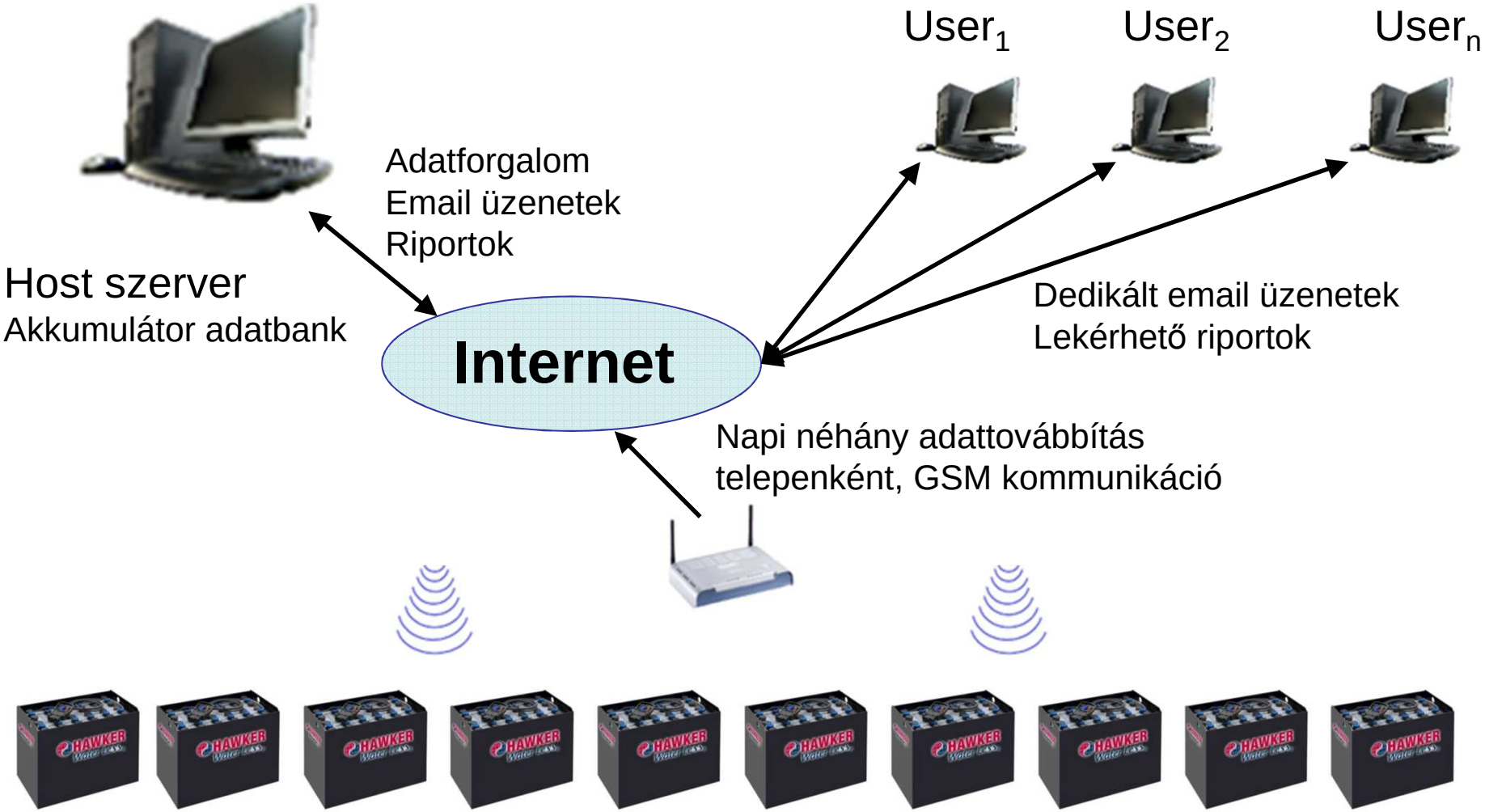
✓ **2 év vagy 320 C5-ös ciklus**

NexSys Gyors

- Energy Throughput up to **160%**
- Daily Working hours : **16 h**
- Charger -> Charger-> 0,26-0,4 C5 (LifeIQ MOD)
- Wi-IQ2 &LVA – (BMS)
- Garancia:

