

Hur räknar man energimängden i en batteribank?

1) Jämför först med vilken tömningstid (urladdningstid) försäljaren meddelar batterikapaciteten. Det oftast använda värdet är 20-timmarsvärdet, vilket är lämpligt för förnyelsebar energi, där batteriet i regel laddas upp av sol på dagen och töms på natten.

Om urladdningstiden inte är angiven, be att få batteriets datablad och titta själv. Tyvärr anger försäljare oftast en så lång urladdningstid som möjligt, t.ex. 100 timmarsvärdet, varvid t.ex. ett "305 Ah"-batteri visar sig vara ett 255 Ah-batteri om man tittar till dess 20-timmarsvärde. Ju snabbare batteriet töms, desto större är urladdningsströmmen och med större ström blir en större del värme. Således är 10-timmarsvärdet för samma batteri ännu lägre, även om vi talar om samma batteri. Man kan alltså jämföra olika batterier sinsemellan vid 10, 20 eller 100-timmarskapacitetsvärdet bara alla batterier jämförs med samma urladdningstid.

REPS Oy Ab försöker alltid ange 20-timmarsvärdet, såvida annat inte anges. Ett sätt att skriva detta är "200 Ah@20h". Ah, dvs. amperetimmar. I detta fall kan batteriet avge en 10 amperes ström i 20 h, $10 \text{ A} \times 20 \text{ h} = 200 \text{ Ah}$.

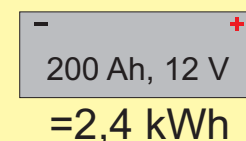
2) Red ut vilken batterispänning vi talar om. 200 Ah i ett 24-voltssystem består av två identiska 200 Ah:s 12-voltsbatterier. Batteribankens energimängd är således svår att ange endast i Ah, om man inte samtidigt känner till vilken batterispänning vi talar om.

3) Ändra Ah x V (spänning, volt) till kilowattimmar, kWh. kWh är den samma bekanta enhet, för vilken vi betalar drygt 0,10 euro/kWh då vi köper ström ur elnätet.

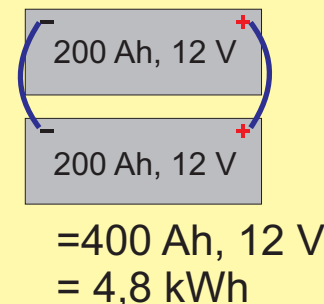
4) Hur ändrar man Ah och V till kilowattimmar?

Spänning gånger ström = effekt, $V \times A = W$, watt. Således är $V \times \text{Ah} = \text{Wh}$, wattimmar och tusen Wh är en kilowattimme, kWh.

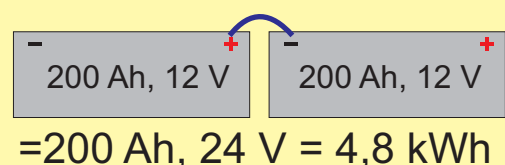
Exempel 1: Ett 200 Ah:s 12 V-batteri innehåller
 $200 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$.



Exempel 2: Två parallellkopplade ovanstående batterier innehåller tillsammans 400 Ah kapacitet vid 12 V spänning. Uttryckt i kilowattimmar har vi $400 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 4800 \text{ Wh} = 4,8 \text{ kWh}$. Självfallet har vi dubbel kapacitet jämfört med exempel 1 då vi nu har två likadana batterier som vi hade ett av i exempel 1.



Exempel 3: Två 200 Ah:s batterier seriekopplas varvid en 200 Ah:s 24-volts batteribank uppstår. Energimängden är $200 \text{ Ah} \times 24 \text{ V} = 4800 \text{ Wh} = 4,8 \text{ kWh}$. Vi har den dubbla kapaciteten jämfört med exempel 1 och samma kapacitet som i exempel 2. Vi har fortfarande två likadana batterier och energiinnehållet ändras inte i dem vare sig vi har dem parallell- eller seriekopplade.



