

FISKERIDIREKTORATETS SMÅSKRIFTER 1965 NR. 2

# ELEKTRISKE ANLEGG I FISKEFARTØYER

FISKERIDIREKTØREN  
BERGEN 1965



## FORORD

Dette småskrift er utarbeidet og utgitt for å skaffe et lettfattelig undervisningsstoff ved de kurser som holdes for fiskerne i bruk og stell av elektriske anlegg i fiskefartøyer. En håper ellers at det vil komme fiskerne til nytte utenom kursvirksomheten.

Stoffet er på foranledning av Fiskeridirektoratet utarbeidet av Norsk Jungner Akkumulatorfabrikk A.s og Norsk Elektrisk & Brown Boveri.



## ELEMENTÆR ELEKTROTEKNIKK.

Spenning, strømstyrke, ytelse, motstand, Ohm's lov, elektrisitetens mengde, elektrisk arbeide.

### 1. Spenningen.

Ved et vannkraftanlegg snakker man om vanntrykket eller fallhøyden som måles i meter. For elektrisitetens vedkommende har man også et visst trykk eller en fallhøyde, som kalles spenning. Den måles i volt. Forskjellige kjente spenninger er følgende:

Tørrelement = 1,5 volt.

1 celle i et blybatteri = 2 volt.

1 lommelyktbatteri = 4,5 volt.

Bildynamoer = 6, 12 og 24 volt.

Båtlysdynamoer = 12 og 24 volt.

De fleste elektrisitetsverkers nettspenning = 220 volt.

Spenningen måles ved hjelp av et voltmeter, som kobles til strømkildens poler (fig. 1). Voltmeteret må kun benyttes til å måle spenninger som ligger innenfor det området som angis av apparatets skala. Hvis høyere spenninger skal måles, må det anvendes spesielle formotstander.

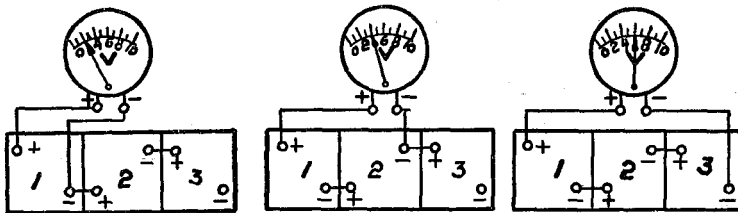


Fig. 1.

Strømkilder kan kobles parallelt eller i serie. Ved parallellkobling er den samlede spenning lik enkeltspenningen, og ved seriekobling er den samlede spenning lik summen av de enkelte spenninger. Man må bare parallellkoble slike strømkilder som har den samme spenning.

## 2. Strømstyrke.

Hvis en strømforbruker (elektrisk lampe, apparat og likn.) tilkobles en strømkilde, f. eks. en dynamo eller batteri, så flyter en strøm ut av strømkilden gjennom forbrukeren. Den strøm som flyter måles i ampère (A). Måleinstrumentet kalles ampèremeter. Ampèremeteret kobles ikke som voltmeteret til begge strømkildens poler, men kobles inn i den ene strømførende ledning. Hvis man skal måle større strømstyrker enn skalaområdet på ampèremeteret angir, må det benyttes spesielle parallelle motstander (shunter).

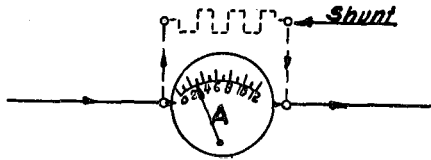


Fig. 2.

## 3. Ytelse.

Den ytelse som et vannkraftanlegg avgir, beregnes som bekjent på grunnlag av fallhøyde og vannmengde pr. sekund. Ytelsen for elektrisitetens vedkommende beregnes på liknende måte på grunnlag av spenningen som tilsvarer fallhøyden og den strømstyrke som flyter.

Volt x ampère = watt = elektrisk ytelse (effekt).

Effekten eller ytelsen måles i watt (W).

1 000 watt kalles 1 kilowatt = 1 kW.

736 watt = 1 hk. (hestekraft).

I de aller fleste tilfeller er effektforbruket oppgitt for de alminneligste strømforbrukeres vedkommende, f. eks. vanlige glødelamper som tilknyttes elektrisitetsverkens nett med 15, 25, 40, 60 osv. watt, glødelamper for båtlysanlegg, 5, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 100, 500 watt.

## 4. Motstand.

Vil man presse vann gjennom en vannledning, så trenges hertil et visst trykk (fallhøyde, spenning) for å overvinne motstanden (frik-sjonen) i rørledningen. Motstanden er desto større jo lenger røret er og jo mindre tverrsnitt det har og jo mindre rørmaterialet egner seg

til formålet. Omtrent de samme forhold gjør seg gjeldende når det gjelder transport av elektrisitet. Den motstand som den elektriske strøm må overvinne, blir større jo lengre kablen er, jo mindre tverrsnitt den har og jo mindre kabelmaterialet er egnet.

Enheten for motstand er ohm ( $\Omega$ ).

1 ohm er den motstand som en kvikksølvstøyle på 1 mm<sup>2</sup> tverrsnitt og en lengde på 106,3 cm har. En kvikksølvstøyle med samme tverrsnitt og med dobbelt lengde har følgende dobbelt så stor motstand, 2 ohm. Har kvikksølvstøylen det dobbelte tverrsnitt, har den halvparten så stor motstand.

De ledere for elektrisk strøm som anvendes i praksis, har i de fleste tilfeller en elektrisk motstand som ligger under kvikksølvets. Den spesifikke motstand er motstanden av en leder pr. meter og pr. mm<sup>2</sup>. Således er f. eks.

den spesifikke motstand av kobber = 0,0178 ohm pr. mtr. pr. mm<sup>2</sup>  
 jern = 0,1—0.15 ohm pr. mtr. pr. mm<sup>2</sup>  
 platina og nikkel = 0,1 ohm pr. mtr. pr. mm<sup>2</sup>.

Ledningenes ohmske motstand beregnes etter følgende formel:

$$\text{Motstand (ohm)} = \frac{\text{kabellengde i m} \times \text{spesifikk motstand for det anvendte materiale}}{\text{kabeltverrsnitt i mm}^2}$$

En kobberkabel med en lengde på 115 m og et tverrsnitt av 2,5 mm<sup>2</sup> har således en

$$\text{ohmsk motstand} = R = \frac{115 \times 0,0178}{2,5} = 0,82 \text{ ohm.}$$

Som forkortelse for betegnelsen ohm benyttes også »  $\Omega$  «.

I mange tilfelle kan også motstanden R beregnes på grunnlag av den såkalte ohmske lov, som behandles i neste kapitel. Denne lov sier at den strømstyrke som flyter gjennom forbrukeren, står i et visst bestemt forhold til strømkildens spenning, og forbrukerens motstand. Med henblikk på koblingen av de forskjellige motstander så kan disse kobles som tidligere nevnt for strømkilders vedkommende, i serie og i parallell.

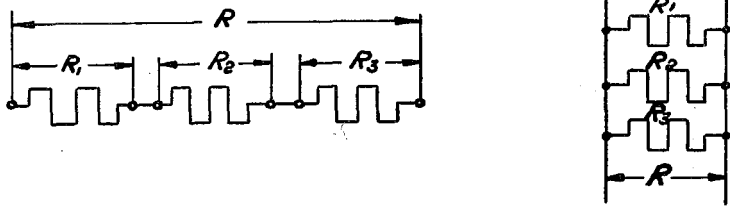


Fig. 3.

Hvis motstandene kobles i serie, er den samlede motstand lik summen av de forskjellige enkelte motstander. Kobles motstandene derimot i parallell, er den samlede motstand mindre enn den minste av de parallellkoblede motstander. Man kan også uttrykke det på den måten at ved parallellkobling av motstander summeres motstandenes ledningsevne og dermed de forskjellige enkelte strømmer som flyter gjennom motstandene. Ved ledningsevne forstås den omvendte verdi av motstanden, nemlig  $\frac{1}{R}$  ledningsevne =

a) Seriekobling:  $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

b) Parallellkobling:  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$

Ved parallellkobling av 2 motstander får man derfor:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

og ved parallellkobling av 3 motstander får man derfor:

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3}$$

Blir f. eks. 2, 3, 4 og 5 like store motstander koblet i parallell, så er den samlede motstand  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ , resp.  $\frac{1}{5}$  av hver enkelts motstand.

### 5. Ohm's lov for likestrøm.

Kobler man en elektrisk lampe eller apparat til en strømkilde, så flyter det gjennom lampen m. v. en strøm hvis styrke står i et ganske



bestemt forhold til strømkildens spenning og den ohmske motstand i lampen m. v. Ved målinger kan man fastslå at:

$$\text{Spenning} = \text{strømstyrke} \times \text{motstand.}$$

$$\text{Volt} = \text{ampère} \times \text{ohm.}$$

Denne regel kalles Ohm's lov. Ved beregninger bruker man i stedet for å skrive ordene helt ut bare forkortelser som:

$$\text{Spenning} = E$$

$$\text{Motstand} = R$$

$$\text{Strømstyrke} = I$$

$$\text{Ytelse} = P.$$

På basis av dette kan Ohm's lov også skrives som følger:

$$E = I \times R$$

Hvis 2 av størrelsene i dette regnestykket er kjent, kan som bekjent den tredje regnes ut.

Kjent	Søkt
I og R	Spenningen $E = I \times R$ ..... volt (formel 1)
E og I	Motstanden $R = E : I = \frac{E}{I}$ ..... ohm (formel 2)
E og R	Strømstyrken $I = E : R = \frac{E}{R}$ ..... amp. (formel 3)
E og I	Ytelsen $P = E \times I$ ..... watt (formel 4)
P og E	Strømstyrken $I = P : E = \frac{P}{E}$ ..... amp. (formel 5)
P og I	Spenningen $E = P : I = \frac{P}{I}$ ..... volt (formel 6)

### 6. Elektrisitetsmengde.

Hvis en strøm med en styrke av 5 ampère flyter inn i et batteri i et tidsrom av 6 timer, så har batteriet mottatt en bestemt strømmengde som følger:

$$5 \text{ ampère} \times 6 \text{ timer} = 30 \text{ ampèretimer.}$$

Forbruker man på den annen side elektrisk energi, f. eks. 8 ampère i 12 timer, så har man altså brukt opp

8 ampère  $\times$  12 timer = 96 ampèretimer.

Som det framgår herav, er enheten for elektrisitetmengde ampere-timer = Ah.

### 7. Elektrisk effekt og arbeid.

Hvis en strømkilde på 12 V spenning leverer en strømstyrke av 200 amp. til f. eks. en elektromotor, så er motorens forbrukte ytelse = 12 volt  $\times$  200 amp. = 2 400 watt. Hvis denne ytelse i watt benyttes i et bestemt tidsrom, f. eks. i løpet av 3 timer, så er det elektriske arbeid = 12 volt  $\times$  200 amp.  $\times$  3 timer = 2 400 watt  $\times$  3 timer = 7 200 watt-timer = 7 200 Wh = 7,2 kilo-watt-timer = 7.2 kWh.

