

*A. Smurø*  
JERNBANESKOLEN.

*Alu.*

Februar 1959.

MAGNETISME og ELEKTRICITET.

=====

-----oooOooo-----

JERNBANESKOLEN.

Februar 1959.

M A G N E T I S M E    o g    E L E K T R I C I T E T .

=====

-----oooOooo-----

I N D H O L D S F O R T E G N E L S E .  
=====

|   |        |
|---|--------|
| 13 Magnetisme .....                         | side 1 |
| Elektricitet .....                          | - 4    |
| Ampère, ohm og volt .....                   | - 5    |
| Arbejdshastighed og arbejde .....           | - 8    |
| Elektrisk effekt og arbejde .....           | - 9    |
| Den elektriske strøms magnetiske virkning.. | - 12   |
| 14 Induktion .....                          | - 15   |
| Elektriske maskiner .....                   | - 17   |
| Dynamoer .....                              | - 19   |
| Motorer .....                               | - 24   |
| Måleapparater .....                         | - 31   |
| Akkumulatorer .....                         | - 35   |

-----

## M A G N E T I S M E .

=====

Magnetisme er en egenskab, der er knyttet til jern og dets legeringer f.eks. stål og viser sig med en kraftvirkning mellem en magnet og et andet emne af jern eller legering af jern.

Dyppes en magnetisk stålstang - en såkaldt stangmagnet - i jernfilspåner, vil disse hænge fast ved stangmagneten, men mest i enderne og næsten ikke på midten. Det vil sige, at magnetismen eller den magnetiske kraftvirkning er knyttet til magnetens ender, der kaldes polerne.

Anbringer man en stangmagnet (en kompasnål) på en nål, så den kan dreje sig frit, vil den stille sig i retningen nord-syd, og da magnetnålen altid stiller sig med en bestemt ende mod nord, må de 2 poler være forskellige. Den pol, der peger mod nord, kaldes magnetens nordpol, den, der peger mod syd, magnetens sydpol. En magnets to poler er altid lige stærke.

Efter at have mærket polerne n og s vil vi forsøge, hvilken virkning disse har på hinanden, og vi må hertil have 2 magneter, hvoraf den ene er anbragt bevægelig på en nål, medens vi holder den anden i hånden. Vi finder (fig. 1, 2 og 3), at 2 nordpoler eller 2 sydpoler frastøder hinanden, men at en nordpol og en sydpol tiltrækker hinanden.

Vi ser desuden, at kraften mellem 2 magnetpoler forandrer sig meget med afstanden, idet kraften bliver større, når afstanden bliver mindre og omvendt.

Da jordens geografiske nordpol tiltrækker magnetnålels nordpol må heraf følge, at jorden er en stor magnet med magnetisk sydpol ved den geografiske nordpol og følgelig magnetisk nordpol ved den geografiske sydpol.

Holder man 2 magneter sammen, så de 2 nordender ligger sammen og de 2 sydender sammen, vil disse 2 magneter tilsammen få magnetnålen til at give større udslag end een magnet, men holder man dem sammen, så der i begge ender ligger en nordpol og en sydpol sammen, vil de ikke få magnetnålen til at give udslag (fig. 4). En nordpol og en sydpol sammen ophæver altså hinandens virkning.

Man forestiller sig jern og stål sammensat af en hel masse såkaldte småmagneter, der hver ligesom en kompasnål har en nordpol og en sydpol. I et umagnetisk stykke jern eller stål ligger disse småmagneter med alle retninger som vist på fig. 5, og det vil ingen magnetisk virkning have. Bliver småmagneterne derimod ensrettet, som vist på fig. 6, så alle nordpolerne vender til den ene side og alle sydpolerne til den anden, vil der i de 2 endeflader være en hel masse småmagnetpoler, der danner stangmagnetens poler. Inde i jernkernen ligger derimod stadig en nordpol og en sydpol sammen og op- hæver hinandens virkning. Det vil heraf forstås, hvorfor jernfilspå- ner hænger fast ved enderne (polerne) men ikke på midten.