Blybatteriköparens ABC

22.4.2012, s. 2

REPS

**Renewable Energy
Production Solutions**

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

5) Har vi alltså tillgång till 4,8 kWh under natten? Oftast inte. Även om din batteribank skulle fortsätta ge ut ström har elektroniken oftast en sk. "batterivakt", dvs. ett spänningsrelä som bryter strömuttaget för att skydda batteriet mot en för djup urladdning. Ett bra djupurladdningsbatteri tål oftast många urladdningscykler (cykel = ur- och uppladdning) till t.ex. 50 % djup. I databladet anges detta oftast med bokstäverna DOD, Depth of Discharge, urladdningens djup. Man anger t.ex. att batteriet håller 500 cykler@DOD50. Batteriet kan då under sin livstid urladdas till hälften 500 gånger.

6) Hur lång livstid har ett batteri? I sommarbruk, då batteriet oftast urladdas högst 20-30 gånger per sommar skulle batteriet med 500 urladdningscykler hålla i 20 år. Dock förfaller det oftast före det av ålder, då blyplattorna sönderfaller i den sura elektrolyten. Dimensionerande för ett batteri är, förutom urladdningscyklernas antal alltså även den sk. planeringstiden, "design life". En av de viktigaste aspekterna för en lång livslängd är blyplattornas tjocklek, men även andra aspekter, såsom inblandning av andra lämpliga metaller i blylegeringen och batteriets uppbyggnad inverkar. En del AGM-batterier håller 3-7 år, andra 15 år eller mer. Högt temperatur tar likaså livet av batterier.

I året-om-bruk blir urladdningscyklernas antal dimensionerande och speciellt i det fallet "blir det dyrt att köpa billigt".

Exempel 1:

Ett Victron AGM-batteri, 220 Ah håller 400 urladdningscykler 50 % DOD. Det kan under sin livstid ta emot och ge ut $220 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \times 50 \% \times 400 \text{ gånger} = 528.000 \text{ Wh} = 528 \text{ kWh}$. Under hela sin livstid klarar detta batteri alltså av att lagra den ström som vi för cirka 50 euro kan köpa ur elnätet. Om batteriets pris är t.ex. 500 euro blir priset på strömmen alltså tiofaldig ($500 \text{ €}/528 \text{ kWh} = 0,95 \text{ €/kWh}$) jämfört med att hellre köpa den direkt ur elnätet. Detta även om vi kunde få strömmen gratis. Använd alltså industriellt producerad nätström alltid då möjlighet finns och såvida du har batterier främst för backup, håll batterierna på underhålls-laddningsnivå utan energiflöde in eller ut!



**500 € / 528 kWh = 0,95 €/kWh
lagrad energi under sin livstid.**

Om nätström inte finns är läget ett annat!

Exempel 2:

6 st Rolls 5000-seriens största 2-voltsceller, 2430 Ah kostar cirka 6940 euro. Serien håller 3200 cykler 50 % DOD. Om cellerna är seriekopplade har vi totalt $2430 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 29,16 \text{ kWh}$, vilket kan tömmas 50 % x 3200 gånger = $29,16 \text{ kWh} \times 50 \% \times 3200 \text{ gånger} = \text{totalt } 46.656 \text{ kWh}$ under deras livstid.

Pris per lagrad energi = $6940 \text{ €}/46.656 \text{ kWh} = 0,15 \text{ €/kWh}$.

"En dyr batteribank" är alltså avsevärt billigare än "en billig" batteribank och nu ganska nära priset för nätström. Dock måste man ännu investera i energiproduktion, t.ex. solpaneler så än finns det rum för tekniska innovationer för lagring av energi!