✓ **2 év vagy 320 C5 (projekt függő)**

Remote Battery Monitoring System



Wi-IQ-val ellátott Hawker akkumulátorok

EnerSys
Power/Full Solutions

Wi-IQ – WireLess IQ (BMS)

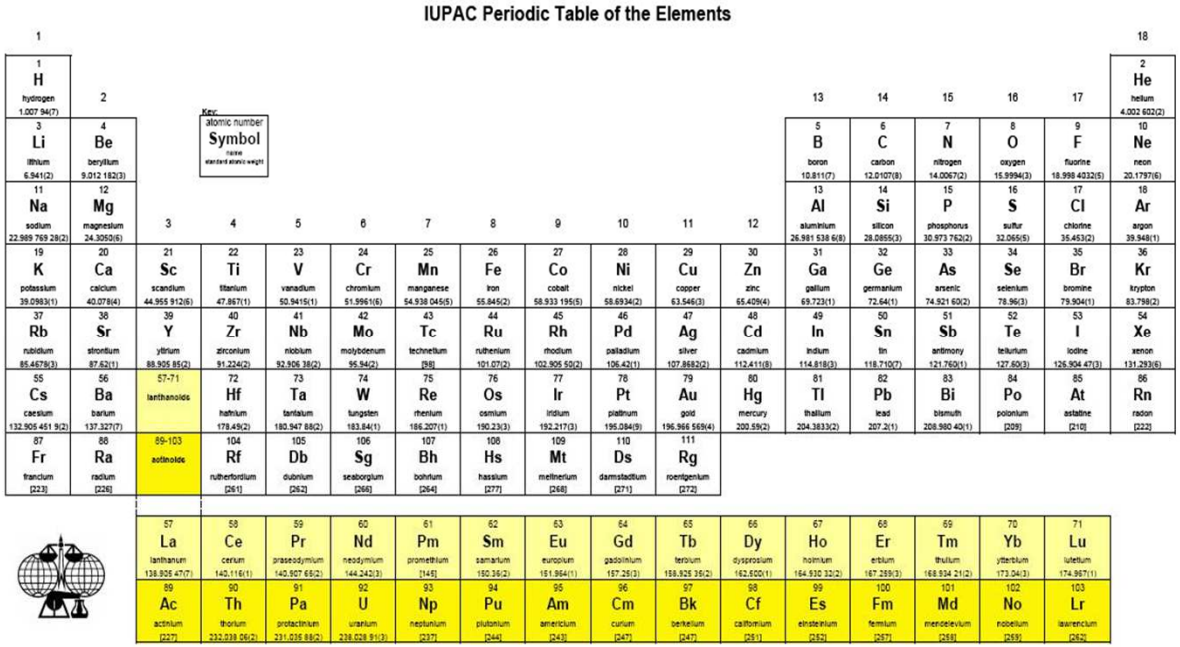
Eszköz – Akkumulátor Monitoring

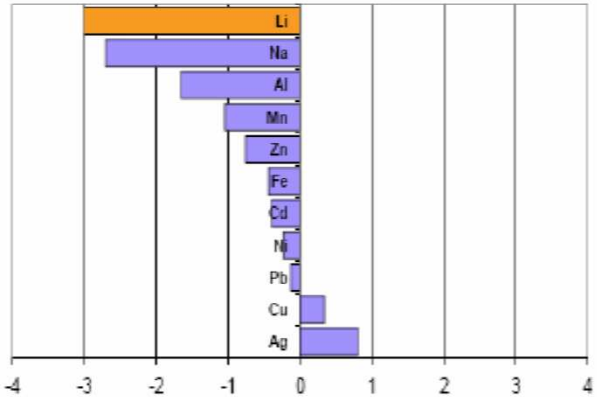
- Elektronikus mérőeszköz valós idejű órával
- 3 fizikai paraméter mérése: feszültség (akkumulátor és szimmetria), áram és hőmérséklet
- Elektrolitszint mérés (nyitott telepek esetén - opció)
- Akkumulátor azonosítás, elektronikus adatlap
- 2555 töltési-kisütési ciklus adatainak tárolása (akkumulátor élettartama végéig elegendő)
- Wireless kommunikáció a kiolvasó egységgel – kb. 30m
- Cellaösszekötőre történő rögzítés
- Saválló kivitel
- LED-es információs és hiba kijelzések

WebAccess és EnerSys Battery Cloud

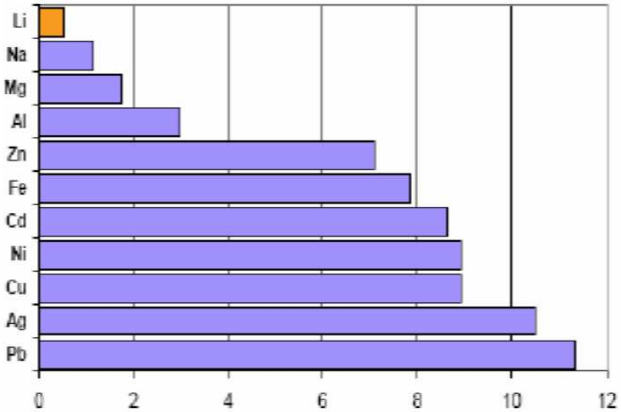
- **RBMS rendszer elérése egyszerűen web böngésző segítségével bárhonnan, ahol van internet kapcsolat (Internet Explorer, Google Chrome stb.)**
- **nincs speciális program a rendszer működtetéséhez user oldalon**
- **hozzáférés autentikált módon (usernév, password)**
- **adatátvitel gyors, csak a kijelzéshez szükséges adatok „vándorolnak” a neten**
- **menüvezérelt adathozzáférés**
- **akkumulátor csoportosítás ügyfél, site és akkucsoport szerint**
- **akkumulátor adatok és akkumulátor ciklusok tárolása – minden ciklusadat megmarad**
- **félig „on-line” kapcsolat (töltőállomáson lévő akkumulátor mindig kiolvasásra kerül)**
- **automatikus jelentések – kijelölt személyeknek**
- **adathozzáférés feljogosított személyek részére**
- **Statisztikus riportok (pl. élettartam vége előrejelzés)**

A jövő, miért lítium?





A hidrogénhez mért potenciál [V]



Atomsúly [g/mol]

