

# Det elektriske system

I sin bog "**Boatowners Mechanical and Electrical Manual**" skriver Nigel Calder følgende: Analyzing the DC system, and setting the DC system in order, should be one of the first priorities when taking delivery of any boat, whether it has come straight out of the showroom or is a 20-year veteran of several circumnavigations! (At gennemgå og renovere det elektriske 12 volt system på sin båd bør være første prioritet, det gælder hvad enten der er tale om en helt ny båd direkte fra forhandleren eller en 20 år gammel båd med flere jordomsejlinger på bagen)

Jeg er ked af at måtte sige at dette gælder også for en Southerly. Alle systemer er for så vidt OK for gennemsnitssejleren, der normalt har mulighed for at tilslutte landstrøm hver aften; men for den der virkelig ønsker at være uafhængig af eksterne energikilder (naturligvis bortset fra diesel) er der lang vej igen.

Vi har derfor renoveret systemet og for det første kan du i nedenstående boks se, hvilke grundlæggende tommelfingerregler, der skal overholdes.

## Tommelfingerregler

1. Adskild motor og forbrugsbatterier i to separate batteribanker, og tilslut evt. bov-propel og el-ankerspil til motorbatteriet, som er bedre egnet til høje ydelser i korte perioder.
2. Vær sikker på at ledninger er tilstrækkeligt dimensioneret for at undgå store spændingsfald (skal f.eks. bov-propel forsynes fra motorbatteri er der behov for meget store dimensioner dvs. kv.120-150)
3. Dimensioner forbrugsbatteribanken så den har en nominel kapacitet, der er tre til fire gange så stor som det strømforbrug der forventes mellem opladningerne
4. Sørg altid for at parallelkoblede batterier i samme bank er af samme type og størrelse og at de udskiftes samtidigt
5. Sørg for at generatorens nominelle output mindst er på ca. 25% af den samlede batterikapacitet
6. Vær sikker på at generatorens laderegulator føler spændingen på det batteri der skal lades således at der kompenseres for spændingsfald og brug helst en ekstern elektronisk styret laderegulator med temperaturføling på batteriet.
7. Anskaf en elektronisk batterimåler, der som et minimum kan måle spænding (volt=V), forbrug/ladning (+/- ampere=A) samt samlet forbrug i (amperetimer=Ah) siden sidste fulde opladning på forbrugsbatteriet

Siden er opdelt i de overordnede **teoretiske overvejelser** om systemet, der ligger til grund for vores valg, samt hvordan **installationen i praksis** er udført.

Men for ikke at gøre det hele for tørt og kedeligt er her først et par billeder som installationen ser ud i efteråret 2015:

## Teoretiske overvejelser

Det vigtigste ved el systemet er, på den ene side at sikre at dets kapacitet er tilstrækkelig og på den anden at



Vigtigst af alt er det at kunne overvåge forbruget samt lade-tilstanden. Hertil bruges et AmpHrs-meter (fx NASA)



Troldands forbrugs-batterier med 3x 110 Ah/12 volt AGM batterier der er parallelt forbundne



I en separat gruppe 2x 60 Ah/12 volt Optima spiralcellebatterier, der endvidere forsyner ankerspil & bovpropel

der er balance i systemet: Ved et afbalanceret system menes at batteri og lade kapacitet skal svare til det forbrug der kan forventes mellem genopladningerne. Efter vores opfattelse bør systemet have en kapacitet, der ikke gør det nødvendigt med landstrøm, når først man er nået frem til sit turmål; dvs. at den ca. en times motordrift, der altid vil være under til- og afsejling fra ankerplads eller havn, skal være tilstrækkelig til at holde systemet i gang. På den anden side, under 'transportsejls' til og fra feriemålet, hvor man kan være let i ind til flere døgn og hvor autopilot og plotter bruges i døgndrift, kan det ikke undgås at lade undervejs men dette må begrænses mest muligt.



Eftermonteret 100Ah Balmar generator med 3 trins lade-regulator og temperatur sensor



Generatorens elektro-niske 3 trins lade-regulator (tv) og det elek-troniske skillerælæ (th)



Friskluftindtaget er via den store rørforbindelse i forgrunden ledt direkte til generatoren for at forbedre kølingen



Et af Troldands tre sol-cellepaneler på hvert 55 watt (Sun Ware)



Regulatoren til sol-cellerne (Sun-Ware)



En 2x20 Ah Mastervolt 3 trins-lader (th), og (tv) en Mastervolt sinus-inverter

Lad os derfor starte med at se på forbruget af elektricitet fra Troldands forbrugsbatteri. Værdierne i nedenstående tabel er teoretiske og tilnærmede og det er værd at huske på forholdet mellem forbrug og den tid forbruget står på. F.eks. bliver forbruget til autopiloten stort,

hvis man bare er to om bord. Omvendt er det måske knap nok nødvendigt at have plotteren tændt 24 timer i døgnet og da slet ikke hvis man er på åbent hav. Endelig er der muligheder for at spare ved f.eks. at bruge halogen pærer i lysarmaturer, ved led tri-color/anker mastetoplanterne og endelig har vi en separat GPS netop for at kunne spare på f.eks. forbruget fra plotter. Nedenstående værdier er derfor sandsynligvis i overkanten.