### Sammenstilling.

Betegnelse	Enhet	For-kortelse	
Spenning	volt	V	Spenning = strømstyrke $\times$ motstand = watt : strømstyrke
Strømstyrke	ampere	A	Strømstyrke = spenning : motstand = watt : spenning
Motstand	ohm	$\Omega$	Motstand = spenning : strømstyrke = spenning $\times$ spenning : watt
Ytelse	watt	W	watt = spenning $\times$ strømstyrke 1000 watt = 1 kilo-watt = 1 kW 736 W = 1 hestekraft = 1 hk
Elektrisitet- mengde	Amp.-timer	Ah	Amp.-timer = amp. $\times$ timer
Elektrisk arbeide	Watt-timer	Wh	Watt-timer = watt $\times$ timer 1000 Wh = 1 kilo-Wh = 1 kWh 736 Wh = 1 hestekraft-time = 1 Hkh

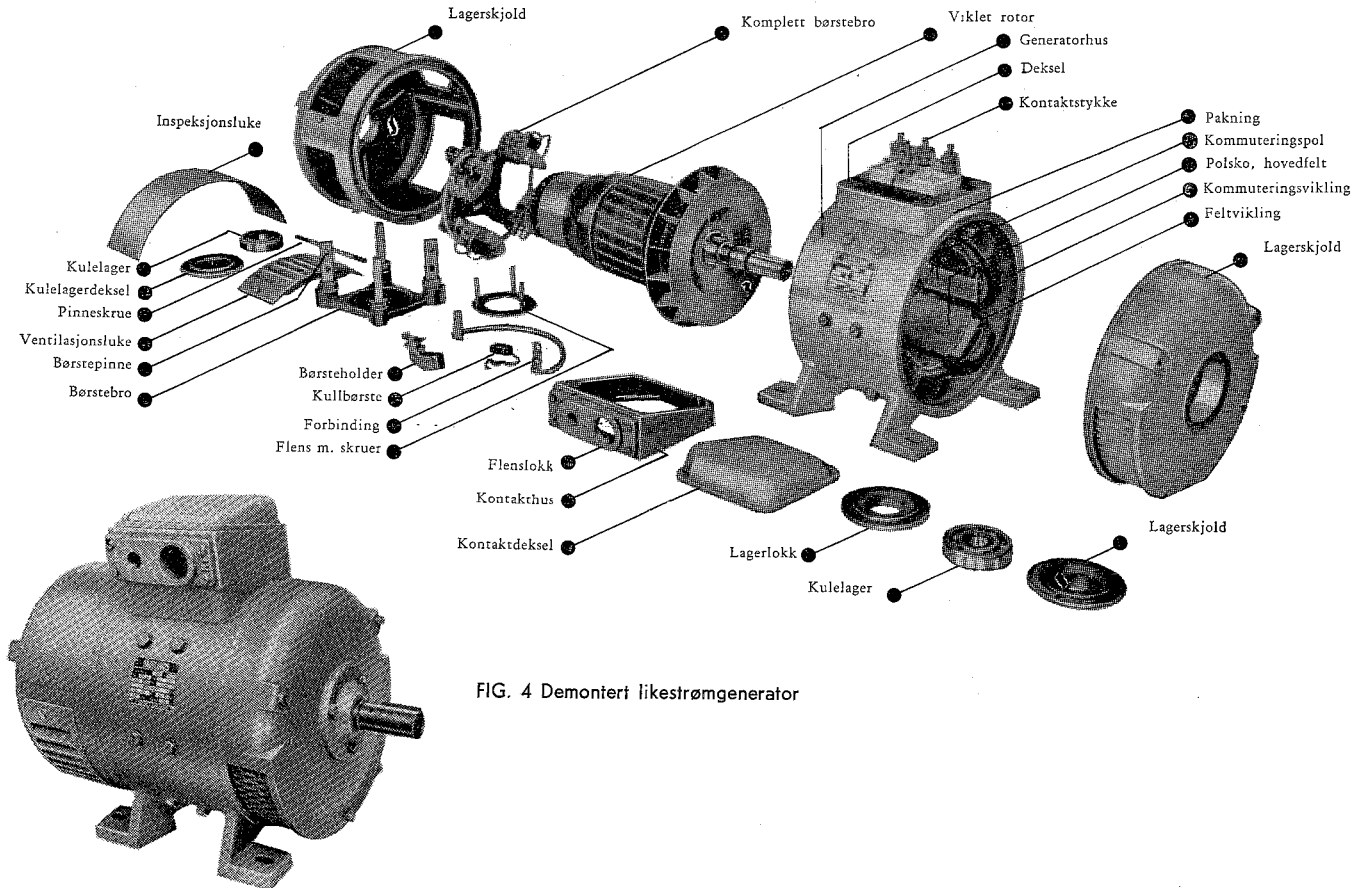
## ELEKTRISKE LIKESTRØMSANLEGG OMBORD I FISKEFARTØYER

*Beskrivelse av lysanlegg for fiskefartøyer med akkumulator batteri  
og samarbeidende likestrøm-generator.*

De generatorer som her beskrives har spenning 6—12—24 og 32 volt og er ved kileremskive direkte koblet båtens fremdriftmaskin.

En generator består av et stillestående generatorhus (stator) hvori det er montert to, fire eller flere såkalte polsko. På polskoen er det påsatt en vikling av isolert kobbertråd, og disse spoler eller viklinger er parvis koblet sammen og danner tilsammen generatorens feltvikling. Fig. 4 viser en likestrømgenerator demontert hvor de forskjellige deler fremgår. Inne i generatorhuset roterer ankeret (rotor) som også er forsynt med viklinger av kobbertråd. Disse viklinger, ankerviklingene, er også oppdelt spolevis, og hver spole har forbindelse fram til en kommutator (kollektor) som er sammensatt av sidestilte kobberlameller isolert fra hverandre ved hjelp av glimmer. Samtlige roterende deler i generatoren, altså akselen med kommutator, magnetjern og vikling, kalles for ankeret. Mot kommutatoren sleper kullbørster. De virker som bevegelige kontakter og opptar den strøm som produseres i ankerviklingene. De sørger også for at den strøm som opptas blir en ren likestrøm.

Generatorhuset og polskoene er laget av bløtt jern. Jernet i ankeret består ikke av et eneste stykke, men er oppdelt i tynne plater av såkalt dynamoblikk. Dette er for å unngå elektriske tap og unødvendig oppvarming under driften. Når generatoren står stille, er jernet i generatorhuset svakt magnetisk. Dette kalles for remanent magnetisme. Når ankeret nå begynner å rotere inne i generatorhuset, vil altså ankerviklingene bevege seg inne i dette svake magnetfeltet som dannes av den remanente magnetisme i statorjernet. Nå vet man at når en elektrisk ledning beveges i et magnetisk felt, vil det gå en elektrisk strøm gjennom ledningen såfremt det finnes en lukket krets. Altså vil det dannes elektrisk strøm i ankerviklingene, og denne strøm ledes fra ankeret ut til kommutatorlamellene hvor den igjen kan gå videre gjennom kullbørstene som sleper mot kommutatoren og er presset mot denne ved hjelp av



fjærer. Ved den generatortype vi skal omtale her, shuntgeneratoren, er feltviklingen, altså viklingene om polskoene, koblet parallelt med ankerviklingene. Derved vil en del av den strømmen som produseres i ankeret, gå gjennom feltviklingene, se fig. 5. Men når det går strøm gjennom en magnetvikling, vil magnetismen øke jo kraftigere strømmen er. Magnetfeltet i maskinen vil altså bli kraftigere og bevirke at strømproduksjonen i ankeret også blir stor. Dette virker atter tilbake på magnetfeltet, som ytterligere forsterkes, hvorpå ankerstrømmen igjen stiger, og slik vil strømmen og spenningen

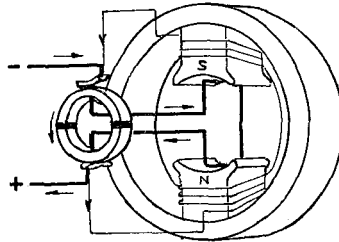


Fig. 5.

komme til å stige inntil den arbeidsspenning som svarer til omløpstallet er nådd. Uten noen regulering i feltkretsen vil arbeidsspenningen stige i samme forhold som omløpstallet. For å begrense spenningen er det derfor nødvendig å innføre en form for regulering, ellers risikerer man at generatoren overbelastes. Den blir for varm og kan brenne opp.

Man sier at den elektriske strøm beveger seg i en bestemt retning i de elektriske ledninger, og vi sier da at strømmen forlater ankeret gjennom plussbørsten og kommer tilbake til ankeret etter endt kretsløp gjennom minusbørsten. Strømmen vil altså komme til å gå inn i feltviklingen fra plussbørsten og komme ut fra feltet igjen ved minusbørsten.

#### *Regulering.*

Som nevnt i forrige avsnitt, vil strøm og spenning komme til å stige uforholdsmessig høyt hvis ikke generatoren blir forsynt med en

regulering. Ved å variere den strømmen som går gjennom feltviklingen, kan man beherske spenningen, og derved den strømstyrke som produseres i ankeret.

Den enkleste måte å regulere feltstrømmen på er å benytte en variabel motstand som står i serie med feltet og som betjenes for hånd. Et forenklet koblingsskjema for generatoren er vist på fig. 6.

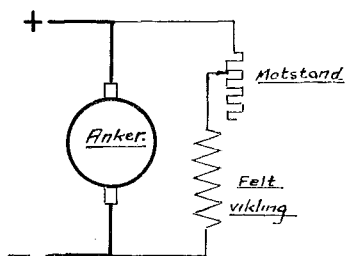


Fig 6.

Hvis denne motstand kobles helt ut, vil feltets plusside komme til å ligge umiddelbart til generatorens plussbørste. Man har da full magnetisering. Hvis derimot hele motstanden kobles inn, må feltstrømmen gå gjennom hele motstanden for å nå frem til plussbørsten. Strømmen får da sin laveste verdi. Hvis nå omløpstallet på en generator øker og dette altså som før forklart bevirker at den induerte spenning også øker, kan man nå øke feltmotstanden og dermed redusere strømmen i feltviklingen. Herved bringes altså spenningen på generatoren igjen ned.

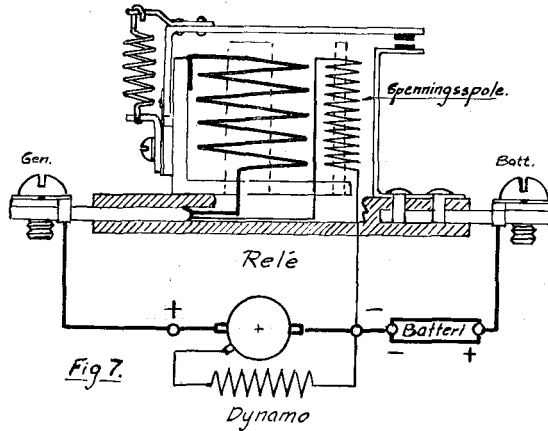
En generator med slik regulering må følgelig etterreguleres ved enhver forandring av omløpstallet og også ved enhver forandring av belastningen. Denne form for regulering kan således ikke benyttes på båter hvor generatoren er direkte tilkoblet båtens fremdriftsmaskin. Metoden kan kun benyttes når generatoren drives av egen hjelpemotor med konstant omdreiningstall. For hjelpemaskineriet benyttes dog denne regulering i stor utstrekning ved høyere generatorytelse og driftsspenning.

På anlegg 12, 24 og 32 volt driftsspenning er det vanlig at generatoren drives med kilerem direkte fra fartøyets fremdriftsmaskin. I

disse anlegg må generatoren kunne gi en noenlunde konstant spenning over et stort hastighetsområde, det er alminnelig at slike generatorer må kunne gi full ytelse fra 1200 til 3600 omdreininger pr. min. og at spenningen holdes innen rimelige grenser over hele dette hastighetsområdet. Dette setter selvsagt store krav til reguleringsutstyret som vi senere skal beskrive.