**6940 € / 46656 kWh = 0,15 €/kWh
lagrad energi under sin livstid.**

Blybatteriköparens ABC

22.4.2012, s. 3

REPS

Renewable Energy
Production Solutions

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

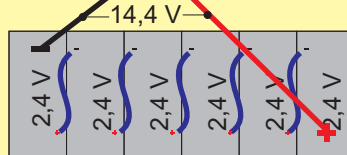
Varför är en rent seriekopplad batteribank bättre än flera parallellkopplade batterier?

Då ett 12 volts batteri laddas, antingen med laddare, solregulator eller med inverterladdare stiger batterispänningen till elektronikens förinställda värde, t.ex. 14,4 V.

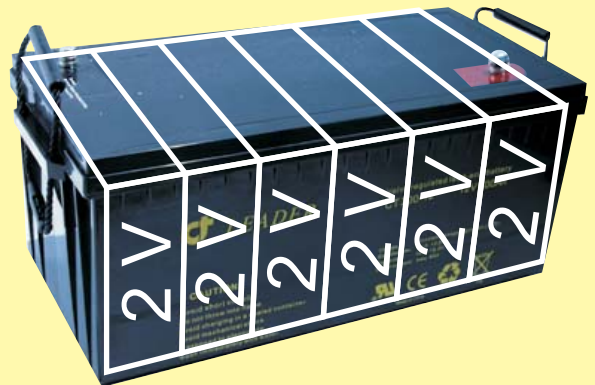


OutBack Flexmax 60

I ett friskt batteri delar cellerna på denna 14,4 V och spänningen delas i sjättedelar, 2,4 V per cell.



Ett 200 Ah 12 V-batteri består av sex seriekopplade 2 voltsceller.

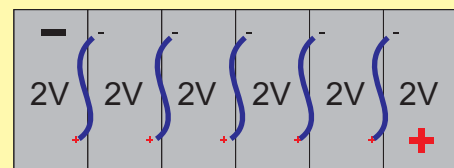
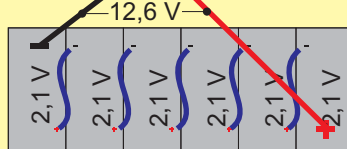


Då laddningen upphör (t.ex. natt) sjunker spänningen i ett fulladdat batteri till dess vilospänning, normalt cirka 12,6 V.



OutBack Flexmax 60

Spänningen fördelas jämnt på de friska cellerna, 2,1 V/cell.



"12 V" är dock endast batteriets nominella spänning. I verkligheten fluktuerar batterispänningen, beroende på batterityp mellan:

- 14,4 V (bulkaddning)
- 13,6 V (underhållsladdning)
- 12,6 V (vilospänning)

och ner till 10,5 V då nästan tomt. "2 V-cellen" varierar då mellan 1,75-2,4 V.

Kapaciteten i varje cell är här 200 Ah@2V = 400 Wh = 0,4 kWh.

Blybatteriköparens ABC

22.4.2012, s. 4

REPS

Renewable Energy
Production Solutions

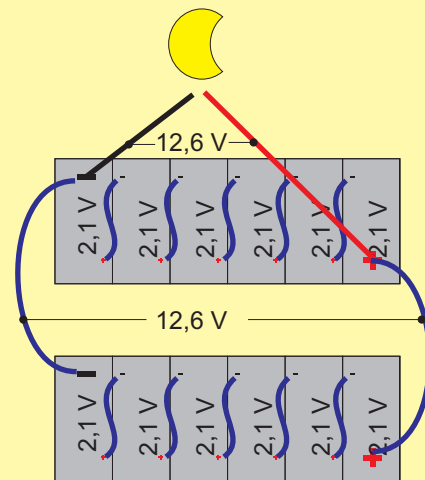
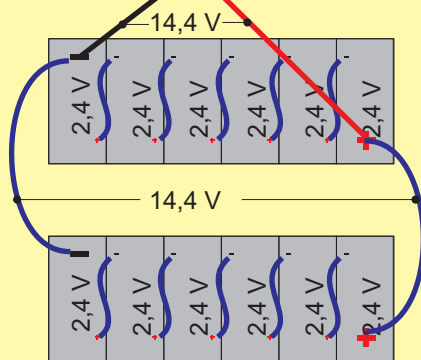
Bockholm, FIN-21760 Houtskär
www.reps.fi, +358-40-5883344



