

Miten lasketaan akuston sisältämä energiamäärä?

1) Vertaa ensinnäkin millä tyhjennysajalla (purkausajalla) myyjä ilmoittaa akkukapasiteetin. Yleisimmin käytetty arvo on 20 h, joka uusiutuvan energian osalta on hyvä mittari, jos akku pääsääntöisesti latautuu päivisin auringosta ja luovuttaa energiaa yöllä. Ellei purkausaikaa ole mainittu, pyydä akun tuotekorttia ja katso itse. Valitettavan usein eri myyjät ilmoittavat mahdollisimman pitkän ajan, eli 100 h purkausajan kapasiteetin, jolloin esim "305 Ah:n" akku onkin ehkä vain 256 Ah jos katsotaan sen 20 tunnin arvoa. Mitä nopeammin akkua tyhjennetään, sitä suurempi on virta ja näin ollen sitä suurempi osa energiasta muuttuu lämmöksi. Näin ollen esim. 10 h:n arvo on vielä pienempi, joskin kyseessä on sama akku. Voidaan siis verrata akkuja keskenään esim. 10, 20 tai jopa 100 h:n kapasiteetti-arvolla, kunhan kaikkia akkuja verrataan samalla tyhjennysajalla.

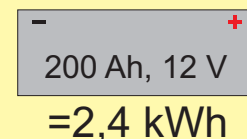
REPS Oy Ab pyrkii aina ilmoittamaan 20 h:n arvon, ellei muuta mainita. Yksi tapa ilmoittaa tuota on "200 Ah@20h". Ah, eli ampeeritunnit ilmoittavat siis tässä tapauksessa, että 10 ampeerin virtaa voi ottaa akusta 20 tunnin ajan. $10 \text{ A} \times 20 \text{ h} = 200 \text{ Ah}$.

2) Selvitä mikä akustojännite on kyseessä. 200 Ah 24 voltin järjestelmässä koostuu esim. kahdesta sarjaankytketyistä 200 Ah:n 12-voltin akusta. Akuston energiamäärä on siis hankalaa ilmoittaa vain ampeeritunteina Ah, ellei samalla tiedetä mistä akustojännitteestä on kyse.

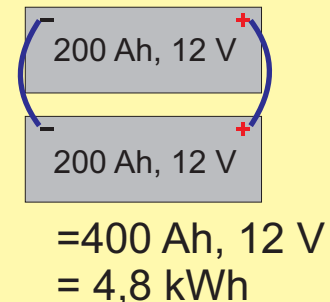
3) Muuta Ah x V (jännite, voltteja) kilowattitunneiksi, kWh. kWh on se sama yksikkö, josta maksamme noin 0,10 euroa/kWh verkkosähköstämme. kWh on siis tutumpi käsite useimmille ihmisille.

4) Miten siis muutetaan Ah:t ja V:t kilowattitunneiksi? Jännite kertaa virta = teho, eli $V \times A = W$, wattia. Näin ollen siis $V \times \text{Ah}$ on Wh ja tuhat wattituntia on kilowattitunti, eli kWh.

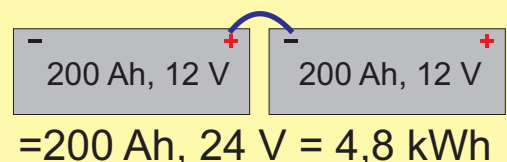
Esimerkki 1: Yksi 200 Ah:n 12 V akku sisältää
 $200 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$.



Esimerkki 2: Kaksi rinnankytkettyä yo. akkua muodostaa yhteensä 400 Ah:n kapasiteetin, 12 V jännitteellä. Ilmaistuna kilowattitunteina kyseessä on siis $400 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 4800 \text{ Wh} = 4,8 \text{ kWh}$. Kapasiteettia on siis luonnollisesti tupla määrä edelliseen esimerkkiin nähden, sillä samanlaisia akkuja oli nyt 2 kpl.



Esimerkki 3: Kaksi 200 Ah:n akkua kytketään sarjaan, jolloin syntyy 200 Ah:n 24-voltin akusto. Energiamäärä on $200 \text{ Ah} \times 24 \text{ V} = 4800 \text{ Wh} = 4,8 \text{ kWh}$. Kapasiteettia on siis tupla määrä esimerkkiin 1 nähden, ja saman verran kuin esimerkissä 2. Samanlaisia akkuja oli edelleen 2 kpl, eikä energiamäärä niissä muutu kytkettäisiin ne rinnan tai sarjaan toisiinsa.