I de automatisk regulerede anlegg arbeider generatoren i forbindelse med et akkumulatorbatteri. Batteriet står parallelt med generatoren slik at dens plusspol er tilkoblet generatorens plusspol og dets minuspol generatorens minuspol. Når generatoren er i gang, går en del av strømmen gjennom batteriet fra pluss til minus hvorved batteriet lades opp, dvs. strømmen samles opp i batteriet. Når generatoren stanser, kan batteriet i stedet gi strøm til anlegget. Batteriet avgir da strøm den motsatte vei, det lades ut. Den enkleste måte å koble batteriet til generatoren og anlegget er å bruke en topolet bryter. Man må da sørge for at generatoren frakobles batteriet når førstnevnte står stille, ellers vil batteriet lade seg ut gjennom generatoren og kan også komme til å drive denne som en elektrisk motor. For å slippe å passe på dette, anbringer man oftest et relé i forbindelsesledningen mellom generator og batteri. Ved større anlegg kobles reléet eller bryteren da gjerne til for hånden og holdes inne med en magnet som magnetiseres av ladestrømmen til batteriet. Når så generatoren stopper blir ladestrømmen borte, og reléet greier ikke lenger å holde kontakten tilkoblet med den følge at den faller automatisk ut og bryter forbindelsen. Når så motoren skal startes, må automatbryteren igjen legges inn for hånden.

Som nevnt arbeider båtlysanlegg med lav driftspenning, 12, 24 og 32 volt, og alltid med automatisk regulering. Generatoren drives fra motorens svinghjul, og den er tilkoblet batteriet gjennom et tilbakestrømsrelé. Når motoren står stille, er det ingen forbindelse mellom generator og batteri eller det øvrige anlegg. Settes motoren i gang, vil generatorspenningen stige etter hvert som omløpstallet går opp. Når spenningen har nådd en bestemt verdi, noe høyere enn batteriets spenning, kobler reléet generatoren inn. Når motoren stanser og omløpstallet synker, kobler reléet generatoren ut. Reléet har en elektromagnet som er omgitt av en spenningspole og en strøm-



spole som figur 7 viser. Spenningsspolen står alltid tilkoblet generatorledningene pluss og minus og påvirkes derfor direkte av generatorspenningen. Reléet har et bevegelig magnetanker som tiltrekkes av elektromagneten og derved lukker en kontakt. Ved å innrette reléet slik at magnetankeret tiltrekkes ved en generatorspenning litt høyere enn batteriets, får man altså innkoblet generatoren på dette tidspunkt. Generatoren vil da gi ladestrøm til batteriet. Denne strøm passerer strømspolen i reléet og virker ytterligere til at magneten holder kontakten fast tillukket. Ved avtagende omdreiningstall blir generatorspenningen lavere enn batteriets. Det vil da gå en strøm den motsatte vei gjennom strømviklingen. Det bevirker at reléankeret åpner og forbindelsen med batteriet brytes. Etter sin virkemåte kalles reléet for et tilbakestrømsrelé.

Den enkleste form for automatisk spenningsregulering er vist i figur 8, den såkalte strømregulerte generator (trebørstesystemet). Denne reguleringsmåte brukes nå mindre og skal bare kort omtales. Som figuren viser er en bevegelig børste plassert nær plussbørsten, og feltviklingens øvre punkt er tilkoblet denne. Når den bevegelige børste forskyves mot plussbørsten, øker ladestrømmen. Systemet er meget enkelt, men gir ikke tilstrekkelig beskyttelse mot overlading av batteriet.

I dag anvendes alltid spenningsregulerte generatorer i lysanlegg



for mindre fartøyer. Det er særlig to typer regulatorer som anvendes, den såkalte tirilregulator som arbeider med vibrerende kontakter og derfor også kalles vibrasjonsregulator, og kulltrykksregulatoren

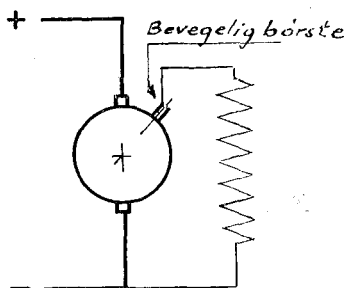
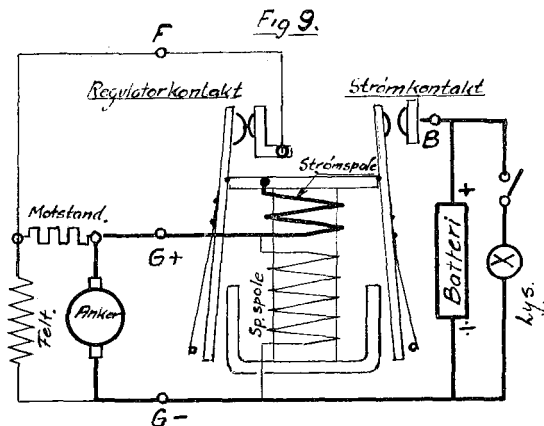


Fig 8.

som har en søyle av kullskiver. I begge tilfeller er det generatorens magnetiseringsstrøm, altså strømmen i feltviklingene, som reguleres automatisk. Regulatorene bygges som regel sammen med et tilbakestrømsrelé og må være nøye tilpasset shuntviklingen på den generator som skal reguleres.



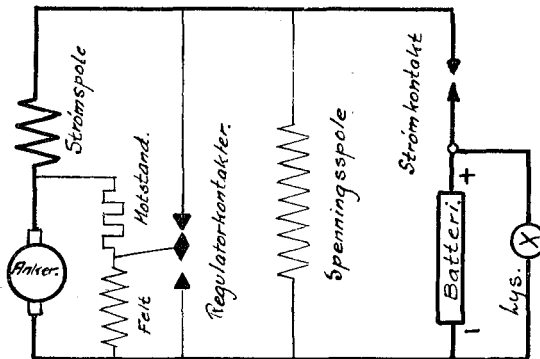
#### Vibrasjonsregulatoren.

Vibrasjonsregulatoren (fig. 9) består av en magnetkjerne med to sammenvirkende viklinger og et anker med tilhørende regulator-kontakter. Den ene viklingen er her en spenningspole som påvirkes

av generatorspenningen, og den annen en strømspole som gjennomstrømmes av generatorens belastningsstrøm. Generatoren er i dette tilfelle i vanlig shuntutførelse. Den har den ene feltledning tilkoblet den ene generatorbørste, mens den andre feltledningen forbindes gjennom en fast motstand til den annen generatorbørste. Denne motstand kortsluttes av regulatorankeret når det står i sin hvilestilling, og ved lavt omdreiningstall arbeider derfor maskinen med full magnetisering, dvs. den gir den fulle spenning over feltet. Når nå omløpstallet og dermed generatorspenningen stiger, vil spenningsøkningen også virke på regulatorens spenningsspole som igjen bevirker at regulatorankeret tiltrekkes. Ved at regulatorkontakten herved åpner blir den faste motstand innkoblet i feltkretsen. Feltstrømmen synker da atter, generatorens klemmespenning likeså, og følgelig også spenningen på reléets spenningsspole. Dette bevirker at det magnetiske drag på regulatorankeret atter avtar, og regulatorankeret går igjen tilbake til sin hvilestilling og kortslutter feltmotstanden. Dette spill vil gjenta seg i rask rekkefølge, og en midlere generatorspenning vil innstille seg. Her kommer inn også andre faktorer. Som bekjent består feltviklingen i generatoren av mange viklinger, og p. g. a. den store selvinduksjon i feltviklingen utjevnes variasjonene i feltstrømmen slik at en ikke kan merke de små variasjoner som regulatorkontaktens vibrasjon får i stand.

Dette er i korte drag den enkleste spenningsregulator. For å oppnå

Fig 10.



enda større omløpsområde er de fleste spenningsregulerte regulatorer innrettet slik at det bevegelige regulatoranker har to kontakter (se fig. 10). Den ene side vibrerer mot en kontakt hvorved en shuntmotstand kortsluttes nøyaktig som beskrevet ovenfor. Ved et noe høyere omdreiningstall blir regulatorankeret stående mellom kontaktene, og feltmotstanden blir da stående kontinuerlig innkoblet. Stiger nå omløpstallet enn ytterligere, vandrer ankeret over til den annen kontakt, kontakten for høyere omdreiningstall. Ved en tilsvarende vibrerende bevegelse på denne kontakt kortsluttes og innkobles selve feltviklingen i rask rekkefølge. Herved holdes spenningen konstant selv opp til de høyeste omdreiningstall.

Som nevnt var regulatorens magnetkjerne også utført med en annen vikling, strømviklingen. Når tilbakestrømskontakten er lukket, gjennomstrømmes den av belastningsstrømmen. Derved vil den også til en viss grad påvirke reguleringen. Strømspolen er viklet slik at strømmen går samme vei som i spenningsspolen når strømmen går fra generator til batteri. Ved høy generatorstrøm, f. eks. ved stort forbruk og utladet batteri, oppnås at regulatoren begynner å regulere allerede på et lavere spenningstrinn. Det utladede batteri får herved en relativ høy ladestrøm, men samtidig blir overbelastning av generatoren forhindret. Når nå den framskredne ladning medfører minskning av ladestrømmen, regulerer regulatoren seg igjen på en noe høyere spenning så batteriet blir sikret full oppladning. På samme tid vil det spenningsregulerende system sikre en skånsom oppladning av batteriet som følge av den sterke begrensning av ladestrømmen ved fulladet batteri. Dette er meget viktig da blybatteriet som bekjent er lite motstandsdyktig mot overladning.

#### *Kulltrykkregulatorene.*

Et prinsippskjema for en kulltrykkregulator er vist i fig. 11. I hovedtrekkene består regulatoren av et elektromagnetisk system bygget sammen med en søyle av mange tynne kullskiver. Den elektriske motstand i kullsøylen vil variere med det mekaniske trykk som skivene presses sammen med. Av diagrammet fremgår at kullsøylen er koblet i serie med generatorens shuntvikling og at spenningspolen tilføres generatorens spenning gjennom justeringsmot-

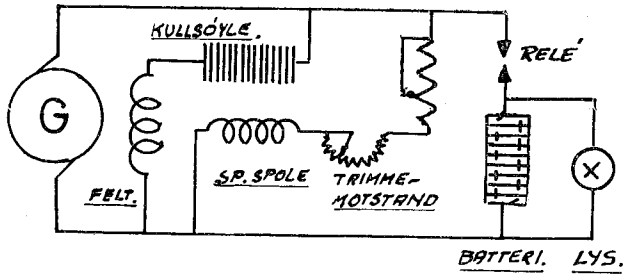


FIG. 11

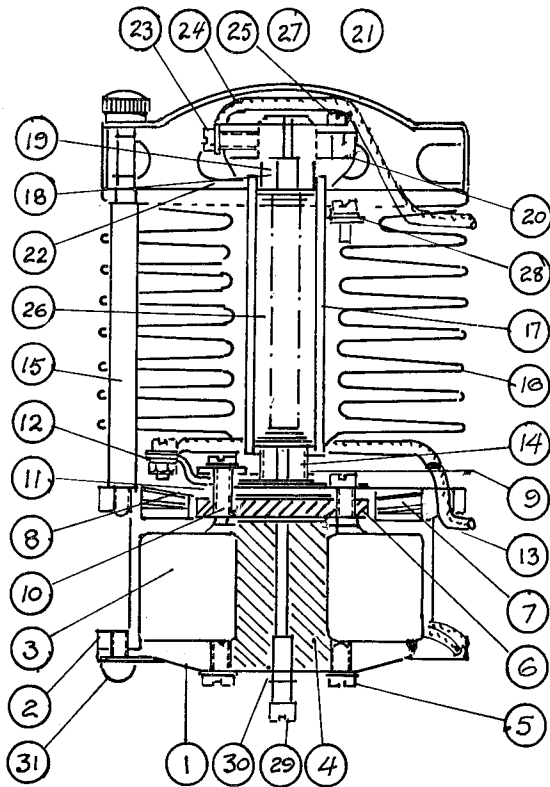


FIG. 12

stander. Kulltrykkregulatorens konstruksjon fremgår av fig. 12 som viser snitt gjennom kullsøyle og elektromagnetisk system. Systemet har en ringformet elektromagnet med spenningsspole (3) og en justerbar jernkjerne (4) som er skrudd gjennom endeplaten. Et anker (6) som har form som en skilling, er montert på en blad-fjær (7). Midt på ankeret er montert en sylindrisk bolt (9). Denne bolt trykker direkte mot kullsøylen og er isolert fra ankeret. Kull-søylen (26) består av planslipte kullskiver. Disse er montert i et keramisk rør (17) som er omsluttet av et ribberør (16). Ribberøret opptar og avleder varmen som utvikles i kullsøylen. I den andre ende har kullsøylen også en sylindrisk bolt (19). Denne er justerbar idet den er skrudd gjennom en messingbrakett (20). Pluggen (19) er skrudd inn mot kullsøylen som er presset sammen av blad-fjæren (7) med en bestemt forspenning. Jernkjernen (4) er skrudd tilbake slik at det er en luftspalte mellom kjernen og ankeret.