Småmagneterne drejer sig ikke "pludseligt", men ligesom en kompasnål drejer sig mere eller mindre efter den kraft, der på- virker den, drejer småmagneterne sig fra den i fig. 5 viste til den i fig. 6 viste stilling, efterhånden som den kraft, der magnetiserer stykket, bliver stærkere og stærkere. Jo mere småmagneterne ensret- tes, des mere magnetisk bliver stykket, og når alle småmagneterne er helt ensrettede som på fig. 6, kan det ikke blive mere magnetisk; det siges så at være mættet med magnetisme.

Overskærer man en magnet (fig. 7), fås 2 magneter, hver med 2 poler. Man kan ikke få en magnet med kun een pol, den vil altid have både en nordpol og en sydpol.

Forskellen i jerns og ståls magnetiske egenskaber viser sig ved, at småmagneterne i jernet lettere drejes end småmagneterne i stålet. D.v.s. at hvis et stykke jern udsættes for en magnetise- rende kraft, vil småmagneterne let dreje sig og jernet blive magne- tisk. Fjernes derefter igen den magnetiserende kraft, vil småmagne- terne igen lægge sig i planløs orden, og jernet vil udadtil være umagnetisk.

Udsættes derimod et stykke stål for en magnetiserende kraft, vil småmagneterne vanskeligt dreje sig, og i forhold til tilfældet med jernet vil færre småmagneter blive drejet efter den magnetiseren- de kraft, og stålet vil altså blive svagere magnetiseret. Fjernes derefter igen den magnetiserende kraft, vil de fleste småmagneter blive i den stilling, de har indtaget under indvirkning af den mag- netiserende kraft, og det vil igen sige, at stålstykket er blevet blivende magnetisk.

Man bruger stål, hvor man vil have en magnet, der bevarer sin styrke, for eksempel i måleinstrumenter, medens man anvender blødt jern, hvor magnetismen let skal kunne skifte, f.eks. i elektriske maskiner.

Drejningen af småmagneterne vil altid medføre en varmeudvikling. Bliver et stykke jern magnetiseret først i den ene retning og dernæst i den anden retning flere gange, vil jernet blive varmt.

Da det er vanskeligere at ommagnetisere et stykke stål end et stykke jern, vil stålet blive varmere end jernet ved det samme antal ommagnetiseringer af dels et stykke stål og dels et stykke jern.

Foruden stangmagneten haves hesteskomagneten (fig. 8), der er en i hestekoform bøjet stangmagnet.

Lægger man over en stangmagnet eller hesteskomagnet et stykke hvidt pap, hvorpå der er drysset jernfilspåner, vil disse, når der bankes lidt på pappet, ordne sig i kæder fra den ene pol til den anden, som vist på fig. 9, 10, 11 og 12. Disse kæder kaldes kraftlinier, og det ses, at de ligger tættest ved polerne, samt at de ved hesteskomagneten ligger tæt mellem polerne og mindre tæt udenfor, medens de ved stangmagneten er jævnt fordelt hele vejen rundt om en pol.

Det rum omkring magneten, hvori den magnetiske virkning spores, kaldes det magnetiske felt, og hele feltet kan anskueliggøres ved kraftlinier, der er lukkede kurver, der ude i luften går fra den ene pol til den anden og inde i magneten går tilbage igen. Kraftlinierne forsynes med pilespidser i den retning, hvori en nordpol anbragt i feltet påvirkes. D.v.s. at kraftliniernes pilespidser går fra magnetens nordpol gennem luften til sydpolen og inde i magneten fra sydpol til nordpol. Antallet af kraftlinier gennem et lille område af feltet er et mål for den magnetiske kraft i området. Af fig. 9-12 ses, at man får et stærkere magnetfelt i rummet mellem en hesteskomagnets poler, end man kan få ved at tildanne den samme magnet som en stangmagnet.

