

OM STRÖMFÖRBRUKNING, BATTERIER OCH GENERATORER I BÅTAR.

Ett kompendium av Jan Brogren.

Något om ellärans grunder

För att förstå diskussionerna senare i texten, repeterar jag några av de regler och lagar om ellära som de flesta av oss fick lära sig i skolan.

Ohms lag: Spänningsfallet (U) i en ledning är lika med motståndet (R) i ledningen, gånger strömstyrkan (I) som går igenom ledningen.
 $U = R \times I$.

Det betyder att man till ett 12 volts batteri ansluter en strömförbrukare som drar exempelvis 2 ampere, via en ledning som har ett motstånd på 1 ohm så förlorar man 2 volt på vägen och strömförbrukaren erhåller endast 10 volt.

Effektlagen: Effekten (P) hos en strömförbrukare är lika med spänningen (U) vid strömförbrukaren gånger den strömstyrka (I) som strömförbrukaren använder sig av.
 $P = U \times I$.

Det betyder att om en 12 volts lampa drar 2 ampere är lampans effekt 24 watt. Omvänt kan man också räkna ut strömförbrukningen hos en 12 volts lampa som är märkt 18 watt genom att dividera 18 med 12. Strömförbrukningen blir således 1,5 ampere.

Strömförbrukare

Det finns många strömförbrukare i en modern båt. Jag har sammanställt en lista här nedan som visar strömförbrukningen hos de vanligaste elförbrukarna ombord:

Förbrukare	Strömförbrukning (A)
En 18 W lanterna	1,5
Innerbelysning 25 Watts glödlampa	2,1
Innerbelysning 6 Watts glödlampa	0,5
Kylbox	1,5 – 5
TV-mottagare	2 – 5
Bilradio	0,2 – 2
Båtvärmare med fläkt:	
• Uppstart	5 – 10
• Under gång	1,5 – 3
Autopilot	0,2 – 2
Logg	0,2
Radar	3 – 5
GPS	0,1 – 1

VHF-radio:	
• Lyssning	0,1 – 0,6
• Sändning	2 – 6
Startmotor	Ca 100
Ankarspel	70 - 100

Rent intuitivt inser man att en apparat som drar lite ström, som en GPS-navigatör, kan vara tillslagen länge utan att tömma batteriet, medan ett ankarspel drar ur batteriet illa kvickt. Det fina är att man kan räkna ut en apparats kapacitetsbehov genom att multiplicera strömförbrukningen hos apparaten med hur lång tid den ska vara tillslagen. Om man till exempel vill ha VHF-radion på hela dygnet för att inte missa ett eventuellt anrop blir kapacitetsbehovet 24 timmar gånger strömförbrukningen för lyssning 0,3 ampere, det vill säga 7,2 amperetimmar (Ah).

Om man sedan tittar på sitt batteri i båten hittar man en påstämplad siffra som visar batteriets maximala kapacitet. På vanliga batterier som är vanliga i båtar brukar siffran vara 70 Ah, vilket betyder att VHF-mottagaren teoretiskt skulle kunna stå på nio till tio dagar innan strömmen tar slut. Observera att jag säger teoretiskt, hur det ser ut i praktiken kommer vi till senare.

Elbudget

När vi nu har lärt oss att räkna ut kapacitetsbehovet för de olika strömförbrukarna kan vi göra upp en "elbudget" för att se om batterikapaciteten räcker. Så här kan en elbudget för en 24 timmar lång segling se ut:

Förbrukare	Strömförbrukning (A)	Använd tid (h)	Kapacitetsbehov (Ah)
Tre lanternor	4,5	6	27
Innerbelysning	1,5	6	9
Kylbox	1,5	24	36
Vindinstrument	0,2	24	4,8
Logg	0,2	24	4,8
GPS-navigatör	0,3	24	7,2
VHF:			
• Lyssning	0,2	24	4,8
• Sändning	6,0	0,1	0,6

Det sammanlagda kapacitetsbehovet blir 94,2 Ah.

Har man då enbart ett batteri med den påstämplade (teoretiska) kapaciteten 70 Ah ser man att strömmen inte kommer att räcka. Som vanligt i budgetsammanhang får man gå tillbaka i listan för att se om och vad man kan ta bort. Tre lanternor har ett behov av 27 Ah. Man kan inte segla nattetid utan lanternor, men man borde överväga att köpa en kombinationslanta i masttoppen och på det sättet få ned behovet till 9 Ah, en minskning på 18 Ah. Det radikala greppet är dock att stänga av

kylaggregatet, vilket ger en minskning på hela 36 Ah. Det här visar att elektriska kylaggregat måste användas med försiktighet på segelbåtar om man inte kör mestadels med motor, har solpanel eller har mycket stor batterikapacitet.

Batterier

Nu har vi diskuterat strömförbrukningen och kapacitetsbehov och berört batterier och deras kapacitet mer teoretiskt, men hur ser det ut i verkligheten? Hur fungerar egentligen ett batteri?