Kullsøylen har i denne forspente tilstand sin minimale motstand. Når det går en strøm gjennom spenningsspolen, vil ankeret trekkes mot kjernen i det elektromagnetiske system. Derved vil trykket mot kullsøylen reduseres. Ved denne trykkreduksjonen vil kull-søylens motstand øke og derved vil generatorens feltstrøm reduseres. I sin tur vil det bevirke en lavere generatorspenning. Kullsøylen har en slik «fjæring» at den tillater en ganske stor motstandsending ved liten forlengelse og kontraksjon. Ankerets vandring er så liten at kullsøylen under ingen omstendigheter blir helt løs. Kullskivene må nemlig til enhver tid ha fullstendig elektrisk kontakt med hverandre. Ellers vil det bli brann-sår mellom dem, og det ødelegger regulatorens justering.

Blad-fjæren (7) består i virkeligheten av flere tynne bimetal-l-fjærer med form som en membran. Fjæren har en karakteristikk som sikrer riktig kontaktrykk både ved varm og kald regulator. Det elektromagnetiske system har foruten spenningsspolen også en kom-poundingsspole som fører generatorens arbeidsstrøm. Kom-poundingsspolen sørger for at regulatoren innstiller en lavere ladespenning når batteriet er fullt utladet og beskytter generatoren mot overbelastning. For at kulltrykkregulatoren skal arbeide perfekt, skal kullsøylen være montert horisontalt. Kulltrykkregulatoren må

selvsaagt, som vi har anført tidligere under «spenningsregulering», være tilpasset nøyaktige data for feltviklingen på vedkommende generator. Den vil ved riktig tilpasning ikke trenge noen etterjustering. Den eneste justering som skal foretas, er å etterstille trimmemotstanden slik at regulerspenningen innstilles passende for vedkommende anlegg. Vanlig regulerspenning er for 12 celler blybatteri 28,5 volt og for 19 celler Nife-batteri 29,5 volt. Trimmemotstanden er montert under regulatorens fundamentplate, og justerskruen innstilles med et skrujern fra forsiden. Ved justeringen må et presisjonsvoltmeter være tilkoblet generatorens pluss og minus kontakter. Da kulltrykkregulatoren ikke har noen bevegelige kontakter, vil den være radiostøy-sikker. Den effekt som kullsøylen må oppta medfører sterk oppvarming under drift, og regulatoren må derfor stå montert fritt slik at ventilasjonen blir effektiv.

#### *Transistorregulatoren.*

Som resultat av den rivende utvikling på området innen halvleder- og transistorteknikken, er det også konstruert elektroniske spenningsregulatorer som benytter transistorer for regulering av feltstrømmen. I disse regulatorer benyttes siliciumdioder som tilbakestrømsperre istedenfor tilbakestrømsrelé. Da det bare er i liten utstrekning disse regulatorer har vært levert for lysanlegg i fiskefartøyer og en beskrivelse dessuten fordrer en inngående orientering om transistorer og halvledere, skal vi ikke her gå nøyere inn på elektroniske spenningsregulatorer.

Uansett hvilke regulatorstype som anvendes, vil det være avgjørende for regulatorens virkemåte at generatorens omdreiningstall er riktig valgt. Når man kjenner svinghjulets diameter og motorens største og laveste omdreiningstall, kan man kontrollere at generatoren får riktig hastighetsområde. Man finner diameteren for generatorens skive ved å multiplisere svinghjulets diameter med motorens største omdreiningstall og dividere med generatorens største omdreiningstall. Når generatorens remskive er bestemt, må man deretter kontrollere hvilken hastighet generatoren får ved motorens laveste omdreiningstall. Vi multipliserer svinghjulets diameter med

motorens laveste omdreiningstall og dividere med generatorskivens diameter og får da generatorens omdreiningstall ved laveste omdreiningstall for motoren. Dette må ligge over laveste grense for generatorens hastighetsområde. Hvis f. eks. generatorens hastighetsområde er 900 til 3600, bør man ha en generatorskive som gir en generatorhastighet ved motorens laveste omdreiningstall på ca. 1000 omdreininger pr. minutt.

I det foregående er behandlet lysanlegg med 12, 24 og 32 volt spenning. Høyere spenning velger man vanligvis ikke for disse automatiske batteri-anlegg for ikke å få for store spenningsvariasjoner på nettet.

Dersom det dreier seg om større fartøyer med større installasjoner, må man ty til høyere driftsspenninger, 110 eller 220 volt. Det brukes enten egne motoraggregater eller likestrømsgeneratorer drevet fra båtens fremdriftsmaskin, de såkalte akseldrevne generatorer.

Prinsippet for regulering av akseldrevne generatorer er stort sett overensstemmende med de beskrevne 24 volts anlegg, bortsett fra at de arbeider uten batteri.

Generatoren må kunne gi full ytelse over et stort hastighetsområde, og det fordres at regulatoren holder spenningen innen snevre grenser over hele dette område.

Ved større fiskefartøyer kan man med fordel benytte en kombinasjon av to adskilte lys-anlegg. Et 110 eller 220 volts anlegg som leverer teknisk strøm og et 24 volts anlegg som først og fremst leverer strøm til lys, nautiske instrumenter og til et reservebatteri. Det minste anlegg gjør det mulig å ha det nødvendige lys også når motoraggregatet er stanset.

### AKKUMULATORBATTERIET

Akkumulatorbatteriet er koblet parallelt med generatoren. Dens oppgave er å akkumulere, dvs. å samle opp elektrisk energi. Belastningen kan variere og legger ikke alltid beslag på hva generatoren yder. Endel av strømmen går da gjennom akkumulatorbatteriet hvor den bevirker en kjemisk prosess i platene. Herved oppsamles det energi, som igjen nyttes i form av elektrisk strøm når lysmaskinen, eller rettere sagt fremdriftsmotoren, ikke er i gang.

Et antall like store akkumulatorceller som er koblet sammen i rekke (i serie), danner et batteri. Batterispenningen, som må være den samme som anleggets, bestemmes av antall celler. Hvor meget energi batteriet kan samle opp, avhenger av cellenes størrelse eller kapasitet, som angis i ampèretimer. Et stort batteri er derfor en fordel da man har mer å gå på når båten ligger stille. Batteriet må også til en viss grad avpasses etter generatoren. For sterk lade-strøm gjennom lengre tid medfører varmeutvikling, og for høy temperatur kan ødelegge batteriet. På den annen side nytter det ikke å velge batteriet så stort at dynamoen sjelden eller aldri klarer å fylle det eller lade det helt opp. Man får aldri mer ut av et akkumulatorbatteri enn hva som er ladet inn, tvert imot får man ut endel mindre som følge av tap. Forholdet mellom hva som lades inn og hva som fåes igjen kalles batteriets virkningsgrad.

Av akkumulatører som brukes som båtlysbatterier finnes det to hovedtyper: blybatterier og alkaliske batterier (nikkel/kadmium batterier). Felles for dem begge er at hver celle består av to sorte plater, positive og negative, som er skilt fra hverandre ved hjelp av en isolasjon, og som er nedsatt i et kar, cellekaret. Karet er fylt med en væske, elektrolyten. De positive plater i en celle er innbyrdes forbundet, det samme gjelder for de negative. Flere celler kobles i serie ved at en positiv gruppe i den ene celle forbindes med den negative gruppe i neste celle.

### *Blybatterier.*

En blyakkumulatorcelle har en hvilespenning på ca. 2 volt og et 24 volts batteri blir følgelig sammensatt av 12 celler. Ved ladning stiger spenningen fra 2,10 volt til 2,65—2,70 volt pr. celle, mens den under utladning synker ned til 1,80 volt pr. celle. Anleggets spenning følger batterispenningen, og for at denne ikke skal variere for meget, innstiller man spenningsregulatoren på en konstant ladespenning f. eks. 2,35 volt pr. celle. Dette bevirker en kraftigere ladestrøm når batteriet på det nærmeste er utladet og en sterkt begrenset strøm når batteriet er oppladet, hvilket også har en heldig innvirkning på batteriets levetid.

Syrens konsentrasjon, eller dens spesifikke vekt, varierer ettersom



batteriet er oppladet eller på det nærmeste utladet: Ved utladning frigjøres det vann, og syren blir tynnere. Ved å måle syrens spesifikke vekt med en syremåler kan man følgelig innenfor visse grenser bestemme blybatteriets ladetilstand.

De mest brukte blybatterier ombord i båter er vanlige bilbatterier. De kalles også startbatterier og er først og fremst bygget med henblikk på å klare høye strømstyrker i kort tid. De har derfor mange og tynne plater. Hver plate består av et blygitter med påsmurt masse. Da batteriene er beregnet for motorvogner er de sterkt sammenbygde, syrevolumet er lite og syrekonsentrasjonen tilsvarende høy. Dette bidrar til at batteriet ikke tåler særlig høye strømstyrker i lengre tid. Derfor er det av største viktighet at batteriet velges stort nok, ellers vil det under lengre ladeperioder bli for varmt og etter hvert ødelegges. For store generatorer med ytelser som overstiger 100 amp. egner de seg ikke. Man kan dog parallellkoble batterier i flere grupper for derved å oppnå en større kapasitet.

En annen blyakkumulator med en konstruksjon bedre egnet som reservelysbatteri, er den såkalte rørplattetyper. Navnet skriver seg fra den positive plate hvor den aktive masse ligger innesluttet i perforerte rør. De negative plater er smurte gitterplater av solid konstruksjon. Da plasshensyn ikke spiller den samme rolle som for bilbatterier, har typen et større syrevolum og tåler derfor bedre langvarige strømstyrker. Levetiden er også lenger enn for bilbatterier.

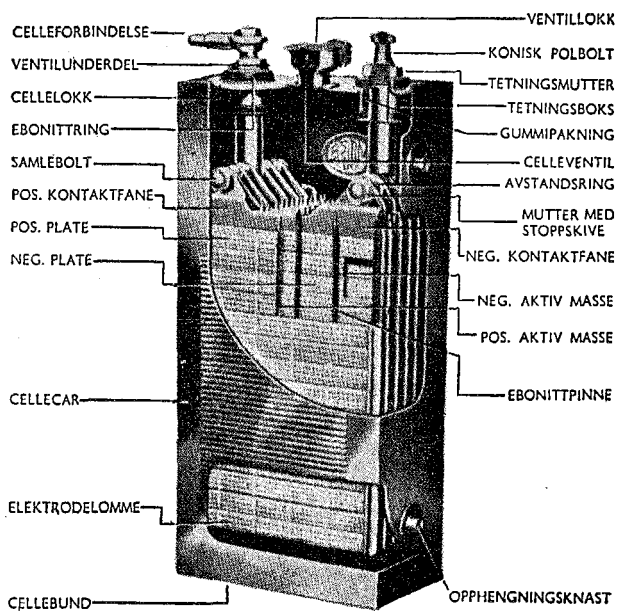
Ved et fulladet bilbatteri skal syrens spesifikke vekt være nærmere 1,28 mens den ved et utladet batteri kan gå ned i 1,13—1,14. Ved et rørplatebatteri vil syrens spesifikke vekt være 1,25 ved oppladet batteri og ca. 1,14 ved et utladet batteri.