OutBack Flexmax 60

Då 2 st 12 V-batterier kopplas parallellt binds vardera batteriets plus- jämte minuspoler sinsemellan ihop, vilket tvingar batterierna att ha samma spänning, t.ex. 14,4 V på dagen och 12,6 V på natten.

Om båda batteriernas alla celler är i skick fördelar sig spänningen i alla celler såsom i föregående exempel på 2,4 V på dagen och 2,1 V på natten.



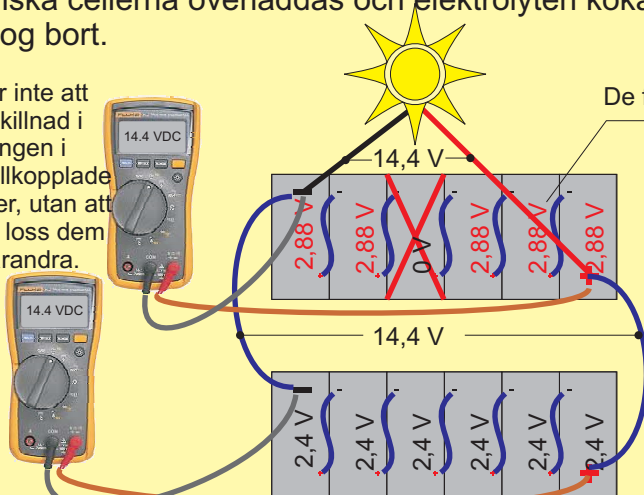
Om en battericell skadas (kortslutning, 0 volt över den cellen), försöker laddaren likväl höja seriens spänning till 14,4 V.

I ett cellskadat batteri är det nu endast fem celler som delar på denna spänning, dvs. $14,4 / 5 = 2,88$ V. De friska cellerna överladdas och elektrolyten kokar tids nog bort.

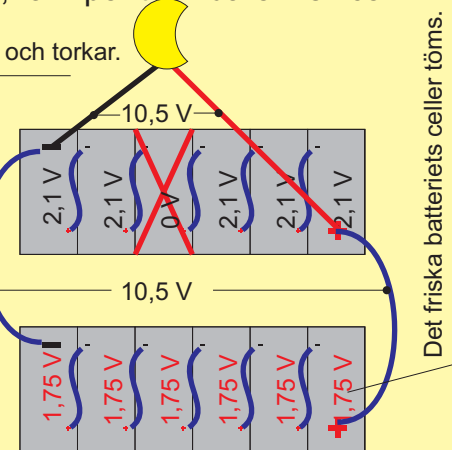
Dessa fem celler lägger sig på natten på sin vilospänning 2,1 V/cell, varvid seriens spänning blir $5 \times 2,1 \text{ V} = 10,5 \text{ V}$.

Det friska batteriet börjar då mata över ström till det skadade, tills även dess spänning ligger på 10,5 V, dvs. endast 1,75 V per tillsvärdare frisk cell.

Det går inte att mäta skillnad i spänningen i parallellkopplade batterier, utan att koppla loss dem från varandra.



Det friska batteriet urladdas nästan helt varje natt.



Så genomgår även det friska batteriets celler en daglig och fullständig urladdning. Tittar vi i t.ex. Victron AGM-batteriets datablad ser vi att ett sådant batteri tål 200 dylika urladdningscykler till 100 % och dör därmed fullständigt på cirka ett halvt år. Redan före det märker användaren, att all energi går åt till att ladda batterier och att det inte blir någon energi över till förbrukning. Om den dagliga uppladdningen uteblir (höst, vinter) förblir batteriet fullt urladdat och dör ännu snabbare.