A lítiumnak van a legnegatívabb potenciálja

A lítium a legkisebb atomsúlyú fém

nagy cellafeszültség

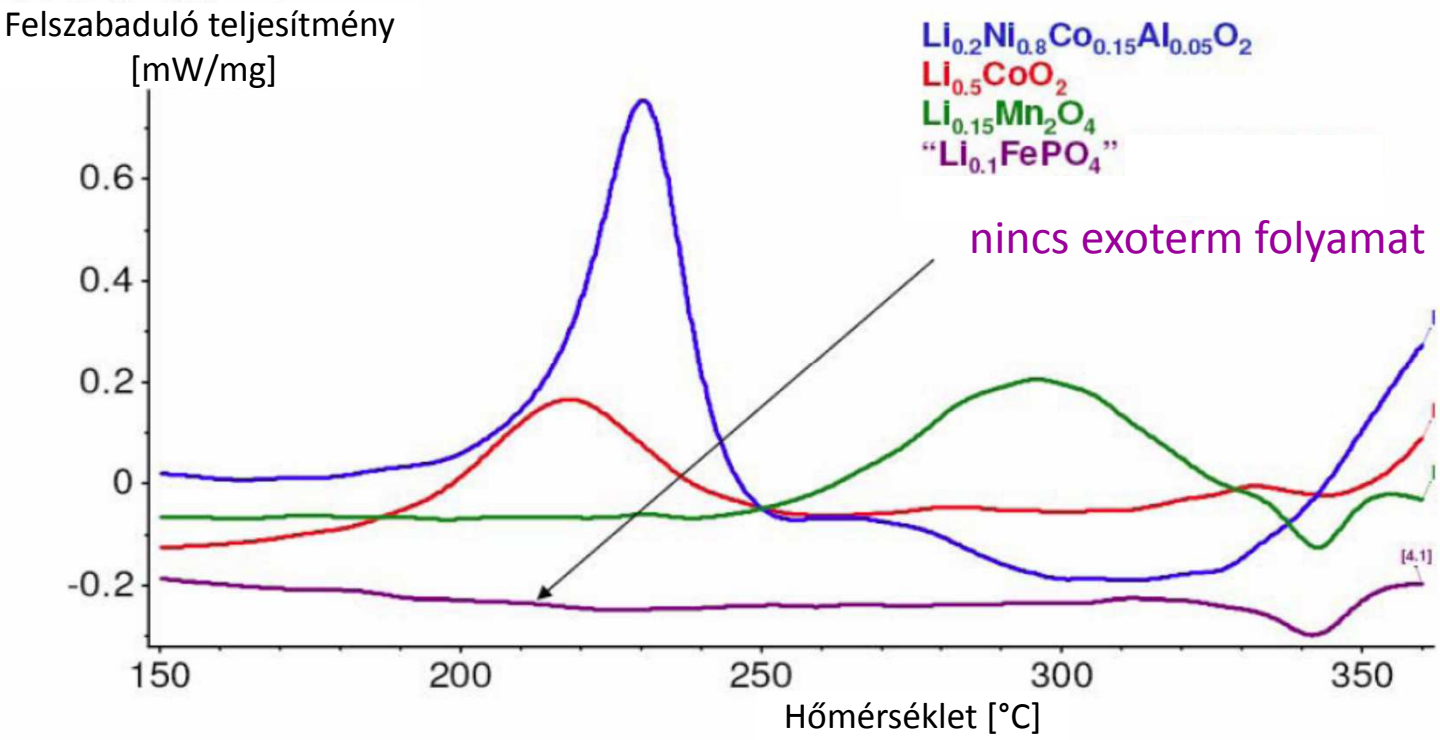
nagy fajlagos energia

Lítium bázison érhető el a tárolt energia mennyiségre vonatkozó legkisebb fajlagos térfogat és súly.