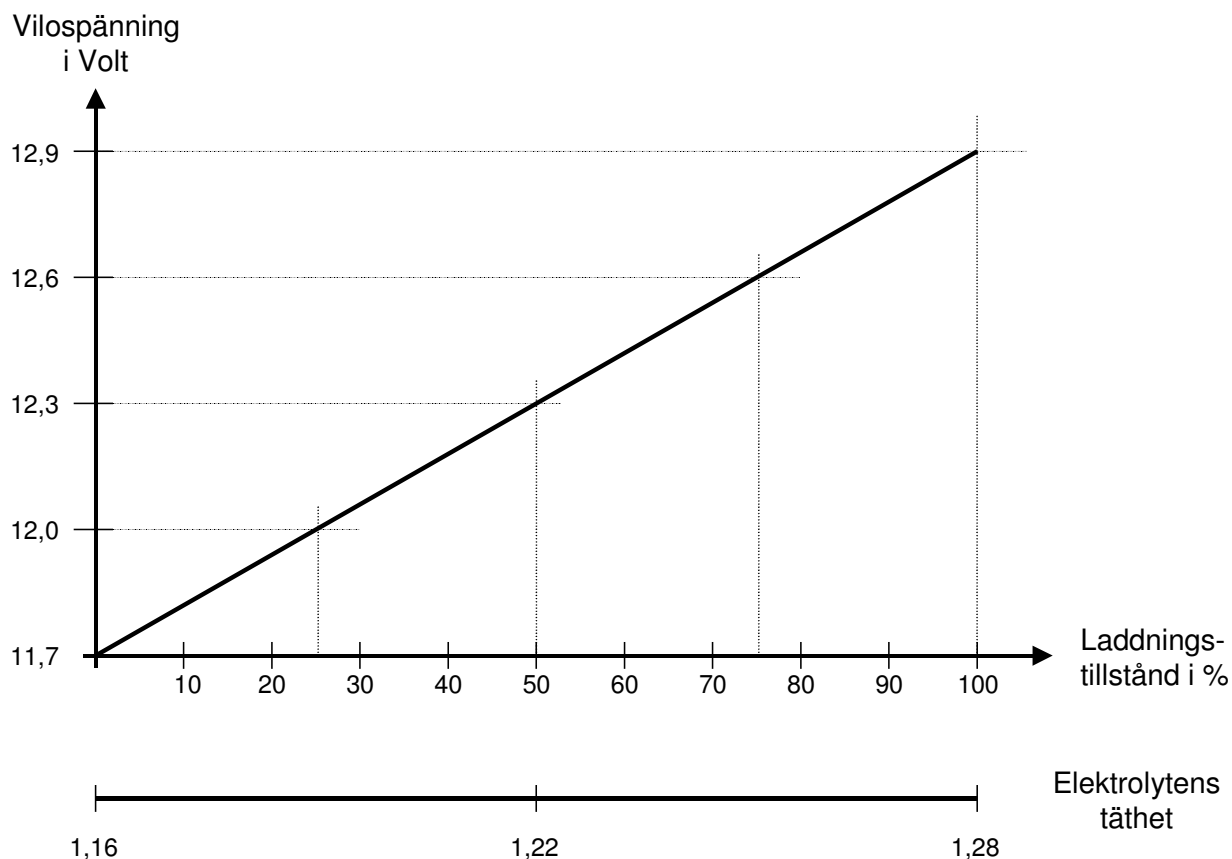
Den vanligaste batteritypen ombord är blybatteriet. Det finns andra typer, till exempel NiFe-batterier men de är så sällsynta att jag inte berör dem här.

Konstruktion och funktion

Blybatteriet består av ett antal ackumulatorceller. Dessa celler har egenskapen att kunna omvandla elektrisk energi till kemisk energi, som sedan åter kan tas ut som elektrisk energi. Den positiva elektroden består av blydioxid och den negativa av rent bly. Elektrodena är nedsänkta i en vätska, elektrolyten, som består av svavelsyra utspädd i destillerat vatten. Varje cell kan ge 2 volt, därför behövs det sex seriekopplade celler för att ge batteriet en spänning av 12 volt.

När man ansluter exempelvis en lampa till batteriet börjar det leverera energi genom en kemisk reaktion inuti batteriet. Under avgivandet av elektrisk energi övergår de positiva plattorna från blydioxid till blyulfat och de negativa plattorna från bly till blyulfat. För att göra detta kemiskt möjligt åtgår det svavelsyra som finns i elektrolyten. Det betyder att när man laddar ur ett blybatteri så lakas elektrolyten ur från svavelsyra till vatten. Om man vill ladda upp ett batteri blir den kemiska reaktionen den omvända, det vill säga elektrolyten blir syrastarkare samtidigt som plattorna återgår till blydioxid respektive rent bly. Man kan alltså ta reda på batteriets laddningstillstånd genom att mäta elektrolytens syrainnehåll. Detta görs enklast genom att mäta syrans täthet (specifika vikt), som vid +20 °C är 1,28 vid fulladdat tillstånd och 1,16 vid ett nästan urladdat tillstånd. Att mäta laddningstillståndet med hjälp av en syramätare är emellertid slaskigt och omständligt varför metoden inte kan användas annat än vid något enstaka tillfälle.