Blybatteriköparens ABC

22.4.2012, s. 5

REPS

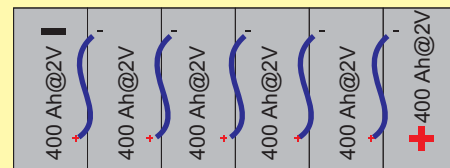
**Renewable Energy
Production Solutions**

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

Föregående exempel utgick från ett fullständigt cellfel, kortslutning = 0 volt över en cell.

Problematiken är densamma, men mindre grov om en cell åldras snabbare än de andra. De övriga cellerna överladdas på dagen och matar ström till den trötta cellen. Samma sker om man kopplar nya batterier parallellt till gamla. Den gamla batteribanken tröttnar snabbt ut även den nya och en gammal batteribank kan således inte "skarvas på".

Om man alltså vill höja batterikapaciteten från 2,4 kWh till 4,8 kWh, men fortfarande är bunden av 12-volts systemspänning bör man skaffa celler med större kapacitet, dvs. å 400 Ah.



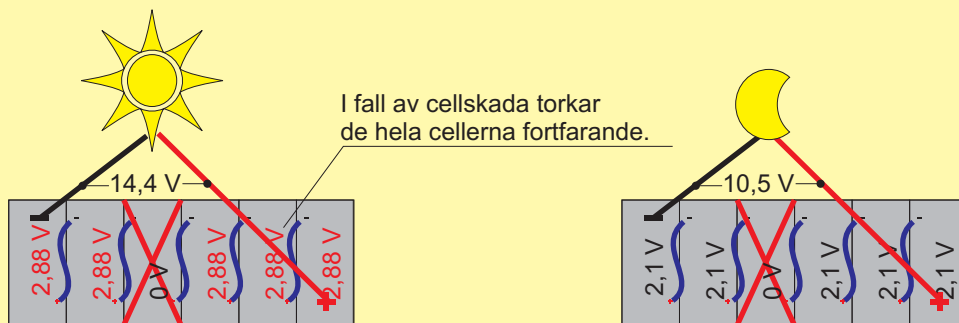
$400 \text{ Ah@}2\text{V} = 800 \text{ Wh} = 0,8 \text{ kWh/cell}$
 $= 4,8 \text{ kWh om sex celler (12 V)}$

Problem som uppstår är vanligen:

- att ett 200 Ah:s batteri väger 65 kg. Ett dubbelt större batteri skulle väga 130 kg och bli svårt att hantera. Frestelsen att parallellkoppla två 65-kilograms klumpar är stor. Risken för cellskada är inte speciellt stor med endast två batterier, men om man parallellkopplar ihop 5-6 batterier stiger sannolikheten att någon cell är sämre än de andra. Även den ekonomiska skadan blir då större då samtliga 5-6 batterier går en för tidig död till mötes.

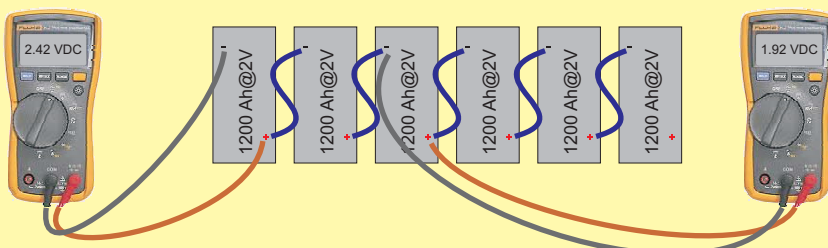
- fortfarande överladdas de andra cellerna ifall en cell är kortsluten. De töms dock inte på natten och skadas därmed inte tillnärmelsevis så snabbt som i det parallellkopplade fallet.