Lyijyakkujen ostajan ABC

22.4.2012, s. 2

REPS

**Renewable Energy
Production Solutions**

Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344

5) Voitko siis käyttää 4,8 kWh aina yön yli? Yleensä et. Joskin akusto jatkaisi virranantoa, elektroniikassa on yleensä nk. "akkuvahti", eli jänniterele, joka katkaisee sen toiminnan, jotta akusto ei purkautuisi liian syvälle. Hyvä syväpurkausakku kestää yleensä hyvinkin monta purkaussykliä (sykli = purkaus ja uudelleenlataus) esim. 50 % syvyyteen. Tuotekorteissa esiintyy yleensä kirjaimet DOD, Depth of Discharge, purkauksen syvyys, eli ilmoitetaan esim. että akku kestää 500 sykliä@DOD50. Akustosta voi siis sen eliniän aikana purkaa puolet sen kapasiteetista 500 kertaa.

6) Miten kauan akku siis kestää? Kesäkäytössä, jolloin akkua tuskin puretaan 20-30 kertaa enempää kesässä, jos sitäkään, tuolla purkausmäärällä akku kestäisi siis parikymmentä vuotta. Akku kuolee siis ennemmin ikäänsä (lyijylevyjen haurastuminen happamassa elektrolyytissä) kuin purkaussyklien määrään. Ellei purkaussyklien määrä siis ole mitoittava, puhutaan akun "design life":sta, eli sen suunnitteluiästä. Tärkein tekijä siinä on lyijylevyjen paksuus, mutta myös lyijyseoksen muiden metallien määrä ja koostumus vaikuttaa. Tavanomaiset AGM-akut kestävät 3-7 vuotta ja parhaat 15 vuotta tai enemmän.

Ympärivuotisessa käytössä purkaussyklien määrä tulee yleensä mitoittavaksi ja etenkin silloin "tulee kalliiksi ostaa halpaa".

Esimerkki 1:

Victron AGM-akku 220 Ah kestää 400 purkaussykliä 50 % DOD. Se kykenee elinikänsä aikana ottamaan ja luovuttamaan $220 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \times 50 \% \times 400 \text{ kertaa} = 528.000 \text{ Wh} = 528 \text{ kWh}$. Koko elinikänsä aikana tuon akun varastoima määrä vastaa siis vain noin 50 eurolla ostettua verkkosähköä. Jos akun hinta on esim. 500 euroa, sähkön hinnasta tulee siis kymmenkertainen verkkosähköön nähden ($500 \text{ €} / 528 \text{ kWh} = 0,95 \text{ €/kWh}$), vaikka saisimme sen energian ilmaiseksi!

Käytä siis teollisesti tuotettua verkkosähköä aina kun on mahdollista ja yritä pitää akustosi koko ajan ylläpitolatauksessa, sikäli kun käytät akkuvarmennusta verkkosähköllesi.

Tilanne on toinen, ellei verkkosähköä ole saatavana!

Esimerkki 2:

6 kpl Rolls 5000-sarjan suurimpia 2-voltin kennoja, 2430 Ah maksaa n. 6940 euroa. Tämä akustosarja kestää 3200 purkaussykliä 50 % DOD. Jos kennot ovat sarjaankytkettyjä, meillä on yhteensä $2430 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 29,16 \text{ kWh}$, jota voi tyhjentää 50 % x 3300 kertaa = $29,16 \text{ kWh} \times 50 \% \times 3200 \text{ kertaa} = 46.656 \text{ kWh}$ sen elinikänsä aikana.

Hintaa tulee n. $6940 \text{ €} / 46.656 \text{ kWh} = 0,15 \text{ €/kWh}$.

"Kallis akusto" on siis huomattavan paljon edullisempi kuin "halpa akusto" ja nyt aika lähellä verkkosähkön hintaa. Tosin energian tuottamiseen, esim. aurinkopaneelien ostamiseen kuluu lisäksi rahaa, joten edelleenkin energian varastoisissa on tilaa tekniselle kehitykselle!