Ett annat enklare sätt går ut på att mäta batteriets så kallade vilospänning, det vill säga spänningen över polerna när man inte belastar batteriet. Figuren nedan visar förhållandet mellan vilospänning och laddningstillstånd för ett fritidsbatteri. Som framgår av figuren måste spänningen mätas mycket noggrant, helst med en digitalt visande voltmeter. Mätningen bör helst ske vid batteritemperaturen +20 °C men skillnaden är inte stor vid andra temperaturer. Dessutom kan man inte mäta vilospänningen direkt efter en uppladdning, utan man bör vänta en timme eller två innan man mäter. En god regel kan vara att man mäter vilospänningen på morgonen innan frukost. Metoden är alltså inte helt exakt och tillförlitlig men genom att den är enkel och praktisk ger den ändå en acceptabel bild om laddningstillståndet hos batteriet.



Förhållandet mellan vilospänning och laddningstillstånd

Ett bra sätt att hålla reda på batteriets laddningstillstånd är att kontinuerligt mäta strömflödet in och ut ur batteriet över tiden. Då kan man se hur många Ah som gått in i batteriet och hur många som gått ut. Sådana tankmätare för el finns att köpa men de kostar ganska mycket. Problemet här är att all elektrisk energi som tillförs batteriet inte övergår till kemisk energi. Batteriet tillgodogör sig inte all laddning det får. Batteriet har, lika lite som allt annat, inte 100 % verkningsgrad beroende på ålder, skötsel, antal djupurladdningar, användningscykler och så vidare. Eftersom inte mätarna känner till detta tar man till vissa antaganden och får därför inte heller med den här metoden en riktigt rättvisande bild av laddningsläget.

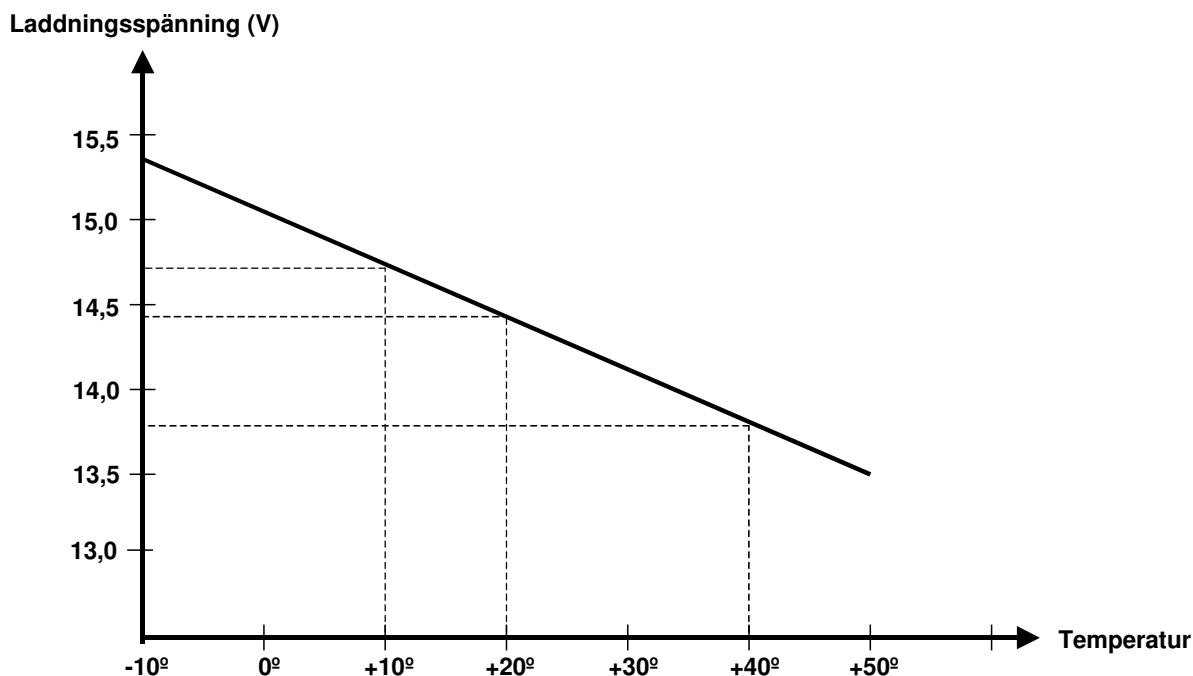
Kapacitet

Som jag tidigare nämnde anges batterikapaciteten i enheten amperetimmar (Ah) och att ett vanligt värde för ett fritidsbatteri är 70 Ah. Detta innebär att en lampa som drar 1 ampere kan lysa i 70 timmar innan strömmen tar slut, medan ett ankarspel som drar 70 ampere fungerar enbart i en timme. I verkligheten kan man dock aldrig få ut all ström som står påstämplat. Spänningen kommer att sjunka, vilket betyder att lampan kommer att slockna successivt och ankarspelet kommer att gå långsammare för att så småningom helt stanna. Dessutom förstör man batteriet genom att utsätta det för ett flertal djupa eller totala urladdningar. Kapaciteten sjunker också med temperaturen. Vid -20°C kan man till exempel bara få ut hälften av batteriets kapacitet jämfört vid $+20^{\circ}\text{C}$. En vettig tumregel blir därför att i strömbudgetberäkningar aldrig använda mer än

hälften av batteriets påstämlade värde, det visa säga 35 Ah för ett 70 Ah batteri. Detta för att gardera sig för att verkligen få tillgång till förväntad energi men också för att spara batterierna från förödande djupurladdningar.