Om en cell bara åldrats lite överladdas de andra endast lite och inga nattliga urtömningar sker. Detta ojämna åldrande sker i alla batterier och är normalt beaktat i batteriets angivna "design life", dvs. dess planerade livslängd.



Men de urladdas inte på natten och genomgår därmed inte dagliga urladdningscykler.

Då man önskar stor kapacitet med låg systemspänning (t.ex. 12 V) är det skäl att överväga mindre och lättare hanterbara batterier, rentav enskilda 2-voltsceller. Med t.ex. 65 kilograms 1200 Ah@2V-celler, kan man då bygga en enhetlig serie med 1200 Ah@12V, totalt 14,4 kWh kapacitet.



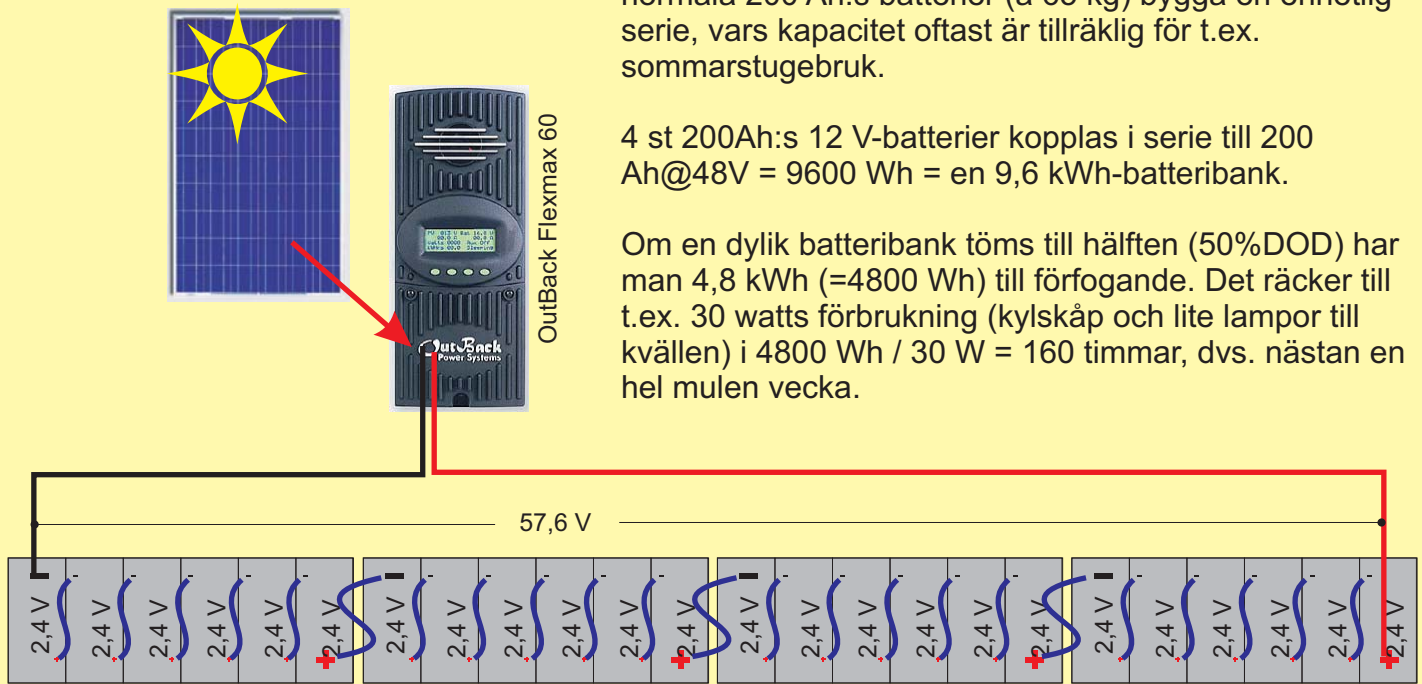
Enskilda celler kan då mätas skilt och eventuella "rötägg" kan bytas ut mitt i serien - även i ett senare skede trots att andra celler är äldre.