**500 € / 528 kWh = 0,95 €/kWh
varastoitua energiaa eliniän aikana**



**6940 € / 46656 kWh = 0,15 €/kWh
varastoitua energiaa eliniän aikana**

Lyijyakkujen ostajan ABC

22.4.2012, s. 3

REPS

Renewable Energy
Production Solutions

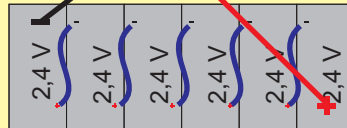
Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344

Miksi puhtaasti sarjaankytketty akusto on parempi kuin useita rinnankytkettyjä akkuja?

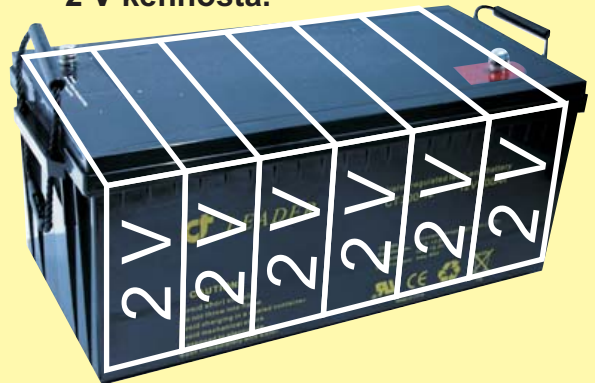
Kun 12 V akkua ladataan, joko laturilla, aurinkolataussäätimellä tai esim. invertterilaturin toimesta, lataustaso nousee ennalta-asetettuun arvoon, esim. 14,4 V.



Terveessä akussa, jonka kennot ovat hyvässä vireessä, tuo 14,4 V jännite jakautuu kuuteen osaan, eli 2,4 V per kenno.



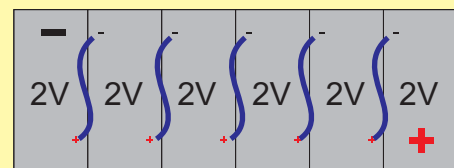
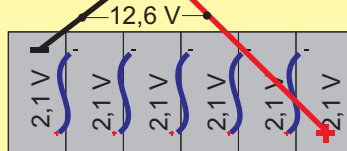
Yksi 200 Ah 12 V akku koostuu kuudesta sarjaankytketystä 2 V kennosta.



Kun lataus loppu (esim. yöllä) täyteen ladattu akku laskee jännitteensä lepojännitetasolle, yleensä noin 12,6 V.



Jännite jakautuu tasan kaikille kennoille, eli 2,1 V/kenno



"12 V" on kuitenkin vain akun nimellisjännite. Todellinen jännite vaihtelee akkutyypistä riippuen välillä:
14,4 V (bulkkilataus)
13,6 V (ylläpitolataus)
12,6 V (lepojännite)
ja jopa 10,5 V tasolle lähes tyhjänä.

Samalla lailla "2 V" kenno vaihtelee noin 1,75-2,4 V välillä.

Jokaisen kennon kapasiteetti on tässä tapauksessa $200 \text{ Ah} @ 2\text{V} = 400 \text{ Wh} = 0,4 \text{ kWh}$.

Lyijyakkujen ostajan ABC

22.4.2012, s. 4

REPS

Renewable Energy
Production Solutions

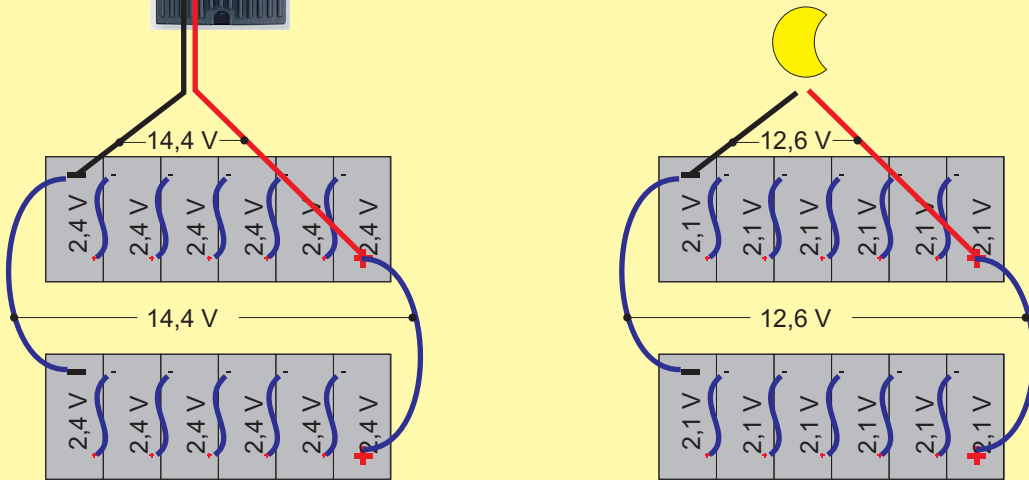
Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344