#### *Det alkaliske batteriet.*

Man skiller mellom nikkel/kadmium-batterier og nikkel/jern-batterier. Begge typer har nikkeloksyd som positiv aktiv masse, mens de som negativ har enten kadmium eller jern. Nikkel/jern-celler brukes først og fremst i traksjonær tjeneste, typen har sterk selvutladning og egner seg ikke særlig godt til bruk i båter. Følgelig er det nikkel/

cadmium-typen som anvendes og i overveiende grad NIFE-akkumulatoren, som vi derfor skal beskrive her.

I NIFE-akkumulatoren ligger den aktive masse i platene innsluttet mellom perforerte jernbånd, også polbolter og cellekar er av jern. Platene er isolert fra hverandre med ebonitpinner. Elektrolyten er en lut og består av kaliumhydroksyd oppløst i destillert vann. Da syre angriper jern vil påfyllingen av selv det minste kvantum ødelegge en NIFE-akkumulator. Lutopløsningen skal ha en spesifikk vekt av 1,19 og da elektrolyten, i motsetning til i et blybatteri, ikke deltar i den kjemiske prosess, holder den spesifikke vekt seg konstant. Man kan altså ikke, på samme måte som ved blyakkumulatoren, måle cellens spesifikke vekt og derav slutte seg til batteriets ladetilstand.



En gjennomskåret NIFE-celle

I en NIFE-celle står de positive plater ytterst og er ikke isolert fra cellekaret. De enkelte celler må altså isoleres fra hverandre, og de kan ikke stilles sammen som ved et blybatteri hvor cellekarene består av et isolerende stoff. Av samme grunn må man passe på at ikke

mutrer, skruer e. l. faller ned mellom cellekarene. Det vil kunne kortslutte noen celler i batteriet.

Spenningen av en NIFE-celle er gjennomsnittlig 1,2 volt, men også her varierer lade- og utladespenningen. Under ladning kan spenningen pr. celle gå opp til vel 1,7 volt og ved utladning synker den til 1,1 volt. Et 24 volts NIFE-batteri sammensettes av 19 celler og regulatorens spenning kan passende legges på vel 1,6 volt pr. celle. Da NIFE-akkumulatoren tåler høye strømstyrker og også overladning, kan man tillate seg en relativt høyere spenningsgrense for derved å få en mer effektiv ladning av batteriet. På den annen side blir spenningsvariasjonen på anlegget noe større enn ved et blybatteri.

NIFE-akkumulatoren har stor mekanisk styrke og den tåler temmelig røff behandling. Som ovenfor nevnt tåler den overladninger, men da energien som ikke utnyttes istedenfor foranlediger en elektrolyse med sterk gassutvikling, må etterfyllingen med destillert vann ikke neglisjeres. Den tåler langt drevne utladninger, tilfeldige kortslutninger, og da NIFE-akkumulatoren praktisk talt ikke har selvutladning, kan den stå uten pass i årevis uten å ta skade. Frysning kan man se bort fra da elektrolyten først fryser ved  $\div 30^{\circ} \text{C}$  uansett ladetilstanden, og selv dette behøver ikke ødelegge akkumulatoren. Den egner seg derfor utmerket for bruk i fiske-skøyter, men er i forhold til blyakkumulatoren ganske kostbar. Den har også noe dårligere virkningsgrad, hvilket dog ikke spiller noen praktisk rolle ved en drift det her er tale om.

### LEDNINGSANLEGGET

Anlegg under 28 volt er ikke underlagt det offentlige Elektrisitets-tilsyn. Dette gir en viss frihet, men en frihet som ikke må misbrukes. De gjeldende regler for ledningstverrsnittet er gitt først og fremst for å hindre skadelig oppvarming av ledningene som i uheldigste tilfelle kan medføre brann. Da risikomomentet ved brann eller annet uhell er større i en fiskebåt enn i et hus, så følger det av seg selv at man mest mulig må følge forskriftene selv om man ikke er tvungen til det.

I nær forbindelse med ledningstverrsnittet står størrelsen av sikringene. Hvert ledningstverrsnitt har sin sikringsstørrelse, og hvis

man forgrener anlegget og samtidig går over til mindre tverrsnitt bør de nye ledninger sikres med tilsvarende mindre sikringer. Ellers blir jo den mindre ledning sikret med en for stor sikring, hvilket vil si det samme som at ledningen kan belastes med større strømstyrker enn den tåler uten at sikringen går. I mer eller mindre grad har det alltid vært syndet mot disse regler når det gjelder lysanlegg for fiskebåter. Øket ledningstverrsnitt og flere sikringer fordyrer selvfølgelig anleggene noe, og dette i forbindelse med den manglende kontroll har gjort det fristende å slå av på fordringene. Erfaring har imidlertid etter hvert vist at de beste anlegg allikevel i lengden blir de billigste driftsmessig sett.

Som fordelingsledninger benyttes mest omspunnet blykabel. Den har vist seg å gjøre utmerket tjeneste ombord i fiskefartøyer. For større tverrsnitt anbefales gummiblykabel med jerntrådarmering og ytre plastkappe.

Dersom båten bygges til Veritas klasse må en undersøke hvilke kabeltyper som er godkjent av Det Norske Veritas. Kabelen festes med messingklemmer og det benyttes spiker eller skruer av messing, ikke jern.

Selve kursfordelingen blir installatørens sak, denne bør alltid utarbeide en ledningsplan på forhånd. Som oftest vil det passe fra tavlen i maskinrommet å gå med en kurs forover og en akterover, samt en opp til styrehuset. Denne fordeles til lanterner, lyskaster og belysning. Bruker man ikke fordelingstavle i styrehuset bør man ha egen kurs på lyskasteren direkte fra tavlen.

Fordelingsbokser skal være av metall, og alt armaturet i det fri skal være vanntette typer. Stikkontakter bør anbringes i maskinrommet og over alt hvor en håndlampe eller bevegelig armatur kan trenge. Lanternene bør kunne tennes og slukkes hver for seg fra førerhuset. Lanternene kan gjerne være kombinert med elektriske holdere innsatt på parafinbrenneren istedenfor lampeglasset, men holderne bør i så tilfelle være tilknyttet lysnettet gjennom stikkontakter. Spesielle elektriske lanterner derimot kobles fast til nettet. Angående størrelsen av lanternene henvises til gjeldende sjøfartsregler bl. a. gjengitt i «Veiledning i utførelse, vedlikehold og skjøtsel av elektriske anlegg i fiskefartøyer» utgitt av Norges Vassdrags- og

Elektrisitetsvesen. For ledningsanleggets vedkommende henvises det også til de generelle betraktninger i denne brosjyre.

Ved anskaffelse av anlegg kan det sies å være en almen regel at anleggene ikke bør velges for små. Det viser seg alltid at man etterpå har bruk for flere lampepunkter enn fra først beregnet, og dessuten melder det seg stadig nye krav. Foruten den vanlige belysning kan man ha ladning av bøyelykter, og anlegget skal gi strøm til en radiomottaker. I enkelte tilfelle utstyres motoren med elektrisk tenning som krever forholdsvis meget strøm i kort tid, og altså setter øket krav til batteriet. Det samme gjelder for elektrisk reversering som også kan komme til å få betydning i framtiden.

### SKJØTSEL

Det henvises til den før omtalte veiledning utgitt av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen hvor skjøtsel og vedlikehold av båtlysanlegg er utførlig behandlet. For anleggene medfølger også fra leverandørene skjøtselforskrifter som bør følges på det nøyaktigste.

For øvrig kan det ikke nok understrekes at et godt pass og godt vedlikehold av anlegget er av avgjørende betydning for anleggets holdbarhet.

### FEILSØKNING

#### *Ledningsnettet.*

Ved båtlysanlegg skal anleggets poler begge være isolert fra jord, dvs. fra båtmotoren og platekledningen i maskinrommet, barduner osv. Dette må ved en nyinstallasjon kontrolleres før anlegget overtas. Feil på ledningsnettets gir seg som regel til kjenne ved kortslutning, sikringene for vedkommende ledningskurs vil da brenne av, eventuelt går også hovedsikringen for hele anlegget. At en sikring går, behøver dog ikke bety en feil, overbelastning kan også være årsaken. Ser man ingen direkte feil, får man gjøre et overslag om så kan være tilfelle, og forsøke med å sette inn en ny sikring etter at belastningen er minsket. Går sikringen igjen, må feilen finnes.

Man må da undersøke den del av anlegget som henhører under vedkommende sikring, særlig de utsatte punkter hvor kabelen er åpen, i stikkontakter, lampepunkter og i tilfelle i koblingsbokser. Særlig lampepunkter på dekk og i masten kan være årsak til feil,

her er det mulighet for at det er oppstått overledning. Sjøvann kan ha trengt inn og angrepet kontakter og isolasjon hvorved der dannes mer eller mindre kontakt mellom anleggets poler, eller mellom en pol og jord. Hvis den ene leder fra før av har forbindelse til jord, vil den sistnevnte overledning også arte seg som kortslutning. En slik overledning på en av polene kan oppstå ved uforsiktig montering ved innføring i pakkbokser av metall, eller ved at kabelen skades ved skjødesløshet, f. eks. med en eller annen skarp gjenstand.

Man skal også være oppmerksom på at enkelte forbruksapparater kan være forbundet med jord. Således vil elektriske startplugger for båtmotorer oftest ha den ene side av motstandspolen til jord. Så lenge tenningen står på er altså den ene side av anlegget jordet. Herav følger at et elektrisk startanlegg bare må monteres i forbindelse med anlegg som er fullkomment isolert, og lysnettet må ha 2-polet bryter og bør være topolet sikret.

Det finnes også andre forbruksapparater hvor en pol er jordet, f. eks. elektrisk vifte for sentralfyringsanlegg. Hvis belysningsbatteriet leverer glødestrøm til en radiosender, så er denne alltid utstyrt med jordforbindelse, hvilket medfører at batteriets ene pol er jordet når radiosenderen brukes. Ved feilsøking bør en derfor notere seg alle apparater og motorer etc. som er tilkoblet anlegget, og være særlig oppmerksom på de ovenfor nevnte jordete forbindelser som kan være til stede.

Installerer man i et eldre anlegg et nytt forbruksapparat som har jordet forbindelse, må man selvfølgelig undersøke om det før finnes apparater med jordet forbindelse, og i så fall sørge for at samme pol blir jordet. Dette skulle synes en selvfølge, men i praksis har det allikevel vist seg at det overses. Feilen viser seg jo ikke uten at begge apparater er innkoblet samtidig, og det behøver jo ikke å skje før lenge etter at installatøren har forlatt båten.

En oppstått feil lar seg ofte straks lokalisere. Oppstår feilen i forbindelse med innkobling av et bestemt apparat eller ledningsdel, så har man jo straks en direkte rettleiing. Ellers må feilsøking alltid foregå systematisk, man lokaliserer de enkelte ledningsdeler og søker etter hvert utover anlegget inntil feilen er avslørt. Er det kabelen som er defekt, vann kan ha trengt inn s<sup>å</sup>

isolasjonen er dårlig, så må den skiftes ut i hele sin lengde og ikke skjøtes på utsatte steder. Skjøtene skal alltid være plassert i bokser plassert på godt beskyttede steder under dekk.