Laddning

Den ström som vi tar ut från batteriet måste vi också ersätta genom att ladda batteriet. Normalt sker detta automatiskt av generatoren som drivs av motorn, men det kan också ske med hjälp av ett separat laddningsaggregat eller exempelvis solceller eller vindgenerator. Att ladda ett batteri är en känslig operation. Laddningsströmmen får inte vara för stark för då kokar batterisyran, men inte heller för svag för då händer nästan ingenting och batteriet blir aldrig laddat. Som normalvärde för optimal laddningsström gäller 0,1 - 0,2 gånger det påstämlade kapacitetsvärdet, cirka 10 ampere för vårt 70 Ah batteri. Då kan batteriet tillgodogöra sig nästan all den energi som det får. Batteriet förstörs dock inte om det en kortare tid laddas med betydligt starkare ström men det kan inte ta till sig all energin utan den ombildas till värme. Mer än 40 ampere kan accepteras för en kort tid, bara inte värmen som produceras i batteriet får temperaturen i det att överstiga +40°C. Vid all laddning är det dessutom mycket viktigt att laddningsspänningen är den rätta.

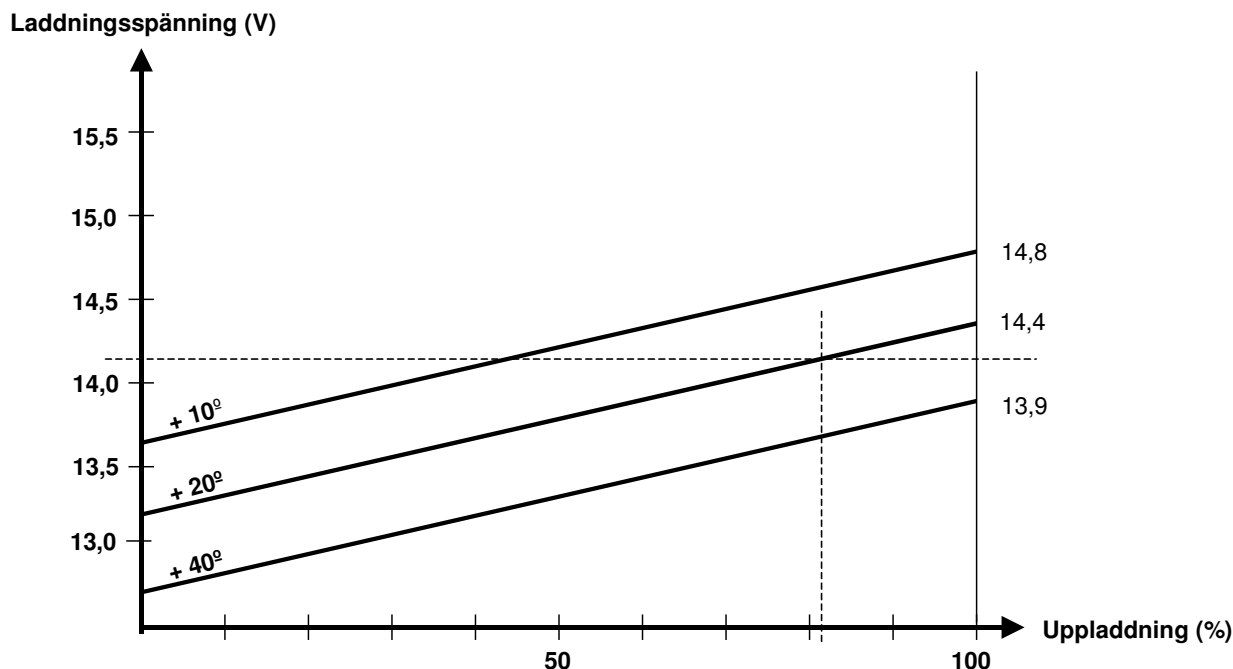


Maximal laddningsspänning som funktion av temperaturen

Figuren ovan visar vilken laddningsspänning som ett batteri måste ha vid olika temperaturer för att det ska bli fulladdat. Man ser av figuren att laddningsspänningen vid +20°C batteritemperatur skall vara 14,4 volt. Vid -10°C ska den höjas till 15,4 volt, och vid +50°C måste den minskas till 13,5 volt.

Vad händer då om laddningsspänningen blir för hög? Jo då inträffar en så kallad

gasning, vilket innebär att elektrolytens vatten sönderdelas till vätgas och syrgas det vill säga knallgas vilken är mycket explosiv och lätt kan antändas av en låga eller gnista.



Förhållandet mellan laddningsspänning och uppladdning vid olika temperaturer

Om däremot laddningsspänningen är för låg kommer batteriet aldrig att bli fulladdat hur länge vi än håller på och laddar. Figuren ovan visar den laddningsnivå ett batteri uppnår för olika laddningsspänningar vid tre olika temperaturer +40°C, +20°C respektive 10°C. Om vi följer kurvan för +20°C finner vi att om vi vill ha batteriet fulladdat till 100% måste laddningsspänningen hålla 14,4 volt. Laddar vi däremot med en spänning av 14,1 volt, det vill säga tre fuffiga tiondels volt under det riktiga värdet, kommer inte batteriet att någonsin laddas till mer än ca 80%. Laddas batteriet vid en temperatur av -10°C med 14,4 volt blir det bara halvladdat. Av kurvorna lär vi oss alltså att hur viktigt det är att laddningsspänningen är exakt den rätta för att över huvud taget få batterierna laddade ordentligt. Jag återkommer till det här problemet senare, men först några ord om placering och förvaring av batterier.