OutBack Flexmax 60

Kun 2 kpl 12 V akkua kytketään rinnan, molempien plus- ja miinusnavat ovat kuparilla toisissaan kiinni, joka pakottaa molempien akkujen jännitteen samaksi, eli 14,4 V päivällä ja 12,6 V yöllä.

Jos molempien akkujen kaikki kennot ovat kunnossa, jännitteet joka kennossa jakautuvat tasaisesti kuten edellisessä esimerkissä, 2,4 V päivällä ja 2,1 V yöllä.



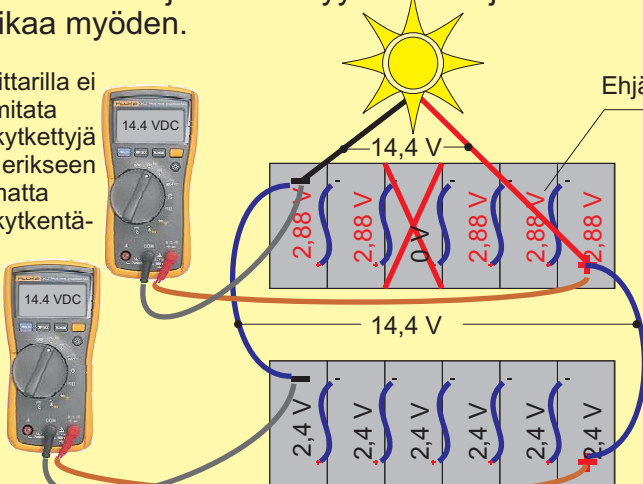
Jos yhden akun yksi kenno saa kennovian (oikosulku = 0 V sen kennon yli), laturi tai lataussäädin jatkaa lataamistaan, kunnes sarjan jännite on tavoiteltu 14,4 V.

Kennoviallisessa akussa, ehjät kennot jakavat nyt tuon 14,4 V viiden kennon kesken, eli $14,4 / 5 = 2,88$ V. Niiden kennojen elektrolyytti kiehuu ja kennot kuivuvat aikaa myöden.

Nämä viisi kennoa hakevat yöllä lepotasojännitteensä 2,1 V, jolloin sen sarjan kokonaisjännite on 10,5 V.

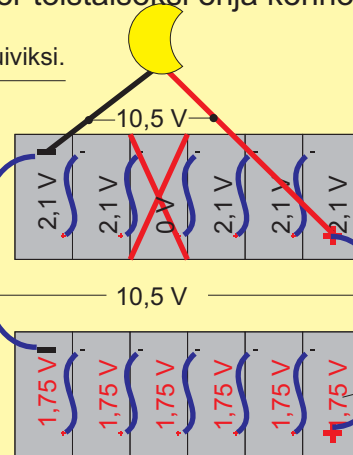
Rinnankytketty akku alkaa syöttämään virtaa rikkinäiseen akkuun kunnes senkin jännite on 10,5, eli vain 1,75 V per toistaiseksi ehjä kenno.

Yleismittarilla ei voida mitata rinnankytkettyjä akkuja erikseen irrottamatta rinnankytkentäjohtot.



Ehjät kennot kiehuvat kuiviksi.

Ehjä akku tyhjenee lähes kokonaan yön aikana.



Ehjän akun kennot tyhjenevät.