### *Batteriet.*

Dårlig kontakt ved batteriklemmene er ofte årsak til feil. Særlig med strømregulerte generatorer er gode kontakter av avgjørende betydning da batteriet her inngår i reguleringssystemet. Uten batteri, eller med for dårlige kontakter, løper spenningen opp og lampene springer. Ved spenningsregulerte anlegg blir følgene mindre og feilen lokaliseres jo lett ved at lyset bli borte bare når generatoren stanser. Blybatterier for båter bør helst ha påsveiset skrukontakter slik at batteriledningen kan forsynes med en solid kabelsko. De vanlige koniske tapper er der med henblikk på batterienes bruk i biler, og de tilhørende batteriklemmer vil etter en tid opptæres av svovelsyren. Slike kontakter må derfor med mellomrom utskiftes og ofte etterses og innsføres med syrefri vaselin. Et blybatteri har en meget begrenset levetid og batteriets endelig har ofte gitt seg tilkjenne ved at en celle i batteriet blir kortsluttet. Det vil ha dårlig lampespenning til følge særlig når dynamoen ikke lader, og når dynamoen lader vil ladestrømstyrken bli for høy da batteriet gir mindre motspenning.

At batteriet er ferdig gir seg også tilkjenne ved at batteriets kapasitet går ned til nærmere null, man får ikke lenger noen nytte av batteriet når motoren står. Har tendensen vært tilstede gjennom litt lengere tid kan man jo være temmelig sikker, men ellers er det ikke alltid så lett å avgjøre om batteriet er ferdig og defekt, eller om det bare er utladet. Andre feil som kan oppstå i batteriet er sprekke i en mellomvegg. Dette har også tilfølge at batteriets spenning synker, cellene på hver side av sprekken vil virke som en celle. Et batterikar med feil i kan ikke repareres, det må utskiftes med nytt.

Et NIFE-batteri som gjennom lang tid er utsatt for underladning hvilket kan skje i anlegg hvor generatoren er for liten i forhold til belastningen, kan etter hvert svekkes sterkt i kapasitet. Batteriet kan ofte bringes i orden igjen ved en del kraftige overladninger.

### *Generator og regulator.*

Feil ved en generator kan man neppe regne med å få rettet ombord. Selv utskifting av kulelagre bør foretas av en som har dertil passende verktøy.

Regulatoren er et ømfintlig apparat, men behøver ikke noe regelmessig tilsyn. Nødvendig ettersyn og reparasjon bør foretas av fagfolk, og ved mange typer er garantien avhengig av at der ikke foretas noe inngrep. I alle tilfelle bør leverandørens anvisninger strengt følges.

### VEKSELSTRØMSANLEGG PÅ FISKEFARTØYER

Inntil begynnelsen av 1950-årene var det så å si utelukkende likestrømsanlegg på skip. I de senere år er vekselstrømsanlegg blitt mer og mer aktuelt, og i dag bygges det ytterst sjelden større skip med likestrømsanlegg for norsk regning. På enkelte spesialskip og på mindre fartøyer, f. eks. fiskefartøyer, har imidlertid likestrømmen enkelte fordeler som gjør at den ofte foretrekkes framfor vekselstrøm. På litt større fiskefartøyer med relativt mange motorer har man imidlertid begynt å innføre vekselstrømsanlegg på nybygg, fordi den vanligste vekselstrømsmotoren — asynkronmotoren eller kortslutningsmotoren — ikke finner sin like med hensyn til enkelhet, robusthet, driftssikkerhet og nøysomhet når det gjelder vedlikehold, pleie og ettersyn. Kortslutningsmotorene er også de billigste på markedet.

Vekselstrømsgeneratorene regnes også for mer robuste enn likestrømsgeneratorene, fordi man ved de fleste utførelser unngår kommutatoren. Kommutatorer med børster krever vedlikehold og kan være temmelig ømfintlige overfor kortslutningsstrømmer. Videre kan gnistdannelse ved kommutatorbørstene forstyrre radioforbindelsen.

En ofte vesentlig ulempe ved kortslutningsmotorene — som jo ellers har så mange fordeler — er at man ikke så enkelt som ved likestrømsmaskiner kan regulere omdreiningstallet. For de fleste forbrukere har dette ingen betydning, mens det for andre er absolutt nødvendig, f. eks. for vinsjer, ankerspeil m. m. 2 og 3 (og 4) hastighetstrinn kan man oppnå ved såkalte polomkobbeltbare kort-



slutningsmotorer uten at disse blir mindre robuste og «vedlikeholds-fri». Motorene blir da som regel noe større og det nødvendige reguleringsutstyret blir dyrere og mer komplisert.

En annen mulighet for å regulere omdreiningstallet for kortslutningsmotorer er å benytte såkalte sleperingsmotorer som kan reguleres trinnløst eller med mange små trinn. Reguleringsområdet for sleperingsmotorene er imidlertid begrenset, og man mister noe av kortslutningsmotorenes enkelhet og nøysomhet m. h. t. vedlikehold. Sleperingsmotorene er dessuten dyrere enn rene korstslutningsmotorer, og reguleringen krever endel fordyrende tilleggsutstyr.

Den vesentligste ulempe ved vekselstrømsanlegg på mindre fartøyer, så som fiskefartøyer o. l. er imidlertid at man ikke så enkelt som ved likestrømsanlegg kan ha energireserve i form av akkumulatorbatterier når hovedmotorene eller hjelpeaggregatene står stille. Man er henvist til å ha hjelpeaggregat gående bestandig hvis man ikke får strømtilførsel fra land eller har dyre roterende omformere i forbindelse med akkumulatorbatteri. Det siste er ikke alminnelig, og det senker virkningsgraden for akkumulatoranlegget. Når man har endel motorbelastning ombord også når fartøyet ligger stille, slik som på større fiskefartøyer med fiskeforedlingsanlegg, fryseanlegg o. l. slik at det blir mest økonomisk å ha hjelpeaggregat ombord, er det oftest mest hensiktsmessig og økonomisk å velge vekselstrømsanlegg.

## ELEMENTÆR VEKSELSTRØM-TEORI

### *Enfase vekselspanning.*

Den elektriske vekselspanning måles som ved likespenning i volt ved hjelp av voltmeter. Vanlig vekselspanning på lysnettet på land er 220 V, men det nyttes også andre spenninger enkelte steder i Norge. På skip nyttes oftest 110 V eller 220 V til lyset og 220 V, 380 V eller 440 V til motorene. I motsetning til likespenningen skifter vekselspanningen retning med tiden slik som vist i fig. 13. Figuren viser hvorledes spenningen varierer i det vi kaller én periode. Perioden har man valgt å dele i 360 elektriske grader fordi dette er hensiktsmessig når man skal beskrive en del forhold ved vekselstrømmen som vi skal komme tilbake til nedenfor.

På det norske lysnett og ofte på skip skifter spenningen så ofte at den har sin høyeste verdi den ene veien (positiv retning) 50 ganger i sekundet. Da har den også sin høyeste verdi den andre veien (negativ retning) 50 ganger i sekundet, og må altså være 0 (ingen spenning) 100 ganger i sekundet. Perioden er da  $\frac{1}{50} = 0,02$  sek. Vi sier da at vi har 50 perioders vekselspenning. På skip nyttes det også ofte 60 perioder pr. sek. slik som i det amerikanske lysnettet. En periode blir da  $\frac{1}{60} = 0.0167$  sek. Av hensyn til landtilkoblingsmulighetene vil vi for de relativt små anleggene på fiskebåter, ferjer etc., foreslå 220 V, 50 p/s.

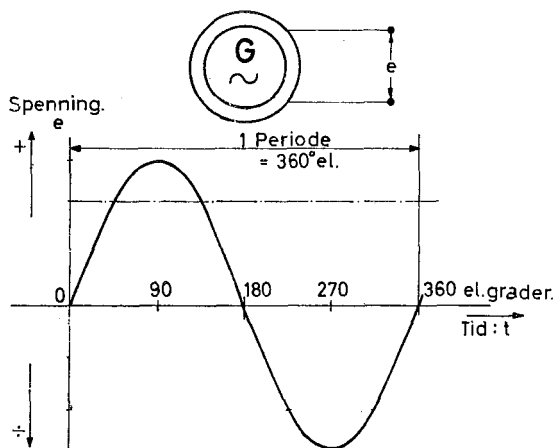


FIG. 13. Vekselspenning

### Vekselstrøm.

Kobler vi en såkalt ohmsk belastning, — det kan være en glødelampe eller en elektrisk ovn — til en vekselstrømsgenerator, vil det flyte en vekselstrøm i den lukkede kretsen som dannes av generatoren og forbrukeren. På fig. 14 viser den heltrukne linje hvordan vekselstrømmen varierer med tiden. Den prikkede linjen viser spenningen som driver strømmen gjennom kretsen. Sistnevnte kurve er den samme som på fig. 13. Ved et tilfeldig valgt tidspunkt, f. eks.  $t_1$  på figuren er spenningen så stor som avstanden fra nullinjen til punktet A, mens strømmen er fremstilt som avstanden fra punkt B til nullinjen. På figuren er strøm- og spenningsdiagrammene lagt oppå

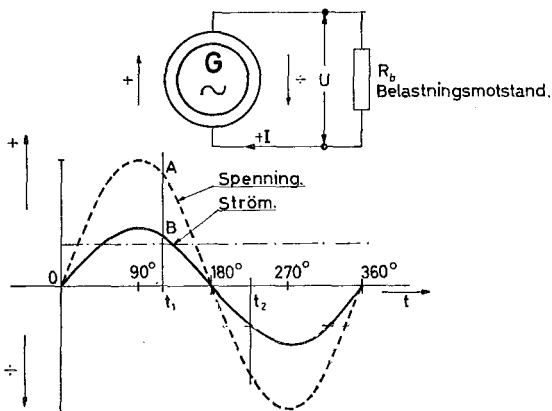


FIG. 14. Vekselspenning og strøm ved ohmsk belastning

hverandre med sammenfallende nullinjer eller tidsakser for å lette sammenligningen av diagrammene. Spenningen bestemmes av generatoren, mens strømstyrken er avhengig av spenningen og motstanden i kretsen, dvs. fortrinnsvis av motstanden i forbrukerne, som er meget større enn den indre motstanden i generatoren. Ohms lov  $E = I \times R$  eller  $I = \frac{E}{R}$  gjelder også for énfase vekselstrøm. Ved tidspunktet  $t_1$  trykker spenningen strømmen i den ene retningen (den retningen som vi har valgt å kalle positiv). I tidspunktet  $t_2$  trykker spenningen strømmen i den andre retningen (kalt negativ retning på figuren). Det flyter ingen strøm når spenningen er null, og det er den jo 100 ganger i sekundet ved 50 p/s, (120 ganger i sekundet når vi har 60 p/s). Vi merker imidlertid ikke at lyset fra glødelampen og lysstoffrøret veksler fordi det varierer så hurtig, og fordi lampene har en viss treghet, dvs. de slukker ikke helt øyeblikkelig fordi om strømmen synker til nullpunktet.

Om strømmen flyter i den ene eller annen retning er likegyldig for lampens lys. Det kan vi jo se når vi bytter om klemmene på et lommelyktbatteri som leverer strøm til en lommelyktpære.

#### Ytelse.

Også for énfasert vekselstrøm (2 ledninger) gjelder loven fra likestrømsteoriene:

Ytelse:  $P$  (watt) =  $E$  (volt)  $\times$   $I$  (ampère)

eller:  $I = P : E$ .