EnerSys
Power/Full Solutions

Li-ion cella hőmegfutási jelensége

Megfelelő elektrokémia megválasztása



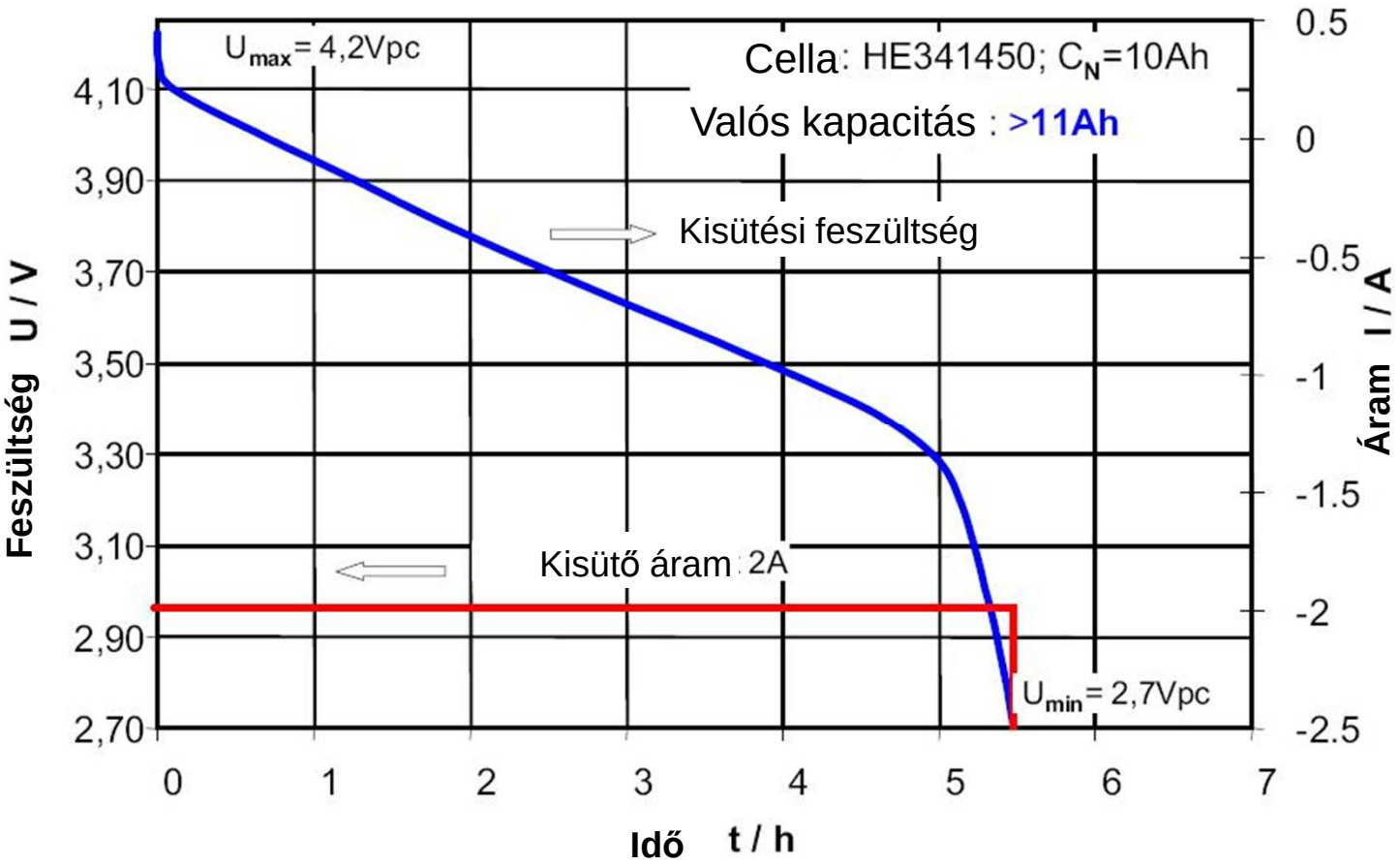
A hőmérsékletemelkedés okai lehetnek külsők

(pl.: napsütés, túlmelegedő alkatrész vagy kötés a közelben)

és/vagy belsők

(pl.: az adott körülményekhez képest túl nagy töltő vagy kisütő áram)