Installation

När man installerar batterier bör man naturligtvis tänka på att placera dem så att de inte kan välta och ställa till allsköns oreda och förstörelse. Man bör dessutom också tänka på knallgasriskerna som nämndes tidigare. Batterierna skall placeras i ett vädrat utrymme så att eventuell gas inte samlas och kan antändas. Gasen är dock lättare än luft och kommer därför inte att samlas i kölsvinet som gasolgasen gör.

Det är tveksamt att placera batteriet i motorutrymmet i båten. Inte bara för

antändningsrisken utan också därför att motorutrymmet är ganska instängt och därför lätt kan få en temperatur som överstiger de 40° som ett batteri kan klara under laddning för att undvika kokning. Slutsatsen är att batteriet lämpligen bör placeras i kölsvinet med vettig utvädring.

Att man skall ha ordentligt grova kablar från generatoren till batteriet samt perfekta anslutningsdon till batteripolerna förstår vi nu när vi vet hur viktigt det är att laddningsspänningen är korrekt. Om vi tappar några tiondels volt på vägen från generatoren till batteriet på grund av klena ledningar eller dåliga kontakter, får vi aldrig ett ordentligt laddat batteri.

Förvaring

Beträffande förvaringen av batterier och speciellt vinterförvaring har jag aldrig begripit varför folk släpar hem batterierna från båten på hösten. Det är tungt och det är lätt att dra på sig såväl ryggskott som fräthål på kläderna av batterisyran. Nej, batterierna och man själv mår bättre om de får vara kvar i den kalla båten under vintern än att stå inne i ett varmt garage eller källare. Anledningen till detta har att göra med den så kallade självurladdningen. Det förhåller sig nämligen så att alla batterier laddar ur sig själva om de får stå utan att användas. Nya fräscha batterier kan stå lagrade avsevärd tid utan problem, men använda och trötta batterier kan ladda ur sig själva på två veckor. Anledningen är kemiskt komplicerad och därför onödig att gå in på här.

Självurladdningen går fortare i värme än i kyla. Om man förvarar ett nytt fulladdat batteri en frysbox vid -20°C försvinner över en vinter bara 5 till 10% av kapaciteten genom självurladdning, medan kanske 50% försvinner vid +20°C. Så tänker man inte underhållsladda sitt batteri under vintern utan bara låta det stå, är det bättre för batteriet och ryggen om det får vara kvar i båten. En viktig sak att tänka på innan batteriet lämnas för vintern i båten är dock att batteriet är ordentligt laddat. Om batteriet är dåligt laddat finns det mycket vatten i elektrolyten och vatten fryser som bekant till is när det blir kallt. Eftersom is tar större plats än vatten kommer batteriet att spricka vilket för med sig att när det blir mildare kommer den frätande elektrolyten att läcka ut i båten. I ett fulladdat batteri fryser inte elektrolyten till is förrän vid -70°C, en temperatur som tack och lov är sällsynt i våra trakter. Ett halvaddat batteri klarar -30°C. Ett urladdat batteri som innehåller nästan enbart vatten fryser så fort det blir köldgrader.

Generatorer och laddningsregulatorer

Det vanligaste sättet att ladda batteriet är att använda generatoren som finns på alla inombordsmotorer och på de större utombordarna. Det finns normalt två typer likströmgenerator och växelströmgenerator. Hur dessa fungerar i detalj skall jag inte gå in på här, men det kan sägas att den modernare växelströmgenerator har större kapacitet än likströmgenerator. Den snurrar också med ett lägre varvtal än likströmgenerator och håller därför längre. Båda typerna erfordrar dock en laddningsregulator för att fungera tillfredsställande. Kraven på laddningsregulatorn känner vi nu till upp med kunskapen från tidigare diskussioner:

- Laddningsspänningen måste regleras tillräckligt högt för att batteriet skall laddas fullständigt men inte för högt så att batteriet börjar gasa.

- Laddningsströmmen ska regleras till maximalt 10 ampere för ett 70 Ah batteri under längre tid men kan tillåtas vara högre under kortare tid, bara inte batteriet blir för varmt.

Av den anledningen har alla regulatorer mer eller mindre sofistikerade elektriska kretsar som avkänner och reglerar spänning och ström till batteriet. Eftersom laddningsspänningen är beroende av batteritemperaturen finns också vanligen en temperaturavkännande anordning i regulatorn. Den, som det brukar stå i läroböckerna, intelligente läsaren inser nu att det kan uppstå konflikter med den här konstruktionen. Låt oss anta att batteriet är placerat i kölsvinet för att vara ur vägen och dessutom ha en jämn och lagom låg temperatur medan generatorn sitter fast på motorn. Avståndet mellan generator och batteri kan då bli så stort att det finns risk för spänningsfall i ledningarna. Regulatorn däremot sitter ofta på generatorn i motorrummet där temperaturen är betydligt högre än batteriutrymmet. Så om regulatorn känner att temperaturen är 40° reglerar den utspänningen till batteriet till maximalt 13,9 volt. Batteriet har en temperatur av till exempel 10° och vill ha 14,8 volt för att bli fulladdat men får bara 13,9 eller kanske ännu mindre beroende på spänningsfall i ledningarna. Resultatet blir att batteriet inte får den spänning det behöver för att bli ordentligt laddat. Anledningen till att det är på det här sättet, är att man normalt konstruerat generatorer och regulatorer för användning i bilar och monterat dem i båtar utan att reflektera över att det är en helt annan arbetsmiljö i en båt än under motorhuven i en bil.