Forbrugsbatteri	Forbrug/effekt		Antal timer /døgn		Døgnsforbrug (Ah)	
	W	Amp/12v	let	anker	let	anker
Log, lod, vind		0,22	24	24	5	5
Selvstyrer (gns.)		2,0	24	0	48	0
Natex/barograf		0,05	24	24	1	1
GPS	6,0	0,5	24	24	12	12
Tricolor/anker	5,0	0,4	8	8	3	3
Radio-CD		1,0	2	4	2	4
VHF (stby)		0,5	24	2	12	1
Varme	40,0	3,3	0	12	0	40
Lys (x5)	25,0	2,1	1	3	2	6
Plotter	20,0	1,7	24	0	40	0
Radar (stby)	9,0	0,8	8	0	6	0
Radar	28,0	2,3	4	0	9	0
AIS radar		0,5	24	0	12	0
Køleskab*		5,0	5	5	25	25
Laptop		4,6	0	2	0	9
<b>I alt</b>					<b>178</b>	<b>107</b>

\* Isotherm køleskabet udnytter et automatisk 'sped up' system (ASU), der ved en spænding på over 13 volt øger kompressorens hastighed og nedkøler et kuldølager der herefter kan tæres på i den næste 10-12 timer

Efter forbruget er beregnet, er næste skridt at se på batteri kapaciteten (en udmærket [oversigt over forskellige batterityper](#) og deres fordele/ulemper findes her). De fleste sejlbåde er underforsynede, hvis man tænker på hvor meget elektronisk ekstraudstyr, der i dag monteres. Vi var opmærksomme på dette forhold da vi bestilte Troldand, og bestilte derfor en forbrugsbatteribank på 3 x 110 Ah plus et separat startbatteri på 140 Ah. Startbatterikapaciteten kan synes unødvendig stor, men vi har tilsluttet såvel bovpropel som el-ankerspil til startbatteriet ud fra den betragtning at disse funktioner alligevel kun bruges i meget korte intervaller og kun under motorgang.

### Adskillelse af start- og forbrugsbatteri

For at sikre at der altid er batterikapacitet til at starte motoren er det nødvendigt at adskille motorbatteri og forbrugsbatteri(er). Dette gør det samtidigt muligt at vælge forskellige batterityper der passer til forbrugs typen (valg af batteritype er en videnskab for sig som jeg ikke skal komme nærmere ind på her). Den ideelle løsning er to helt uafhængige systemer med to generatorer men dette er i mange tilfælde urealistisk. Hvis vi tager udgangspunkt i en generator er der i princippet 4 måder at adskille de to batteribanker på:

### Om adskildelse af batteribanker

1. Med en **manuel kontakt**. Det er en billig men besværlig løsning fordi man hele tiden selv skal styre ladeprocessen og dens fordeling mellem batterier, og altid huske at holde disse adskilt når motoren er slukket
2. Ved at installere en **skillediode**. En løsning der, hvis den er udført rigtigt, er velfungerende og uden manuel indgriben sikrer adskillelse af batterierne. Der er imidlertid to problemer. For det første giver dioder et spændingsfald på op til 0,6 volt og hvis en effektiv ladning skal sikres må der kompenseres for dette. Dette kan ske ved at den indbyggede regulator har et separat udtag, så batterispændingen kan føles uden om skilledioden direkte på forbrugsbatteriet (batteriet der normalt aflades mest). Det har Volvo motorer typisk mens det ikke er muligt på Yanmar

motorer. For det andet er prisen for effektiv ladning på forbrugsbatteriet at motorbatteriet overlades (og det kommer til at koge). Det er derfor vigtigt at kontrollere og efterfylde elektrolytten på motorbatteriet.