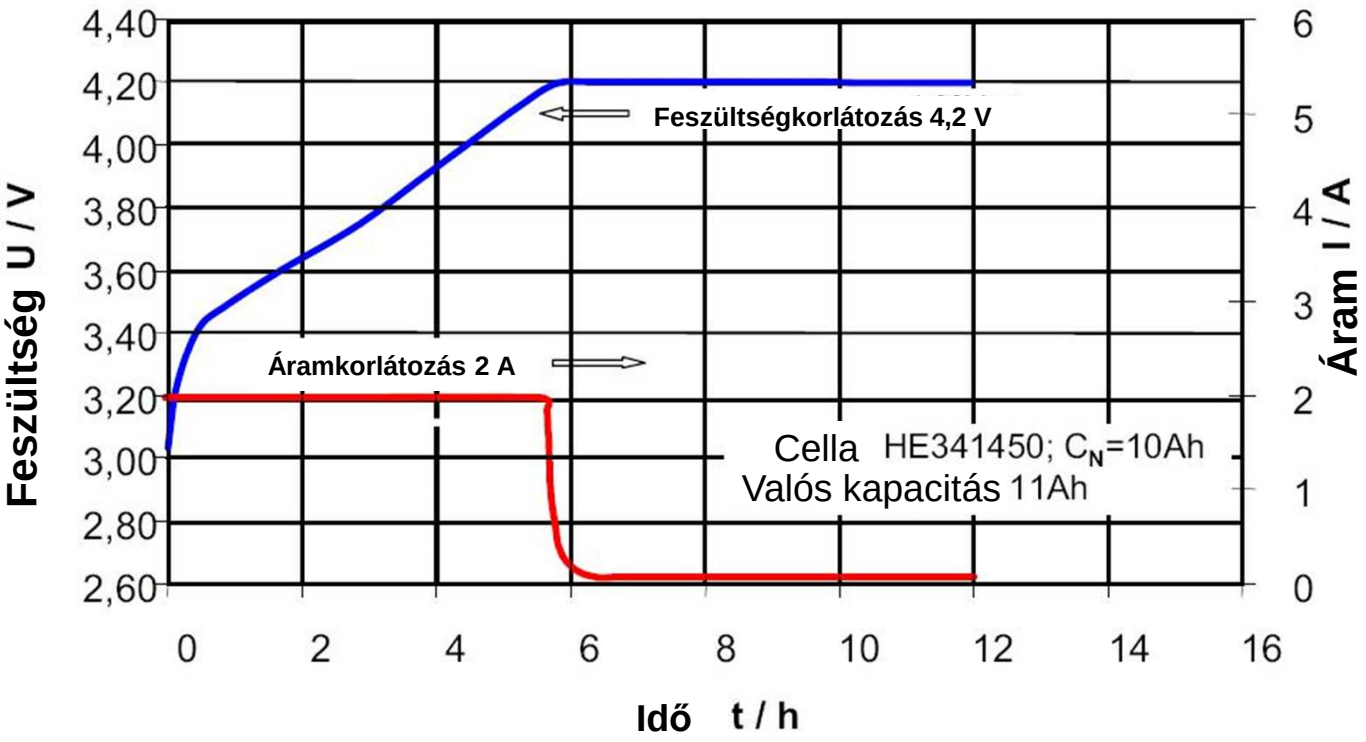
Li-ion tipikus kisütési jelleggörbe



A kisütési végfeszültség mintegy 3 V/cella

(Az ennél alacsonyabb érték maradandó cellakárosodást és biztonsági kockázatokat okoz. ⇨ Cu kirakódás)

Li-ion tipikus töltési jelleggörbe



A 4,2 V legnagyobb töltőfeszültség csak ciklikus alkalmazásoknál ajánlott.
Pufferüzemű alkalmazásoknál 4,05 – 4,1 V/cella az irányadó.
(A töltőfeszültség növelésével csökken az élettartam. ⇨ Li kirakódás)