For at dette skal være riktig, ikke bare i hvert enkelt tidspunkt, f. eks.  $t_1$  og  $t_2$  på fig. 14, men også i middel over lengre perioder, viser vekselstrømsinstrumenter ikke de maksimale strøm- og spenningsverdiene, men en slags gjennomsnittsverdi som vi kaller effektivverdier. Denne er antydnet med strek-punktert linje på fig. 13 og 14. Dette behøver en i alminnelighet ikke å tenke på, for alle vekselstrømsinstrumenter er laget for å vise denne effektivverdien som en altså kan lese av direkte på skalaen. Når man snakker om f. eks. 5 amp. vekselstrøm eller 220 volt vekselspanning, mener man alltid effektivverdiene hvis man ikke uttrykkelig sier noe annet. Det kan imidlertid være interessant å vite at hvis man samtidig tar på 2 av ledningene i et 220 volt nett (det kan være livsfarlig), får man i virkeligheten en spenning som veksler 100 ganger i sekundet mellom maksimalverdiene  $+ 312$  og  $- 312$  volt gjennom seg. Hvis man tar bare på en av ledningene, kan man få samme maksimale spenning gjennom seg, men normalt — dvs. hvis isolasjonen på anlegget er i orden — får man «bare» maksimalt 180 V som er normal spenning mot jord på et 3-fase nett (se nedenfor). Denne spenningen kan også være livsfarlig.

*Ohmsk og induktiv belastning —  $\cos. \varphi$  (uttales kosinus fi).*

Vi skal nå komme inn på noe vi kaller faseforskyvning mellom vekselstrømspenning og vekselstrøm og som ikke finnes ved like-spenning og likestrøm (så lenge disse ikke forandrer seg). Fig. 14 viste spenning og strøm ved såkalt ohmsk belastning, det er f. eks. glødelamper og elektriske ovner, altså belastning som ikke har noe med magnetisering å gjøre.

Fig. 15 viser hvordan strømmen blir forskjøvet  $\frac{1}{4}$  periode ( $90^\circ$ ) i forhold til spenningen når vi til en vekselspenningskilde, f. eks. en generator, kobler en magnetiseringsspole, dvs. en såkalt induktiv belastning.

Faseforskyvningen gjør at vi ved vekselspanning og strøm må skille mellom det vi kaller aktiv strøm som går i ohmsk belastning og

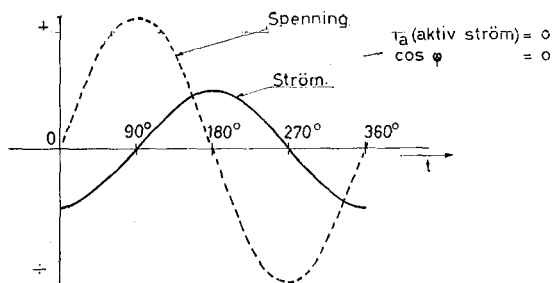


FIG. 15. Faseforskyvning ved rent induktiv belastning

reaktiv- eller induktiv- eller magnetiserings-strøm som går i reaktiv eller induktiv belastning. Det er belastningen, ikke generatoren som bestemmer om det blir aktiv eller reaktiv strøm og effekt. Forholdet mellom den aktive og den totale strøm som går i ledningen (sistnevnte kan vi måle direkte med ampèremeter), kalles effekt-faktoren eller  $\cos \varphi$ .

Effektfaktor = aktiv strøm : total strøm.

Dette skrives oftest slik:  $\cos \varphi = \frac{I_a}{I}$ .

Grunnen til faseforskyvningen er at elektrisk strøm ikke kan forandre styrke momentant selv om spenningen kan det. Strømmen har en viss tregghet fordi all elektrisk strøm danner et såkalt magnetisk felt omkring seg. Denne egenskapen ved strømmen kommer særlig til uttrykk når vi lar den gå gjennom en magnetiseringsspole slik som vi finner den i motorer, transformatorer o.l. Vi kaller dette induktiv belastning.

Kortslutningsmotorer bruker mest aktiv strøm og effekt.

Aktiv effekt = aktiv strøm  $\times$  spenning

skrives:

$$P_a = I_a \times E$$

som brukes til det mekaniske arbeidet motoren utfører, men den trenger også noe reaktiv (induktiv) magnetiseringsstrøm og effekt:

Reaktiv effekt = reaktiv strøm  $\times$  spenning

$$P_r = I_r \times E$$

særlig ved start og oppkjøring av motoren. Når kortslutnings-motorene går fullt belastet, er effekt-faktoren =  $\cos \varphi$  mellom

0,75 og 0,90, avhengig av hvor stor motoren er. Transformatorer trenger også 2—4 % reaktiv magnetiseringsstrøm for egenmagnetisering.

### 3-fase spenning og strøm.

Fig. 13—15 viser såkalt énfasert spenning og strøm. Hvis man vikler vekselstrømsgeneratorens hovedvikling i 3 grupper etter et visst system og kobler disse sammen på en bestemt måte, kan man ta ut såkalt 3-faset spenning over 3 ledninger og dermed 3-fase strøm når kretsen sluttet over 3 énfase belastninger (lyspærer, varmeovner, kokeplater m. m.) eller en eller flere 3-fase belastninger (f. eks. kortslutningsmotorer). Fig. 16 viser hvordan spenningen varierer i de 3 ledningene eller fasene som de ofte kalles, og hvordan de er forskjøvet  $\frac{1}{3}$  periode i forhold til hverandre i tid (faseforskjøvet). Hver av spenningene kan trykke frem en strøm som igjen vil være faseforskjøvet i forhold til spenningene dersom belastningen trenger reaktiv (induktiv) magnetiseringsstrøm.

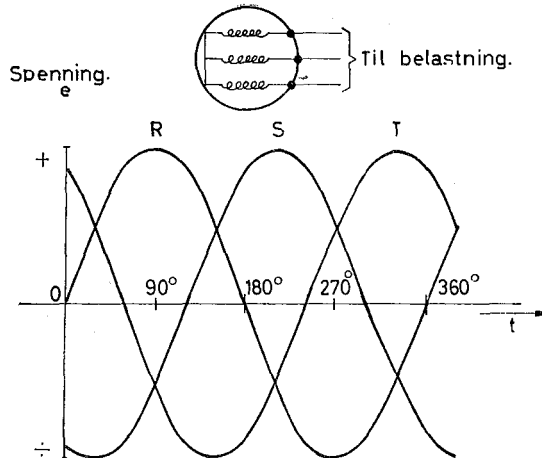


FIG. 16. 3 fase spenning

Kortslutningsmotorer som er større enn ca. 0,5 hk er nesten alltid 3-fase motorer. Den mekaniske ytelse eller effekt som en 3-fase kortslutningsmotor avgir fra akseltappen er:

$$P \text{ (Watt)} = \text{virkningsgrad} \times 1,73 \times E_{\text{linje}} \times I_{\text{fase}} \times \cos. \varphi$$

(Husk: 1000 Watt = 1 kW = 1,36 hk (hestekrefter).

Tallet 1,73 kommer med på grunn av at det er en 3-faset motor. Virkningsgraden som er forholdet mellom den mekaniske ytelse man kan få ut av motoren og den elektriske ytelse man mater inn i motoren, ligger vanligvis mellom 0,75 ved små motorer (0,5—2 hk) og 0,9 ved større motorer (ca. 50 hk og større). Effektfaktoren =  $\cos. \phi$  er som regel omtrent så stor som virkningsgraden.

Einfase-motorer (som regel små) opptar følgende aktive elektriske ytelse fra nettet:

$$P = E \times I \times \cos. \varphi$$

og avgir den mekaniske ytelsen:

$$P = \text{virkningsgraden} \times E \times I \times \cos. \varphi$$

Ved ohmsk belastning (f. eks. lys og varme) er  $\cos. \varphi = 1,0$  slik at vi kan regne som ved likestrøm:

$$P = E \times I.$$

### *Vekselstrømsgeneratoren.*

Nesten all vekselstrøm både på land og i båter produseres i såkalte synkrongeneratorer. Prinsippet for fremstillingen, nemlig at det oppstår en spenning i en leder som beveges på tvers av et magnetisk felt, og at det virker en kraft på en leder i et magnetisk felt når det går en strøm i lederen, er det samme i alle elektriske maskiner. I synkronmaskinene lar man, i motsetning til ved likestrømsmaskinene, som regel hovedviklingen (den viklingen som man vil produsere strøm i) stå stille, mens feltviklingen og dermed det magnetiske felt beveger seg, dvs. det roterer. Hovedviklingen kalles derfor ofte statorviklingen, mens feltviklingen ofte blir kalt rotorviklingen. Også i likestrømsmaskinene skifter spenning og strøm i retning i de enkelte ledere når maskinen roterer, men i likestrømsmaskinene blir de likerettet, dvs. koblet om, ved hjelp av kommutatoren før de kommer til maskinens tilkoblingsklemmer. Denne omkoblingen slipper man ved vekselstrømsmaskinene, noe som gjør disse i prinsippet enklere og derfor mer robuste. Synkronmaskinenes magnetiseringsstrøm må tilføres rotorviklingen over børster og sleperinger, men magnetiseringseffekten ( $P_{\text{magn}} = I_{\text{magn}} \times E_{\text{magn}}$ ) er bare noen få

prosent av hovedviklingens effekt, slik at strømoverføringen til den roterende del av maskinen er enklere ved synkronmaskinene enn ved likestrømsmaskinene, der jo hovedviklingen er plassert på den roterende del.

### *Magnetisering.*

En ulempe ved synkronmaskinen som vekselstrømsgenerator er det at den trenger likestrøm til magnetiseringen, mens den jo fremstiller vekselstrøm. Denne likestrømseffekten som nok er relativt liten, må man hente et eller annet steds ifra, og dette kompliserer anlegget noe. Man kunne ta den fra et batteri, men batteriet må da lades med likestrøm fra tid til annen, og dermed er man i grunnen like langt.

Den vanlige måte å frembringe den nødvendige magnetiseringsstrømmen på er å koble en relativt liten likestrømsdynamo, som da ofte kalles en magnetiseringsmaskin, til synkrongeneratorens aksel og ta ut likestrømmen fra magnetiseringsmaskinens børster og føre den til synkrongeneratorens sleperinger. Denne metoden benyttes som regel ved større maskiner, f. eks. i kraftstasjoner på land, mens det ved mindre maskiner, f. eks. på skip, etterhvert er blitt vanlig å likerette en del av vekselstrømmen som generatoren selv produserer og benytte denne likestrømmen som magnetiseringsstrøm for synkrongeneratoren. Denne metoden som etterhvert ser ut til å kunne komme til å bli stadig mer benyttet også ved større maskiner i kraftstasjoner på land, er blitt praktisk mulig etter at man utviklet de moderne, driftssikre, vedlikeholdsfri og plassparende såkalte halvlederlikerettere, fortrinnsvis de som bygger på grunnstoffet silisium. Rent silisium som tilsettes meget små og ganske bestemte mengder av forskjellige andre stoffer får likeretteregenskaper, dvs. at det slipper strømmen igjennom i bare en retning, eller for å si det på en annen måte: det har meget stor elektrisk motstand i den ene retningen (sperreretningen), mens motstanden er meget liten i den andre retningen.

### *Spenningsregulering av synkrongeneratorer.*

På fig. 17 er vist et eksempel på det omtrentlige forløp av klemmespenningen på en synkrongenerator når belastningsstrømmen stiger



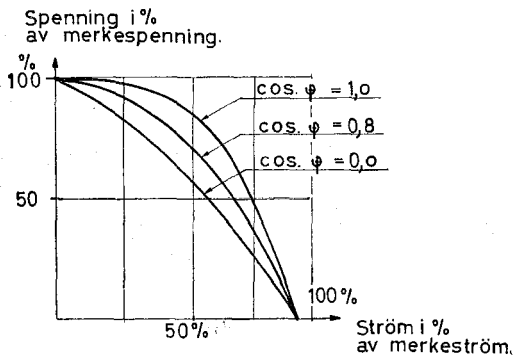


FIG. 17. Eksempel på en synkrongenerators ytre karakteristikk ved konstant magnetisering

og vi holder omdreiningstallet og magnetiseringsstrømmen konstant på den verdien som gir merkespenningen = nominellspenningen (det er den spenningen som generatoren er stemplet med) når generatoren går i tomgang (ubelastet). Det fremgår av kurven at spenningen synker meget sterkt når belastningsstrømmen øker, og at spenningsfallet er større ved induktiv strøm enn ved rent ohmsk belastning.