3. Ved at parallelkoble motorbatteri og forbrugsbatteri med et **spændingsstyret relæ**. Også denne adskillelse fungerer uden manuelt indgreb idet batterierne parallelkobles når spændingen overstiger 13 volt (under ladning) og adskiller disse når spændingen falder til under 13 volt (dvs. når ladningen stoppes). Ulempen ved denne type batteri adskillelse er at det bliver det batteri der er 'nærmest' generatoren der bestemmer ladningen. Dvs. hvis det er motorbatteriet vil det fuldt opladede motorbatteris spænding nedsætte effektiviteten af (forlænge) ladningen på forbrugsbatteriet. På den anden side, hvis det er forbrugsbatteriet der er først i kæden vil dette blive effektivt opladet men der vil slet ikke blive ladet på motorbatteriet før spændingen på forbrugsbatteriet er blevet tilstrækkelig, hvilket jo er en betydelig svaghed ved systemet.
4. Hvor alle de ovenstående metoder til adskillelse af batteribankerne har forskellige svagheder, der alle mere eller mindre bunder i at to batteribanker med forskellig ladetilstand skal forsynes af en og samme laderegulator, løser en såkaldt **serieregulator** dette problem. Her forbindes batterierne som ved et skillerelæ, med forbrugsbatteriet først i kæden; men i stedet for blot at koble det andet batteri til eller fra, fungerer serieregulatoren som en separat laderegulator til motorbatteriet. Ulempen er her at det er en relativt dyr løsning og at der tilsyneladende ikke findes leverandører eller servicefolk i Danmark, der vil eller kan håndtere denne løsning.

Da de to batteribanker skal være adskilte, er det følgende er kun forbrugsbatteriet der er interessant. Ideelt set bør et batteri ikke aflades med mere end 33% af sin samlede kapacitet selv om en 50% afladning kan accepteres mens dybere udladninger dramatisk vil forkorte batteribankens levetid (husk i denne forbindelse at alle batterier i en batteribank skal være af samme type og alder og at alle derfor skal skiftes samtidigt). Da vi gennemgik systemet måtte vi konstatere at Troldands til rådighed værende forbrugsbatteri-kapacitet der ligger mellem 165 og 110 Ah, hvilket stemmer nogenlunde overens (om end i underkanten) med det beregnede døgnforbrug, der ligger mellem 180 og 110 Ah.

Endelig må ladekapaciteten vurderes. Landstrøm leveres dels fra en 20 Ah 'smart' lader fra Mastervolt (der i øvrigt samtidig er en 800 W, 220 v inverter). Endvidere har vi installeret 2 x 48 W solcellepaneler og endelig lades fra en vekselstrømsgenerator på maskinen.

Den standard Hitachi generator der leveres med den installerede Yanmar 3YM30F var på bare 60 amp og således ikke i nærheden af hvad man som tommelfingerregel anser for passende nemlig en generatorkapacitet på ca. 25% af batterikapaciteten. Dertil kommer at de to batteribanker var adskilte med en diodebro, hvilket i kombination med Hitachi generatorens indbyggede laderegulator, betyder at batterierne ikke kunne lades effektivt. Faktisk kunne man, når der kun blev ladet med motoren, næppe få batterierne opladet til mere end ca. 80% af den nominelle kapacitet, hvilket betød at der reelt ikke var de forventede 180 – 110 Ah til rådighed, men snarere 130 – 90 Ah, hvilket slet ikke er tilstrækkeligt i forhold til det beregnede forbrug.

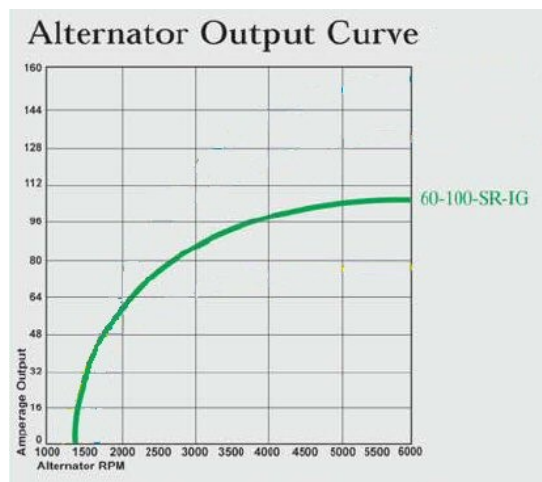
### Installationen i praksis

På baggrund af de teoretiske overvejelser kunne der drages to konklusioner:

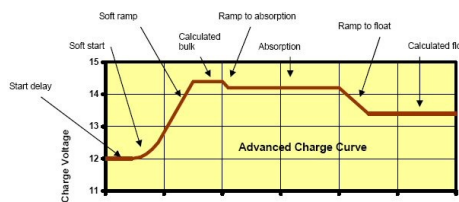
For det første: Batterikapaciteten var/er tilstrækkelig om end i underkanten, og har derfor opgraderet forbrugsbatterierne til 3 x 110 Ah AGM batterier, der (uden at tage skade) kan udlades dybere end de tidligere våde bly batterier og som samtidigt kan modtage ladestrøm hurtigere end de gamle batterier. Også motor, ankerspil, bow-propel batteriet er udskiftet til 2x55Ah Optima spiralcelle batter, der er særligt hurtige til at genoplade og samtidigt velegnede til meget store ydelser over kort tid.