Kraftlinierne går lettere gennem jern end gennem luft, og bliver der - som f.eks. vist i fig. 13 - anbragt et stykke jern i et magnetfelt, vil kraftlinierne "suges" ind i jernet, idet de søger at gå den kortest mulige vej gennem luften og længst muligt gennem jernet, der bliver magnetisk, idet småmagneterne drejes i kraftliniernes retning. Det får nordpol mod hesteskomagnetens sydpol og sydpol over mod hesteskomagnetens nordpol.

## E L E K T R I C I T E T.

=====

For at man skal kunne forstå virkemåden af de forskellige elektriske apparater, der er knyttet til motorkøretøjet, er det nødvendigt først at omtale de vigtigste elektriske love og elektricitetens forskellige virkninger indenfor det område, vi beskæftiger os med.

Der er som bekendt to slags elektricitet, positiv og negativ, og det kan ved forsøg vises, at to legemer, der er ladet med ensartet elektricitet, frastøder hinanden, medens de tiltrækker hinanden, når de er ladet med elektricitet af modsatte arter.

Elektriciteten forplanter sig ikke lige godt i alle stoffer. Gode ledere er metallerne, syrer, vand og - i ringere grad - kulstof og alle vandholdige stoffer. Slette ledere eller isolatorer er stoffer som glas, porcelæn, lak, ebonit (hærdet kautsjuk), svovl, glimmer, silke, uld, olier, luft o.m.a.

Lige store mængder positiv og negativ elektricitet ophæver hinanden, og man kan opfatte et uelektrisk legeme som værende ladet med lige store mængder elektricitet af modsatte arter.

Elektriciteten kan påvises ved det i det følgende beskrevne forsøg med et elektroskop. Et elektroskop består af en glaskolbe, der er forsynet med en ebonitprop, hvorigennem der er stukket en metalstang, der foroven ender i en kugle og forneden har to ganske tynde aluminiumsstrimler. Disse to strimler vil normalt, som vist i fig. 15, hænge nedad.

Gnides en glasstang med en tør klud, vil glasstangen få en positiv elektrisk ladning. Nærmes nu glasstangen til elektroskopets kugle - se fig. 16 - vil den positive ladning på glasstangen tiltrække den negative og frastøde den positive ladning på elektroskopets metalstang. Da der nu befinder sig positiv elektricitet på de to aluminiumsblade, vil de frastøde hinanden, d.v.s. at de to blade danner en vis vinkel med hinanden. Forbindes nu som vist i fig. 17 elektroskopets metalstang med jord, vil den positive elektricitet søge til jord, hvilket viser sig ved, at aluminiumsbladene falder sammen.

Den negative elektricitet vil fortsat blive på metalstangen, idet den stadig er bundet af den positive elektricitet på glasstangen.

Fjernes derefter først forbindelsen til jord og derefter glasstangen, vil den negative elektricitet-som vist i fig. 18-fordele sig over hele metalstangen. og de to aluminiumsstrimler, der igen vil frastøde hinanden, men denne gang sker det, fordi de begge er ladet med negativ elektricitet. Udslaget er dog mindre end i fig. 16, fordi den negative elektricitetsmængde i fig. 18 kan fordele sig over hele stangen, medens den tilsvarende positive elektricitetsmængde i fig. 16 er trykket ned i den nederste ende af stangen.

Gnides i stedet for en ebonitstang med en tør klud, bliver stangen negativ elektrisk, og man kan gentage forsøget, men + og ÷ ladningerne kommer til at ligge modsat det i fig. 16-18 viste.