En slik konstant magnetisert synkrongenerator er selvfølgelig ubrukelig som spenningskilde for vanlige forbrukere både på land og sjø. Dette kan vi rette på ved å øke magnetiseringsstrømmen når belastningen øker. På fig. 18 viser den heltrukne kurven hvordan spenningen øker ved økende magnetiseringsstrøm på en ubelastet

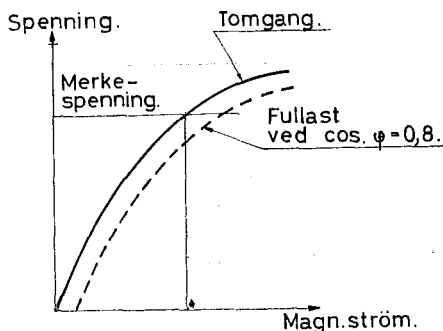


FIG. 18. Magnetiseringskarakteristikk

generator som løper med konstant omdreiningstall. En slik kurve kalles synkrongeneratorens tomgangskaracteristikk. Den stiplede linjen viser det samme når generatoren belastes med merkestrøm ved  $\cos. \varphi = 0,8$  (som er en ofte benyttet effektfaktor).

Andre belastningsstrømmer og effektfaktorer gir tilsvarende kurver parallele med de som er vist. Kurvene er krumme fordi jernet blir mettet med magnetisering når magnetiseringsstrømmen øker. Det betyr at det er en grense for hvor meget jernet kan magnetiseres selv om vi øker magnetiseringsstrømmene i viklingen.

Man ser av kurvene at spenningen synker når vi øker belastningen ved konstant magnetisering, og at vi kan øke spenningen igjen til merkespenningen ved å øke magnetiseringsstrømmen. Hvor meget magnetiseringsstrømmen må forandres for å holde klemmespenningen konstant ved forskjellige belastnings på- og av-slag, kan man måle eller beregne eller ta ut av kurver. Forandringen kan vi gjøre for

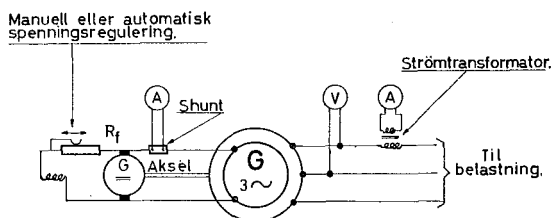


FIG. 19. Prinsipp for trefasegenerator med magnetiseringsmaskin

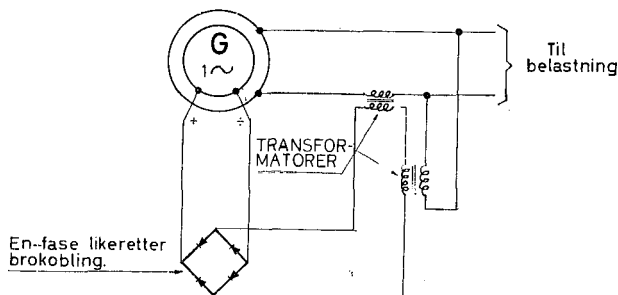


FIG. 20. Magnetiseringsregulering på enfasegenerator

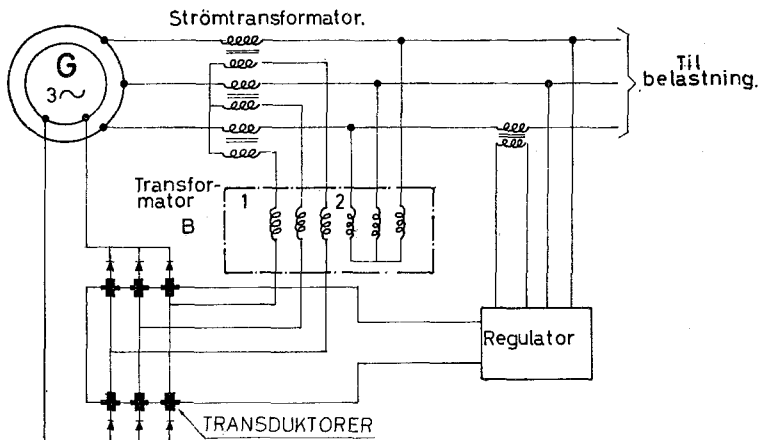


FIG. 21. Magnetiseringsregulering på trefasegenerator

hånden ved hjelp av f. eks. en regulerbar motstand i magnetiseringsmaskinens magnetiseringskrets. Se  $R_f$  på fig. 19. Slik håndregulering er umidlertid upraktisk da man i tilfelle stadig måtte kontrollere og etterregulere spenningen ettersom belastningen forandres. I praksis er derfor spenningsreguleringen alltid automatisk, og det finnes et uall av prinsipper og typer for slike regulatorer.

Fig. 20 viser et forenklet eksempel på automatisk spenningsregulering på en én-fase synkrongenerator som magnetiseres ved å likerette en del av den vekselstrømmen generatoren selv produserer ved hjelp av tørrlikerettere (halvlederlikerettere). Dette prinsippet benyttes i dag på de fleste såkalte konstantspenningsgeneratorer for skipsbruk.

Fig. 21 viser et eksempel på reguleringen av en 3-fase generator som magnetiseres etter samme prinsippet som én-fasegeneratoren på fig. 20.

Av figurene 17 og 18 ser man at man kan oppfatte den nødvendige magnetiseringsstrøm som summen av en konstant magnetiseringsstrøm (tomgangmagnetiseringen), som gir merkespenningen ved ubelastet maskin, pluss en magnetiseringsstrøm som er avhengig av (proporsjonal med) belastningsstrømmen. Dette er ved den koblingen som er vist på fig. 21, oppnådd ved at man ved hjelp av transfor-

matoren B legger sammen en konstant trefase vekselspenning (i vikling 2) og en trefase vekselspenning (i vikling 1) som varierer (er proporsjonal) med generatorens belastningsstrøm.

Transformatoren virker slik at den vekselspenningen som kommer ut av den, er proporsjonal med summen av de to vekselspenningene vi puttet inn i den.

Vekselstrømmen fra transformatoren blir omdannet til en proporsjonal likestrøm (likerettet) ved hjelp av den koblingen med likerettere som er vist på figuren. Likestrømmen lar vi gå over børster og sleperinger til generatorens polhjul.

Det prinsippet som er beskrevet ovenfor kan være tilstrekkelig til å fremskaffe den nødvendige magnetiseringslikestrøm og regulere denne automatisk slik at spenningen holdes konstant. På fig. 21 er imidlertid også vist en regulator som består av en kobling av ikke-bevegelige, robuste komponenter, som ved hjelp av en spesiell form for spoler som kalles transduktorer eller magnetiske forsterkere, «finregulerer» magnetiseringsstrømmen og gjør reguleringen enda hurtigere. Denne ekstra reguleringen gjør også at vi kan få flere generatorer til å arbeide parallelt når belastningen er for stor for en maskin, og da automatisk fordele den reaktive belastning likt mellom generatorene. Fordelingen av aktiv belastning mellom samarbeidende aggregater er dieselturtallsregulatorenes oppgave. Regulatoren gjør også at man enkelt (for hånd) kan innstille den spenning (f.eks. 220 V), som vi ønsker at regulatoren automatisk skal holde konstant ved varierende belastning.

Fig. 21 viser den koblingen NEBB benytter på sine konstantspenningsgeneratorer for skip, men dette er bare en av de mange mulige måter å koble på når man vil magnetisere synkrongeneratorer ved å likerette en del av den vekselstrømmen som generatoren selv produserer. Prinsippet at man summerer en konstant magnetiseringsstrøm eller spenning — ofte kalt tomgangskomponenten — og en belastningsavhengig strøm eller spenning — også kalt komponderingskomponenten (sammenlign med komponderede likestrømsmaskiner) — og likeretter summen av disse, er imidlertid det samme ved alle disse koblingene.

### *Parallellkjøring av synkrongeneratorer.*

En egenskap som skiller anlegg med parallellkoblede synkrongeneratorer og anlegg med parallellkoblede likestrømsgeneratorer, er at i de førstnevnte er aggregatene nødt til å løpe med nøyaktig samme omdreiningstall og med polhjul i en bestemt vinkel i forhold til hverandre som om maskinene skulle vært koblet sammen mekanisk med en elastisk kobling. I fagspråket sier man at maskinene må løpe synkront og være i fase.

Dette er ikke vanskelig å oppnå og krever ingen nøyaktig regulering av omdreiningstallet når generatorene først er koblet sammen elektrisk. Da blir de nemlig tvunget til det av seg selv p. g. a. det vi kaller den synkroniserende kraft eller det synkroniserende moment som oppstår i maskinene.

Det som imidlertid krever spesiell oppmerksomhet og noen spesielle instrumenter når man vil parallellkjøre synkrongeneratorer, er selve sammenkoblingen av aggregatene. Før at man skal kunne koble en synkrongenerator til samleskinner som det allerede er koblet en eller flere andre synkrongeneratorer til, må den generator som skal tilkobles reguleres for hånd til den har samme omdreiningstall og samme spenning som den eller de andre generatoren(e). Dette krever at man har voltmeter og frekvensmeter slik at man kan sammenligne spenning og frekvens på samleskinnene og på den generator man vil tilkoble. Til dette må man selvfølgelig ha enkle betjeningsorganer, f. eks. håndtak til å variere disse størrelsene nøyaktig og trinnløst med. Videre må polene på polhjulet ha samme stilling i forhold til statorens vikling på samtlige maskiner. Da er spenningen i fase. Dette kan man kontrollere ved hjelp av såkalte faselamper eller ved hjelp av et spesielt instrument — såkalt synkronoskop.

Først når alle de nevnte størrelser er innstilt riktig, kan man lukke effektbryteren mellom den «nye» generatoren og samleskinnene ved å trykke på «INN»-knappen. Det er da forutsatt at fasene R, S og T er koblet i samme rekkefølge på generatoren og på samleskinnene, men det behøver man ikke tenke på etter at de er koblet riktig første gangen anlegget ble satt i drift av generatorleverandøren, installatøren eller verftet som har levert fartøyet.

Hvis man kobler inn generatoren uten at de nevnte størrelser er

riktig innstilt, risikerer man at strømmene blir meget høye (som ved kortslutning), og dermed kobler overstrømsreléene på effektbryterne ut den «nye» generatoren og ofte også den eller de andre generatorene på samleskinnene, og man får mørkt skip. Både generatorene og dieselmotorene kan da bli kraftig mekanisk påkjent, men hele anlegget med dieselmotorer, generatorer og brytere skal være konstruert og dimensjonert for å kunne tåle disse påkjenningene som kan oppstå ved feil betjening.

Den beskrevne prosedyre ved innfasing og innkobling av synkron-generatorer som skal arbeide parallelt, kan synes komplisert når man skal beskrive den, men i praksis er det i grunnen meget enkelt, og man lærer fort de tingene man må passe på.

Etter innkoblingen fordeler man den aktive belastning likt mellom aggregatene ved hjelp av håndtaket for turtallsregulatoren og generatorens kW-instrumenter eller ampèremetre.

Den reaktive belastning fordeles ved hjelp av betjeningsorganet (f. eks. et ratt) for spenningens størrelse og instrumentene for reaktiv effekt (kVAr-metre) eller magnetiseringsstrømmens ampèremetre. De nødvendige betjeningsorganer og instrumenter for innfasing, innkobling og lastfordeling er plassert på hovedtavlen.

Etter at lastfordelingen er foretatt, regulerer generatorene og regulatorene seg selv og fordeler automatisk lasten likt mellom aggregatene når belastningen økes eller minskes.