Näin ehjänkin akun kennot läpikäyvät joka päivä täydellisen latauksen ja täydellisen purkauksen. Esim. Victronin AGM-akku kestää 200 tällaista 100 % DOD-sykliä, eli koko akusto kuolee täydellisesti noin puolessa vuodessa. Jo ennen sitä, käyttäjä huomaa, että kaikki energia kuluu akkujen lataukseen, eikä käyttöön jää mitään. Jos päivittäinen lataus jää suorittamatta, ehjän akun kennot jäävät täydelliseen syväpurkaustilaan ja pilaantuvat tuotakin nopeammin.

Lyijyakkujen ostajan ABC

22.4.2012, s. 5

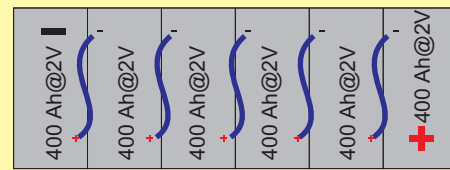
REPS

Renewable Energy
Production Solutions

Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344

Edellä kuvattu ongelma kuvasi täydellistä kennovikaa, eli oikosulkua, jossa yhden kennon napojen välinen jännite oli 0 V. Ongelma on kuitenkin samankaltainen jos yksi kenno vain vanhenee muita nopeammin. Muut kennot siinä akussa ylilatautuvat hieman ja viereiset rinnankytketyt akut syöttävät yöllä virtaa siihen heikompaan akkuun. Sama tapahtuu, jos vanhoihin akkuihin kytketään uusia akkuja rinnan.

Jos kokonaiskapasiteettia siis halutaan nostaa 2,4 kWh:sta 4,8:aan kWh, mutta edelleen on pakko käyttää 12 V nimellisjännitettä on parempi hankkia akusto, jonka kennot ovat á 400 Ah.



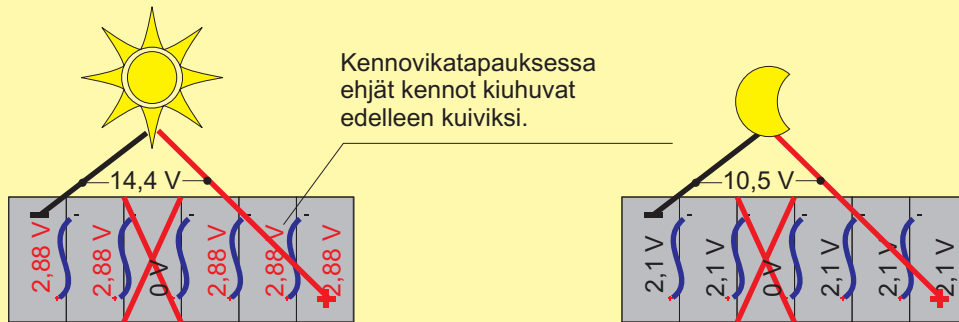
400 Ah@2V = 800 Wh = 0,8 kWh/kenno
= 4,8 kWh jos kuusi kennoa (12 V).

Ongelmaksi muodostuu yleensä:

- että yhden 200 Ah:n akku painaa noin 65 kg. Kaksi kertaa suurempi painaisi siis 130 kg, joka on kohtalaisen raskas käsitellä. Näin ollen houkutus kahden 65 kg akun rinnakkaisyhteykseen onkin suuri. Todennäköisyys kennovialliseen akkuun ei ole niin suuri kahdella akulla, mutta jos rinnan kytketään 5-6 akkuja, niin todennäköisyys kasvaa. Siinä tapauksessa myös taloudellinen tappio on sitä suurempi, kun suurempi määrä ehjiä akkuja kuolevat ennenaikaisesti.

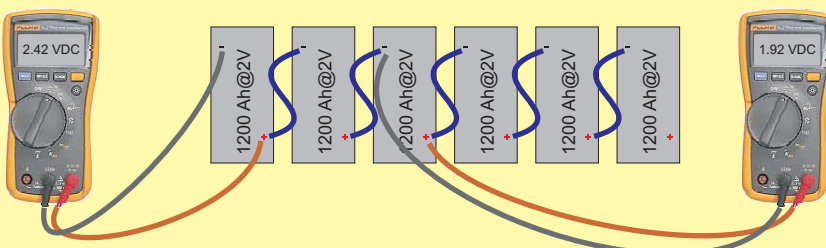
- edelleen, kennovikatilanteessa muut kennot ylilatautuvat. Ne eivät kuitenkaan purkaudu yöllä, eivätkä ehjät kennot kuole läheskään yhtä nopeasti kuin rinnankytketyssä akkutapauksessa.