Följaktligen är de två vanligaste anledningarna till dåligt laddade batterier i båtar spänningsfall i laddningsledningarna och dålig temperaturmatchning mellan regulator/generator och batteri .

För att kontrollera spänningsfallet bör man först mäta med den digitala voltmetern spänningen mellan gods och generatorns pluspol när generatorn laddar för fullt. Var försiktig så att inte skjortan eller tröjan fastnar i drivremmen. Kom ihåg värdet. Mät sedan spänningen mellan batteriets båda poler. Är spänningen där lägre finns det ett spänningsfall, som om det är större än 0,1 till 0,2 volt kommer att påverka batteriets möjlighet att bli fulladdat.

Om generatorspänningen är för låg med hänsyn till batteritemperaturen kommer aldrig batteriet att bli fulladdat hur bra kablar man än har mellan generator och batteri.

Vad man ska göra för att förbättra situationen om generatorn har rätt spänning i förhållande till batteritemperaturen och det enbart är frågan om spänningsfall i kablarna är att byta till grövre kablar och nya bra kabelskor.

Om däremot generatorn lämnar för låg spänning måste man göra något åt laddningsregulatorn vilket inte är så lätt då de oftast är ingjutna i plast. Då är det dags att börja överväga inköp av speciella laddningsregulatorer av typ TWC, Ladac, LEAB etc. Hur fungerar de?

Gemensamt för dem är att de ersätter den ordinarie laddningsregulatorn på generatorn. De känner av batterispänningen via en avkännarledning och kan därför reglera generatorn efter den laddningsspänning som batteriet får och inte den som generatorn ger. Den kompenserar alltså för spänningsfall i ledningarna. Dessutom

är vissa av dem försedda med en batteritemperatursensor och kan därför reglera till rätt laddningsspänning korrigerat även för temperaturen.

Slutresultatet blir alltså att batteriet nu kan laddas så mycket som det tål. En förbättring från 50% till 90% av batteriets maximalladdningskapacitet är att räkna med.

Anslutning av flera batterier

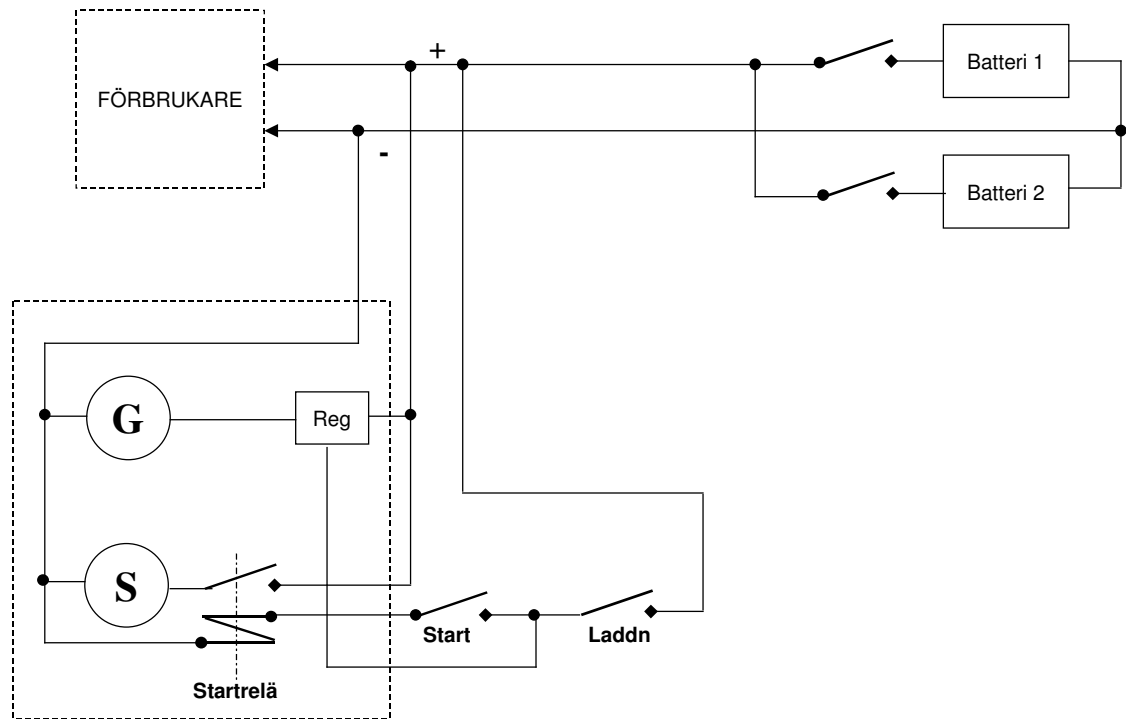
Hittills har jag enbart pratat om elsystem med ett batteri. Moderna båtar är dock utrustade med två batterisystem, ett för start av motorn och ett för övrig förbrukning. Förbrukningsbatteriet består dessutom ofta av en batteribank med två eller flera batterier kopplade parallellt. För att ladda dessa bör vi först se till laddningsbehovet för de två typerna.