### Ampère, ohm og volt.

Hensigten med det foran beskrevne forsøg er at vise, at det er berettiget at tale om en elektricitetsmængde. Den elektricitetsmængde, der var tale om, var i hvile, og så længe det er tilfældet, kan elektriciteten ikke udføre et arbejde - f.eks. trække et tog. Skal elektriciteten udføre et arbejde, skal den være i bevægelse og for at opnå dette, skal man have en strømkreds, hvor elektriciteten kan bevæge sig, og en kilde der kan levere elektriciteten, og dette kan være en generator eller som vist i fig. 19 et batteri. Batteriets opbygning skal senere forklares, men her skal blot angives, at batteriet har en + klemme, der har en positiv ladning og en ÷ klemme, der har en negativ ladning. Forbindes klemmerne med hinanden med en leder, vil der, når afbryderen K lukkes, strømme positiv elektricitet fra + klemmen til ÷ klemmen. Man er altid interesseret i at vide, hvor stor en elektricitetsmængde der pr. sekund passerer lederen, og derfor har man givet måleenheden elektricitetsmængde pr. sekund et specielt navn, og dette er ampère.

Hvor mange ampère, der går i en strømkreds, kan måles med et ampèremeter, der i fig. 19 er betegnet med A. Apparatet har en skala og en viser, der på skalaen angiver, hvor mange ampère - d.v.s. hvor stor en elektricitetsmængde pr. sekund -, der går gennem apparatet. Da den samme elektricitetsmængde gennemløber hele strømkredsen, er det ligegyldigt, hvor i strømkredsen ampèremeteret indskydes.



Vi har nu fået fastlagt, hvad man forstår ved en elektrisk strøm, og der skal nu omtales to andre størrelser eller rettere måleenheder, der er bestemmende for, hvor stor en strøm, d.v.s. hvor mange ampère man får i en strømkreds. Disse to størrelser er modstanden, der måles i ohm, og spændingen, der måles i volt.

Alle materialer yder en vis modstand mod strømmens gennemgang, og det er da klart, at jo længere en leder er, jo større modstand har den, d.v.s. jo flere ohm indeholder den. Lederens tværsnit indvirker derimod på modstanden således, at jo større tværsnittet er, jo mindre er modstanden.

Vil man have en leder med stor modstand, skal man have en lang tynd tråd, medens man skal have en kort, tyk tråd, hvis man vil have lille modstand.

Foran blev det omtalt, at metallerne er gode ledere for elektriciteten, men at f.eks. kul leder elektriciteten dårligere, d.v.s. at hvis man har to ledere med samme længde og tværsnit, men den ene er af kobber, medens den anden er af kul, vil lederen af kul have den største modstand, d.v.s. flest ohm. De forskellige metaller er ikke alle lige gode ledere.

Endelig indvirker temperaturen på en leders modstand på den måde, at modstanden stiger med temperaturen. Ved  $120^{\circ}$  opvarmning bliver modstanden i en kobbertråd forøget ca. halvanden gang.

Vi slår fast, at en leders modstand afhænger af: Længden, tværsnittet, materialet og temperaturen.

I fig. 20 er igen vist en strømkreds, hvor der er indskudt en modstand på  $R$  ohm. Sådan en modstand laves af modstandsmateriale og hertil anvendes i almindelighed metal med forholdsvis stor modstand. Som regel er det anvendte materiale en legering. Til tilledningerne anvendes et materiale med lille modstand. I almindelighed anvender man ledninger af kobber.

Foran blev det angivet, at der var positiv ladning på den ene og negativ ladning på den anden batteriklemme, og når klemmerne blev forbundet med en leder, ville elektriciteten strømme fra + klemmen gennem lederen til  $\div$  klemmen. Når to klemmer har forskellige ladninger, har de også forskellige spændinger, og d.v.s. at der er en spændingsforskel mellem klemmerne, og det er denne spændingsforskel, der driver elektriciteten fra den ene klemme gennem lederen til den anden klemme.

Batteriets spænding kan måles med et voltmeter  $V$ , der er tilsluttet som vist i fig 20. Voltmeteret har skala og viser som ampèremeteret. Indretningen af de to slags måleapparater skal senere blive beskrevet.

Kender man ampère, ohm og volt for en strømkreds, kender man strømkredsen fuldstændigt. Sammenhængen mellem de tre størrelser er bestemt ved ohms lov, der kan udtrykkes ved ligningen  $V = R \times A$ , der også kan skrives  $A = \frac{V}{R}$  eller  $R = \frac{V}{A}$ .