Yhden kennon vain väsyessä muut ylilatautuvat hieman, mutta kuitenkin aika vähän, eikä yönaikaisia purkaussyklejä tapahdu. Tällainen hieman epätasainen väsyminen tapahtuu maailman joka akussa ja on yleensä otettu huomioon akun ilmoitetussa "design life:ssa", eli suunnitteluiässä.



Mutta muut kennot eivät purkaudu yöllä, eli eivät käy läpi päivittäisiä purkaussyklejä.

Rakentaessa isoa kapasiteettia, etenkin matalalla jännitteellä on usein syytä harkita pienempien, eli helpommin kannettavien akkujen tai jopa 2-V kennojen ostoa. Esim. 65 kg painoisilla kennoilla saa silloin 1200 Ah@2V kennoja, joista voidaan rakentaa yksi yhtenäinen 1200 Ah@12V-sarja, yht 14,4 kWh.



Tällöin mahdolliset kennoviat tai heikoimmin pärjäävät kennot voidaan mitata erikseen ja havaita.

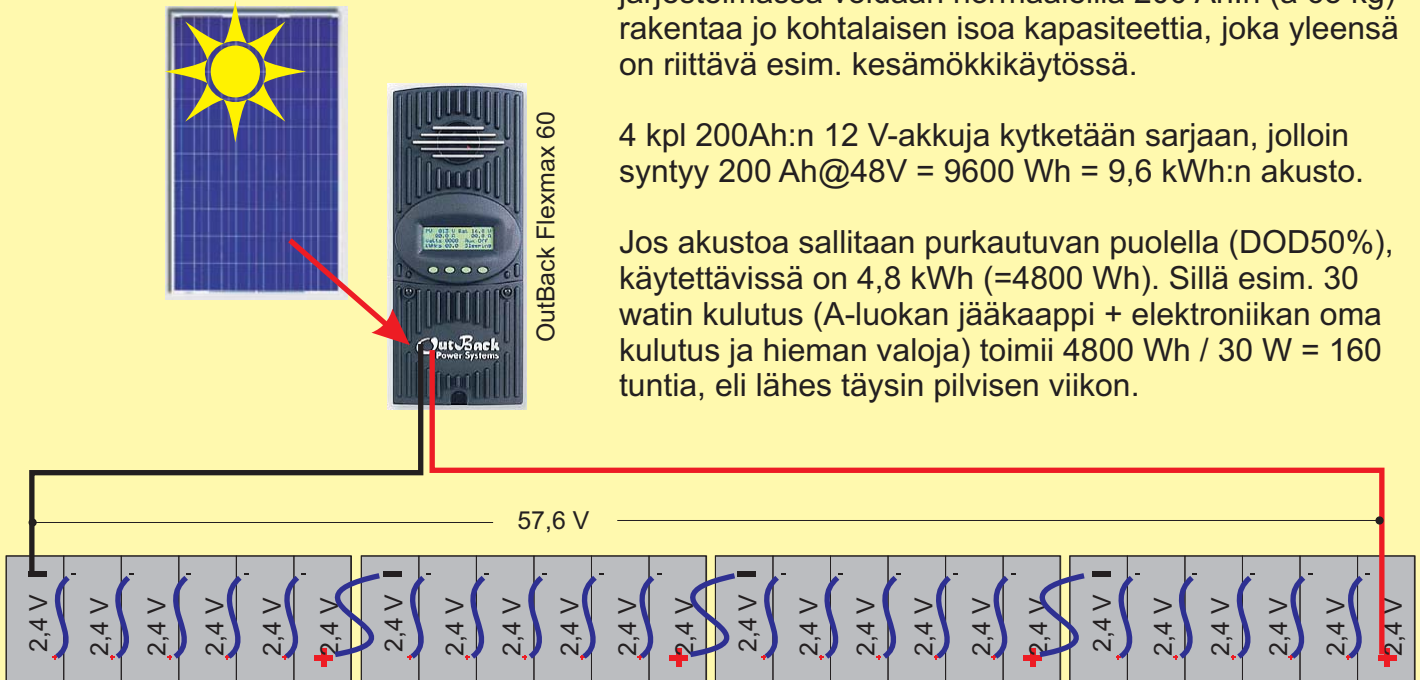
Vikatilanteessa voidaan yksittäinen 2 V kenno vaihtaa kesken sarjan.