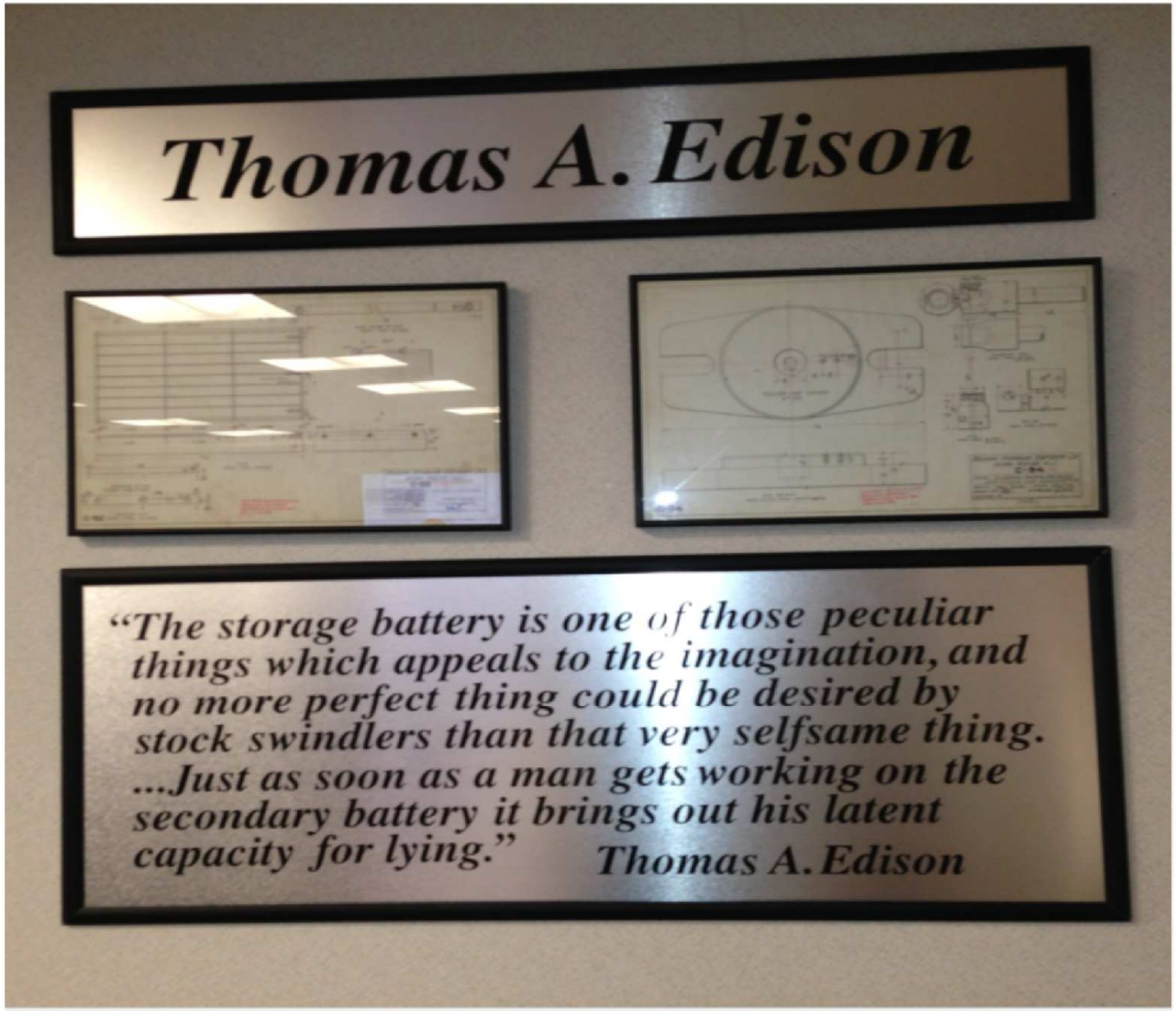
A szükséges biztonsági intézkedések

Közismertek a hasonló balesetek, amelyek minden esetben a Li-ion telepek nem megfelelő kezeléséből illetve üzemeltetéséből eredeztethetők. Az általános mögöttes ok pedig ezen kémiai áramforrásoknak a hagyományosnak tekinthető akkumulátorokétól jelentősen eltérő tulajdonságaiban keresendő.

A biztonsági intézkedések szintjei

- megfelelő elektrokémia
- cellaszintű beavatkozó eszközök
- rendszerszintű akkumulátor felügyelet

Mire jó még az akkumulátor…



EnerSys
Power/Full Solutions

Köszönöm a figyelmet