Man ser af de tre ligninger, at blot man kender to af de tre størrelser for en strømkreds, kan man finde den tredje.

Eksempel: I fig. 20 er  $V = 2,0$  volt,  $R = 2,4$  ohm, modstanden i tilledninger og ampèremeter =  $0,1$  ohm.

Beregn strømmen.

Man benytter ligningen  $A = \frac{V}{R} = \frac{2,0}{2,4 + 0,1} = \frac{2,0}{2,5} = 0,8$  ampère.

Beregn derefter spændingsfaldet i modstanden samt i tilledningerne og ampèremeteret.

Man benytter ligningen  $V = R \times A$ .

Spændingsfaldet i modstanden:  $V_1 = 2,4 \times 0,8 = 1,92$  volt.

Spændingsfaldet i tilledninger og ampèremeter:

$$V_2 = 0,1 \times 0,8 = 0,08 \text{ volt.}$$

$$V_1 + V_2 = 2,0 \text{ volt.}$$

Man ser af eksemplet, at summen af spændingsfaldene i de enkelte modstande i en strømkreds netop er strømkildens spænding.

I almindelighed er modstanden i tilledningerne og ampèremetre så lille i forhold til belastningsmodstanden, at man kan se bort fra disses modstande.

Vi betragter igen fig. 19. Batteriets klemmer er her forbundet med en ledning, uden at der er indskudt nogen modstand. Den samlede modstand i kredsen kan f.eks. som ovenfor være  $0,1$  ohm og batterispændingen  $2,0$  volt,  $A = \frac{2,0}{0,1} = 20$  amp.

Vi ser, at strømmen bliver meget stor, og batteriet bliver hurtigt ødelagt, hvis det da ikke er indrettet til at tåle denne strøm. Man siger, at batteriet er kortsluttet, når klemmerne forbindes med så lille en modstand.

Vi betragter igen fig. 20. Som foran er  $V = 2,0$  volt og  $R = 2,4$  ohm, men vi ser bort fra modstanden i tilledninger og ampère-

meter.

$$A = \frac{V}{R} = \frac{2,0}{2,4} = \frac{5}{6} \text{ ampère} = 0,833 \text{ amp.}$$

Derefter betragtes fig. 21, hvor der i stedet for een modstand på 2,4 ohm er indskudt to modstande, der hver er 2,4 ohm, i serie. Den samlede modstand bliver 4,8 ohm.

Strømmen bliver nu  $A = \frac{V}{R} = \frac{2,0}{4,8} = \frac{5}{12} \text{ amp} = 0,416 \text{ amp. D.v.s.}$  halvdelen af, hvad den var i tilfældet ovenfor.

Endelig forbindes de to modstande parallelt, som vist i fig. 22. Den samlede modstand i strømkredsen bliver nu kun det halve af de to lige store modstandes ohmværdi, altså 1,2 ohm.

Strømmen bliver i dette tilfælde

$A = \frac{V}{R} = \frac{2,0}{1,2} = \frac{5}{3} \text{ amp} = 1,666 \text{ amp.}, \text{ d.v.s. dobbelt så}$  stor som i fig. 20.

### Arbejdshastighed og arbejde.

Ved et eksempel skal det angives, hvad man forstår ved arbejdshastighed.

I fig. 23 og 24 er B-tromler, der kan drejes med håndsvingene H. Herved vil de to lige store byrder blive løftede. B i fig. 24 har den største diameter, og det er forståeligt, at det vil være tungere at dreje denne tromle en omgang end B i fig. 23, men til gengæld vil en omdrejning af B i fig. 24 løfte byrden højere, end en omgang af B i fig. 23 løfter sin byrde.

Når begge de to byrder er løftet en meter, er der i begge tilfælde udført det samme arbejde, men manden, der drejer B i fig. 23, vil have det lettere, end manden, der drejer B i fig. 24, men til gengæld vil han være længst om at udføre arbejdet.