Högre systemspänning? 24 eller 48 V?

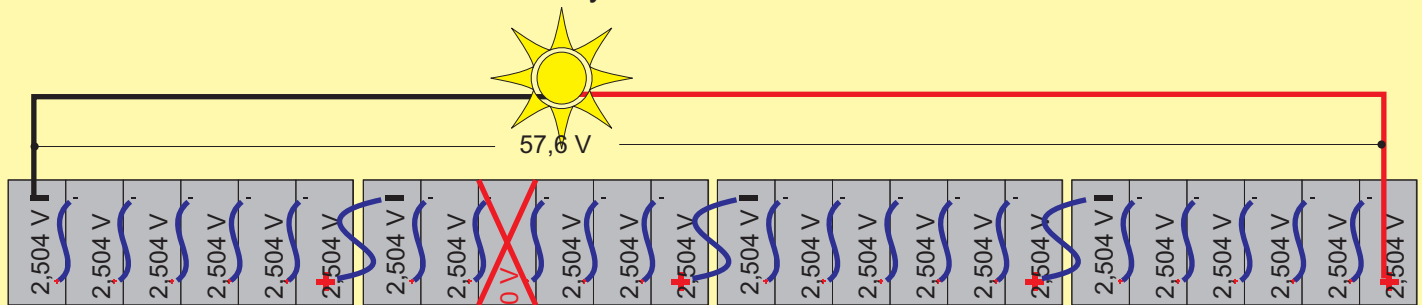
Med högre systemspänning, t.ex. 48 V kan man med normala 200 Ah:s batterier (å 65 kg) bygga en enhetlig serie, vars kapacitet oftast är tillräcklig för t.ex. sommarstugebruk.

4 st 200Ah:s 12 V-batterier kopplas i serie till 200 Ah@48V = 9600 Wh = en 9,6 kWh-batteribank.

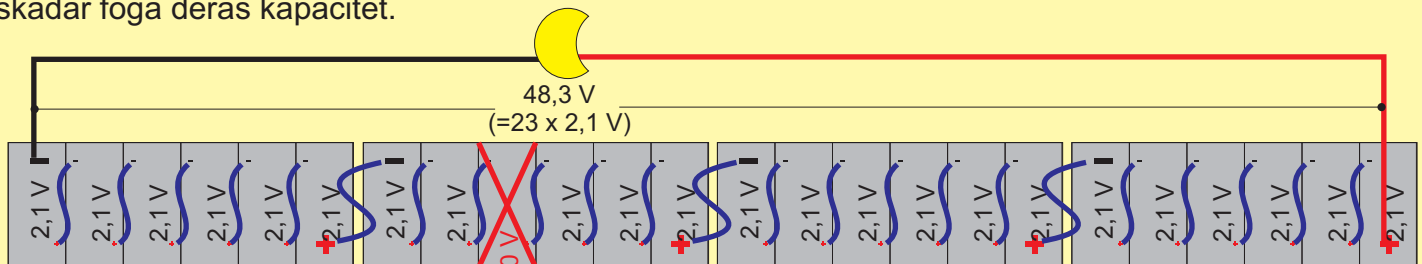
Om en dylik batteribank töms till hälften (50%DOD) har man 4,8 kWh (=4800 Wh) till förfogande. Det räcker till t.ex. 30 watts förbrukning (kylskåp och lite lampor till kvällen) i 4800 Wh / 30 W = 160 timmar, dvs. nästan en hel mulen vecka.



4 st 12 V-batterier består de facto av 24 stycken 2-voltsceller.



I fall av en cellskada fördelar sig den totala laddningsspänningen (nu 4 x 14,4 V = 57,6 V) på 23 hela celler. De hela cellernas överladdning är därmed endast marginell och en dylik liten överladdning skadar föga deras kapacitet.