Startbatteriet belastas enbart under själva starten av motorn med krav på mycket hög ström (ca 100 A) under mycket kort tid (ca 10 sek). Varje motorstart tar med andra ord en kapacitet av 100 A gånger 10 sekunder som blir 1000 Asek. Uttryckt i Ah blir det $1000 / 3600$ det vill säga cirka 0,3 Ah. Med ett startbatteri med kapaciteten 70 Ah skulle man teoretiskt kunna klara mer än 200 starter innan man behöver ladda batteriet. Men som vi minns från kapitlet Kapacitet finns en tumregel som lyder att man aldrig skall utnyttja mer än hälften av batteriets påståmplate värde. Det betyder att man klarar 100 starter det vill säga två gånger dagligen under en semester på sex-sju veckor innan man behöver fundera på att ladda startbatteriet.

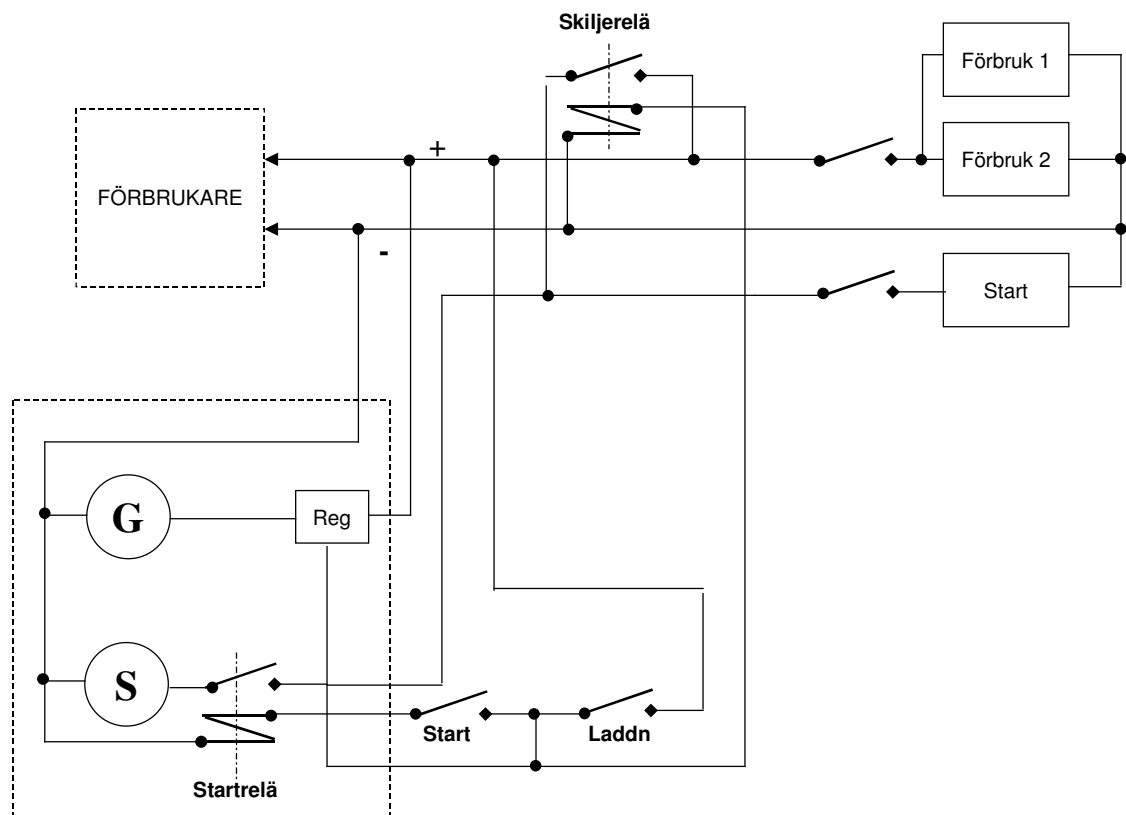
Förbrukningsbatteriet däremot har en annan belastningsprofil. I enlighet med den elbudget som visades tidigare har vi ett kapacitetsbehov som ligger mellan 40 och 80 Ah per dygn under semestern vilket betyder att även om vi är utrustade med en batteribank med kapaciteten 100 till 200 Ah finns ett stort behov av daglig laddning.

Det betyder att förbrukningsbatteriet skall laddas så fort det finns tillfälle medan startbatteriet inte behöver laddas mer än två till tre gånger per säsong. Därför bör anslutningen till generatoren vara så konstruerad att man kan bryta startbatteriet från laddningskretsen så att generatoren så gott som alltid enbart laddar förbrukningsbatteriet.