For det andet: Generatorkapaciteten var helt utilstrækkelig og den er nu udskiftet med en **100 Ah heavy duty generator med eksternt elektronisk laderelæ**, der sikrer optimal ladning af batterierne.

## Om generator og laderelæ



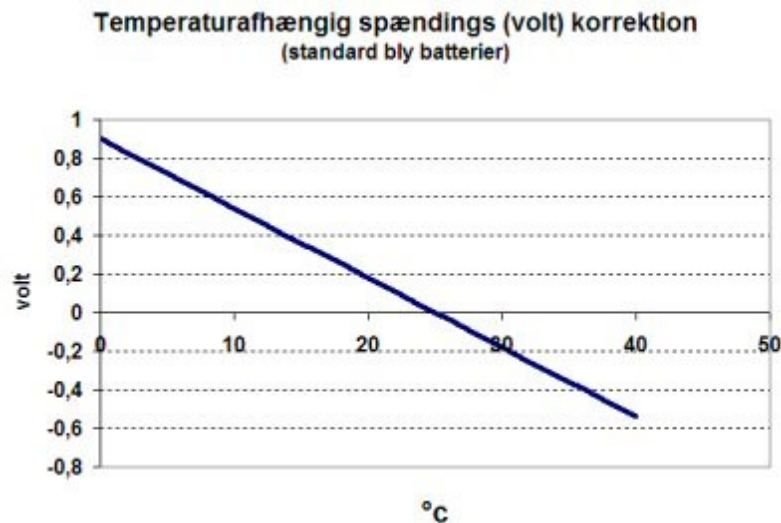
Figuren viser sammenhængen mellem generatorens omdrejninger og output i ampere (ved 25°). Ved et udvekslingsforhold mellem motor- og generatoromdrejninger på 1:3 yder Balmars 100 ampere generator over 80 A allerede ved 1000 omd./min. Dette betyder at bruges maskinen til ladning alene, kan den køres med lave omdrejninger og lavt støjniveau.



For at opnå den mest effektive opladning er det bedst hvis der anvendes et elektronisk laderelæ der dels hurtigt bringer ladespændingen (afhængigt af batteritypen) til at maksimum (bulk-charge) som står på i en kortere periode (for ikke at skade batteriet), hvorefter ladespændingen sænkes til et mere konstant niveau (absorption-charge) for endelig når batteriet er fuldt opladet at sænke spændingen yderligere til vedligeholdelsesladning (float-charge). Se ovenstående diagram.

Samtidig udskiftedes skilledioderne med en elektronisk serieregulator, der giver mulighed for individuel laderegulering af motor batteriet og de to batteribanker dog med den begrænsning at den sekundære batteribank aldrig kan lades med højere spænding end den primære (men det er uden praktisk betydning med mindre de to batteribanker består af helt forskellige batterityper).

Endelig er Forbrugsbatteribanken udstyret med en temperatur-sensor som yderligere forbedrer ladeeffektiviteten



Temperaturregulatoren på generatoren sikrer at denne ikke overophedes mens temperatur sensorer på batteriet har to formål: dels at forhindre overladning (overophedning) af batteriet dels at sikre en effektiv opladning også ved lave temperaturer. Ovenstående kurve viser den nødvendige, temperaturafhængige spændingskorrektion for et almindeligt blybatteri. Bemærk f.eks. at ved en batteritemperatur på 10°C (ikke usædvanligt om foråret) bør batterierne lades med en spænding der er ca. 0,5 volt højere end ved 25 °C der er den temperatur spændingsregulatorer er kalibreret til.

For endelig at komplettere systemet har vi fundet plads til 3 solceller på hver 48 watt, således at der ialt er solceller på næsten 150 watt (og som under mere solrige himmelstrøg næsten kan klare vores normalforbrug).

Nærmere detaljer om de installerede komponenter kan findes ved at følge nedenstående link (bemærk dog at der har været fornyelser i produkterne siden denne side oprindeligt blev lavet):

Generator: **BALMAR 60-100**

Laderegulator: **Balmar Max-charge MC-612** (elektronisk laderegulator)

Serieregulator: **BALMAR Duo-charge** (serieregulator)