Korkeampi järjestelmäjännite? 24 tai 48 V?

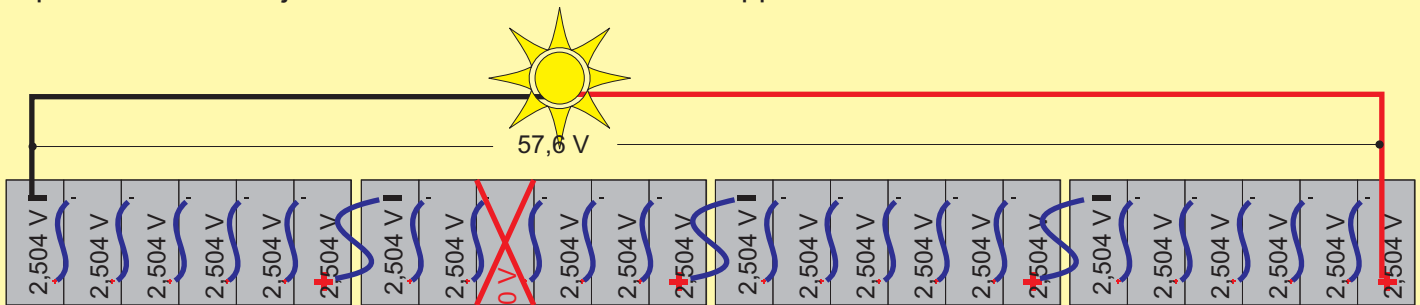
Korkeammalla käyttöjännittellä, esim. 48 V järjestelmässä voidaan normaaleilla 200 Ah:n (á 65 kg) rakentaa jo kohtalaisen isoa kapasiteettia, joka yleensä on riittävä esim. kesämökkikäytössä.

4 kpl 200Ah:n 12 V-akkuja kytetään sarjaan, jolloin syntyy 200 Ah@48V = 9600 Wh = 9,6 kWh:n akusto.

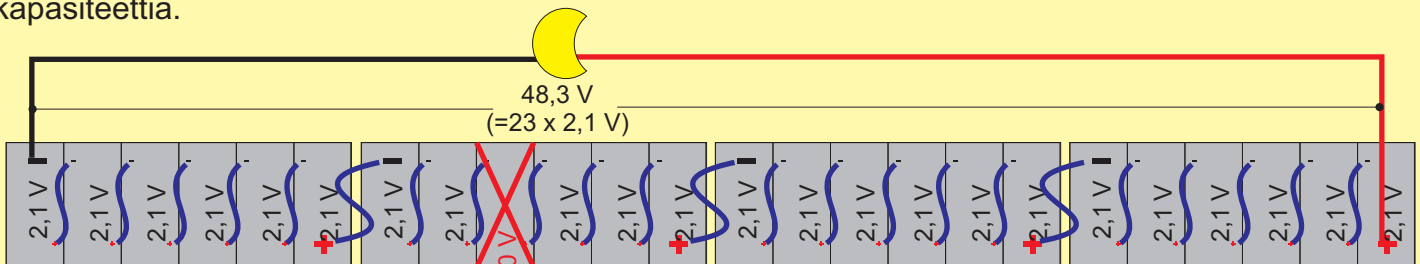
Jos akustoa sallitaan purkautuvan puolella (DOD50%), käytävissä on 4,8 kWh (=4800 Wh). Sillä esim. 30 watin kulutus (A-luokan jääkaappi + elektronikan oma kulutus ja hieman valoja) toimii 4800 Wh / 30 W = 160 tuntia, eli lähes täysin pilvisen viikon.



4 kpl 12 V akkuja sarjassa koostuu itse asiassa 24 kappaleesta 2 V kennoista



Kennoikatilanteessa kokonaislatausjännitettä (57,6 V) jakaa nyt 23 ehjää kennoa. Ehjien kennojen yllälataus on hyväksyttävissä rajoissa, eikä tuollainen pieni jänniteennosto juurikaan laske niiden kapasiteettia.