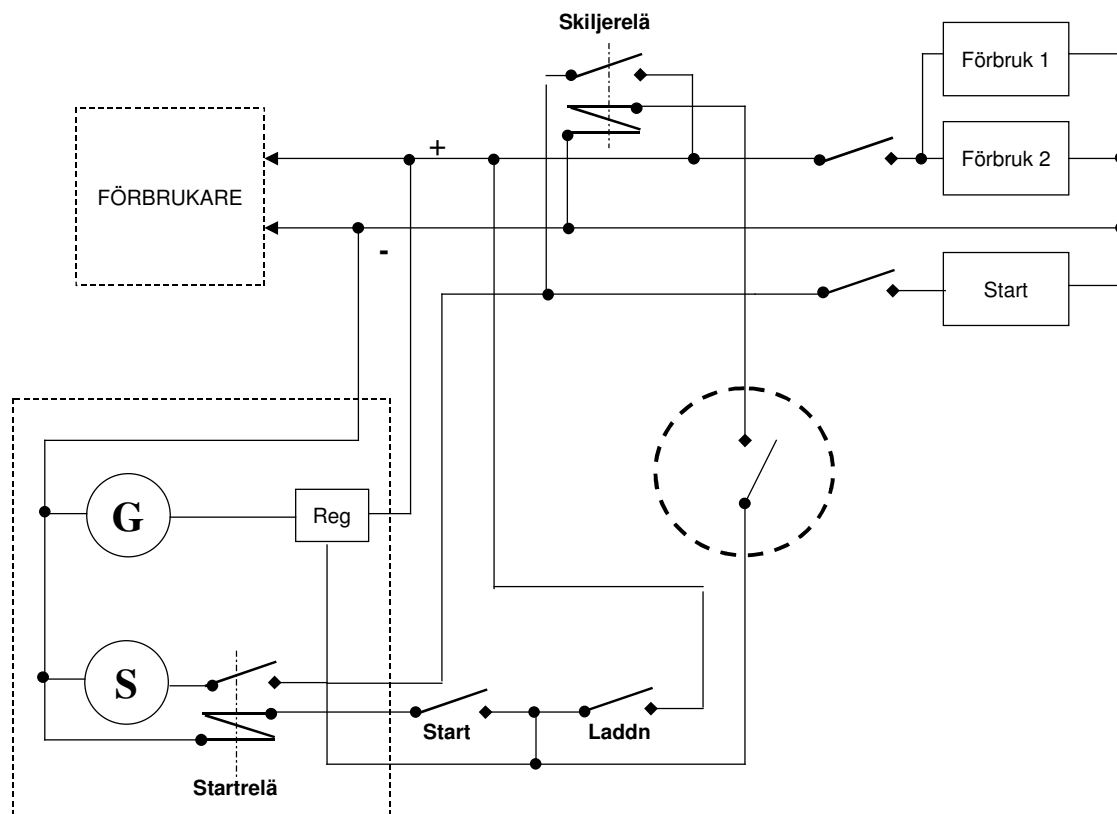
Många båtar har batterierna anslutna till generatoren enligt fig 4 A via två huvudströmbrytare eller kombinationsbrytare eller enligt fig 4 B via ett fränkskiljningsrelä som styrs "tändningslåset". 4 A lösningen innebär att man kan välja vilket batteri man vill köra på men att samma batteri utnyttjas för såväl för start som för övrig förbrukning. 4 B lösningen separerar batterierna så att det ena används för start och det andra för förbrukning. Fördelen med 4 A är att man skaffat en batterireserv att ta till när det behövs, medan nackdelen är att man hela tiden själv måste hålla reda på vilket batteri som behöver laddning och manuellt sköta inkopplingen. Fördelen med 4 B lösningen är att inkopplingen sker automatiskt medan nackdelen är att startbatteriet alltid laddas även om det inte behövs vilket medför att den tillgängliga energin inte används för att ladda förbrukningsbatteriet. Det känns som att slösa begränsade vattenresurser genom att överfylla en redan full hink men inte kunna fylla den tomma hinken. Den optimala lösningen borde därför vara en modifierad 4 B lösning 4 C där en extra strömbrytare kopplas in för att förhindra laddning av startbatteriet annat än när så behövs det vill säga två till tre gånger per säsong när man vet att man skall motorera länge.



Figur 4 A



Figur 4 B



Figur 4 C

Val av batterier

Som framgår av den tidigare diskussionen har vi olika krav på batterierna i båten. Vi behöver ett batteri som i likhet med ett bilbatteri i huvudsak skall användas till att starta motorn med, det vill säga mycket stark ström under kort tid och som inte laddar ur batteriet speciellt mycket. Vi behöver dessutom till skillnad från bilen ett batteri som vi kan belasta med relativt svag ström under lång tid och som laddar ur batteriet ganska mycket. Det finns en rad batterier på marknaden avsedda för olika ändamål och i olika prislägen. Jag tycker att ett vanligt startbatteri för bilar är fullt tillräckligt för att klara startbehovet med, medan förbrukningsbatteriet bör vara av typen marinbatteri eller fritidsbatteri som är konstruerat så att det klarar många djupa urladdningar utan att ta skada.

Om man vill parallellkoppla flera förbrukningsbatterier till en batteribank skall man tänka på batterierna skall vara så lika varandra som möjligt det vill säga samma märke och sort, lika gamla och hela tiden använda på samma sätt och tillsammans. Man bör alltså inte bara byta ett batteri i en bank utan byta samtliga samtidigt.

Slutord

Som synes är det mycket man måste tänka på när det gäller strömförsörjning och batterier. Men eftersom detta är grunden för ett väl fungerande elsystem i båten så måste frågorna belysas och konstruktionen anpassas till den egna båten för att

uppnå det bästa resultatet.