På natten sker ingen urladdning, utan batteribanken fungerar som 23 st hela 2-voltsceller, dvs. som "en 46-volts batteribank". Vi har fortfarande 23/24-delar kapacitet kvar, dvs. 200 Ah@46 V = 9,2 kWh. En enskild cell kan inte mätas och bytas ut, men de enskilda 12-voltsbatterierna kan mätas mellan sina poler och ett cellskadat batteri skulle uppvisa 2,1 V lägre spänning än de andra och skadan kunde därmed identifieras. Det batteriet kan då bytas ut, speciellt om batteriets garanti ännu är i kraft. Alternativt kan man med en bra solladdningsregulator, t.ex. OutBack Flexmax justera laddningsvärdena enligt 23 celler, t.ex. bulk-laddningsvärdet till 23 x 2,4 V = 55,2 V.

Blybatteriköparens ABC

22.4.2012, s. 7

REPS

**Renewable Energy
Production Solutions**

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

Exempel på olika kapaciteter med "rena batteriserier".

CT Leader, AGM 200 Ah (även 100 eller 150 Ah finns att tillgå)
500 cykler 50 % DOD.
Design Life >10v (Eurobat-klass "high performance 10-12 år).
Garanti 1 år.

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

Under sin livstid: 2,4 kWh x 50 % x 500 ggr = **600 kWh**.

24 V: 2 st i serie = **4,8 kWh**.

Under sin livstid: 4,8 kWh x 50 % x 500 ggr = **1200 kWh**.

48 V: 4 st i serie = **9,6 kWh**.

Under sin livstid: 9,6 kWh x 50 % x 500 ggr = **2400 kWh**.



AGM-batterier är helt slutna och varken kan eller skall fyllas på med vatten.

Rolls AGM, minsta 85 Ah@12V (25 kg), största 3300 Ah@2V (196 kg)

1200 cykler 50 % DOD.

Tillverkat i Kanada (ej Eurobat-klassat).

Garanti 5 år.

Minsta:

12 V: 1 st 85 Ah@12V = **1,02 kWh**. Under sin livstid: **612 kWh**.

24 V: 2 st i serie = **2,04 kWh**. Under sin livstid: **1224 kWh**.

48 V: 4 st i serie = **4,08 kWh**. Under sin livstid: **2448 kWh**.

Största (övriga kapaciteter mellan dessa ytterligheter):

12 V: 6 st 3300 Ah@2V = **39,6 kWh**. Under sin livstid: **23.760 kWh**.

24 V: 12 st i serie = **79,2 kWh**. Under sin livstid: **47.520 kWh**.

48 V: 24 st i serie = **158,4 kWh**. Under sin livstid: **95.040 kWh**.



Seriens enskilda 2-V-celler kan vid behov bytas ut.

Rolls 5000-serie, minsta 357 Ah@12V (6 skilda celler á 21 kg inne i yttertråget), största 2430 Ah@2V (130 kg)

3200 cykler 50 % DOD.

Tillverkad i Kanda (ej Eurobat-klassad).

Garanti: Tillverkningsfel 10 år, effektgaranti 15 år.

Minsta:

12 V: 1 st 357 Ah = **4,3 kWh**. Under sin livstid: **6.854 kWh**.

24 V: 2 st i serie = **8,6 kWh**. Under sin livstid: **13.709 kWh**.

48 V: 4 st i serie = **17,1 kWh**. Under sin livstid: **27.418 kWh**.

Största (övriga kapaciteter mellan dessa ytterligheter):

12 V: 6 st 2430 Ah@2V = **29,2 kWh**. Under sin livstid: **46.656 kWh**.

24 V: 12 st i serie = **58,3 kWh**. Under sin livstid: **93.312 kWh**.

48 V: 24 st i serie = **116,6 kWh**. Under sin livstid: **186.624 kWh**.



Öppna batteriers vätskenivå skall kontrolleras och fyllas på med destillerat vatten.