Yölläkään ei synny purkaussyklejä, vaan koko akusto toimii kuten 23 ehjää 2 voltin kennoa, eli akusto toimii kuin "46-voltin akusto". Kapasiteettia on käytössä 23/24-osa, eli 200 Ah@46 V = 9,2 kWh.

Yksittäistä kennoa ei voida vaihtaa, mutta rikkiäisen akun napojen välinen jännite on helposti mitattavissa ja näyttäisi 2,1 V alemman arvon kuin kolmen ehjän akun jännite. Haluttaessa voi vaihtaa sen akun, etenkin jos akun takuu on vielä voimassa.

Vaihtoehtoisesti voidaan hyvän lataussäätimen, esim. OutBack Flexmax:in latausjännitteitä korjata 23 kennon mukaisesti, eli esim. bulkkilataus = 23 x 2,4 V = 55,2 V.

Lyijyakkujen ostajan ABC

22.4.2012, s. 7

REPS

**Renewable Energy
Production Solutions**

Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344

Esimerkkejä

eri "puhtaiden sarjojen" akustojen kapasiteeteista.

CT Leader, AGM 200 Ah (myös 100 tai 150 Ah saatavana)

500 sykliä 50 % DOD.

Design Life >10v (Eurobat-luokka "high performance 10-12 v).

Takuu 1 v.

12 V: 1 kpl = **2,4 kWh**.

Elinikänsä aikana: 2,4 kWh x 50 % x 500 kertaa = **600 kWh**.

24 V: 2 kpl sarjassa = **4,8 kWh**.

Elinikänsä aikana: 4,8 kWh x 50 % x 500 kertaa = **1200 kWh**.

48 V: 4 kpl sarjassa = **9,6 kWh**.

Elinikänsä aikana: 9,6 kWh x 50 % x 500 kertaa = **2400 kWh**.



Rolls AGM, pienin 85 Ah@12V (25 kg), suurin 3300 Ah@2V (196 kg)

1200 sykliä 50 % DOD.

Valmistettu Kanadassa (ei Eurobat-luokiteltu).

Takuu 5 vuotta

Pienin:

12 V: 1 kpl 85 Ah@12V = **1,02 kWh**. Elinikänsä aikana: **612 kWh**.

24 V: 2 kpl sarjassa = **2,04 kWh**. Elinikänsä aikana: **1224 kWh**.

48 V: 4 kpl sarjassa = **4,08 kWh**. Elinikänsä aikana: **2448 kWh**.



Suurin (muita kapasiteetteja näiden ääripäiden välissä):

12 V: 6 kpl 3300 Ah@2V = **39,6 kWh**. Elinikänsä aikana: **23.760 kWh**.

24 V: 12 kpl sarjassa = **79,2 kWh**. Elinikänsä aikana: **47.520 kWh**.

48 V: 24 kpl sarjassa = **158,4 kWh**. Elinikänsä aikana: **95.040 kWh**.



**Rolls 5000-sarja, pienin 357 Ah@12V (6 erillistä kennoa á 21 kg
ulkokuoren sisällä), suurin 2430 Ah@2V (130 kg)**

3200 sykliä 50 % DOD.

Valmistettu Kanadassa (ei Eurobat-luokiteltu).

Takuu Valmistusvikatakuu 10 vuotta, tehotakuu 15 vuotta

Pienin:

12 V: 1 kpl 357 Ah = **4,3 kWh**. Elinikänsä aikana: **6.854 kWh**.

24 V: 2 kpl sarjassa = **8,6 kWh**. Elinikänsä aikana: **13.709 kWh**.

48 V: 4 kpl sarjassa = **17,1 kWh**. Elinikänsä aikana: **27.418 kWh**.

Suurin (muita kapasiteetteja näiden ääripäiden välissä):

12 V: 6 kpl 2430 Ah@2V = **29,2 kWh**. Elinikänsä aikana: **46.656 kWh**.

24 V: 12 kpl sarjassa = **58,3 kWh**. Elinikänsä aikana: **93.312 kWh**.

48 V: 24 kpl sarjassa = **116,6 kWh**. Elinikänsä aikana: **186.624 kWh**.

Sarjan yksittäiset kennot
voidaan tarvittaessa
vaihtaa.