Manden, der drejede i fig. 23, har altså ved at arbejde langsomt i lang tid udført det samme arbejde, som manden, der drejede i fig. 24, udførte ved at arbejde hurtigt i kort tid.

Arbejdshastigheden gange den tid, der arbejdes, angiver altså, hvor stort et arbejde, der er udført. Til tidsenhed kan man f.eks. anvende en time.

Arbejdshastigheden kaldes effekten og måles i watt eller kilowatt, idet 1000 watt = 1 kw. Endvidere kan den måles i hestekraft (HK) og 1 HK =  $\frac{3}{4}$  kw.

Måleenheden for arbejde, der også betegnes energi, bliver herefter watttimer (wattt), kwt (1000 wattt = 1 kwt) og HKt (1 HKt =  $\frac{3}{4}$  kwt).

### Elektrisk effekt og arbejde. Strømmens varmekvirkning.

Produktet af spænding og strøm er effekt og måles i watt.

Har batteriet i fig. 20 en spænding på V volt, og afgiver det en strøm på A amp, yder batteriet en effekt på  $V \times A$  watt. Er batteriet tilsluttet 1 time, afgiver det  $V \times A$  wattt. Er det tilsluttet i 2 timer, afgiver det  $2 \times V \times A$  wattt.

Den af batteriet afgivne energimængde - arbejdsmængde - bliver overført til belastningsmodstanden og tilledningerne og ampèremeteret, hvor den bliver til varme. Som anført foran kan man dog i almindelighed se bort fra varmeudviklingen i tilledningerne m.m.

Ifølge Ohms lov er  $V = R \times A$ , og anvender man dette på det angivne udtryk  $V \times A$  for effekten fås  $V \times A = R \times A \times A = R \times A^2$  watt. Udtrykt i ord vil det sige, at effekten, som en modstand optager, er produktet af modstandsværdien og strømmens kvadrat.

Eksempel: Se fig. 20. Som i eksemplet foran er  $V = 2,0$  volt,  $R = 2,4$  ohm og følgelig  $A = \frac{5}{6}$  amp.  
 $V \times A = 2 \times \frac{5}{6} = 1,66$  watt.

I en time afgiver batteriet 1,66 wattt.

Den af batteriet afgivne energimængde optages af modstanden. Denne energimængde kan også udregnes ved udtrykket

$$\text{effekten} = R \times A^2 = 2,4 \times \left(\frac{5}{6}\right)^2 = 2,4 \times \frac{25}{36} = 1,66 \text{ watt.}$$

I en time optager modstanden 1,66 wattt.

Når man køber elektricitet, betaler man for det forbrugte antal kwt (på elektricitetsregningen tit angivet som kwh).

Vi har nu set, at når der går en strøm i en modstand, tilføres der modstanden en energimængde, der bliver til varme. Hvis effekten, der tilføres en modstand, er stor, betyder det, at der på kort tid tilføres en stor energimængde, og modstandens temperatur vil da stige hurtigt. Når modstanden bliver varm, afgiver den varmeenergi til den omgivende luft, og jo varmere modstanden er, jo mere varmeenergi afgiver den til luften, og dens temperatur vil derfor blive ved med at stige, indtil den afgiver ligeså meget varmeenergi pr. sekund, som den modtager. Så bliver der ikke mere

overskud af varmeenergi, der kan forøge dens temperatur. Ønsker man at sende en stor strøm gennem en modstand, bliver effekten  $R \times A^2$  stor, og man må da sørge for at anbringe den således, at luften kan strømme forbi den og køle den.

I strygejern, vinduesvarmere og glødelamper udnytter man strømmens varmegvirkning. I de fleste tilfælde er strømmens varmegvirkning dog en ulempe, idet det er apparaternes opvarmning, der sætter grænsen for, hvor stor en strøm anlæget kan tåle, og for at udnytte apparaterne bedst mulig forsyner man som regel apparaternes dækkasser med ventilationsåbninger, så at den udviklede varme kan ledes bort med den gennemstrømmende luft.

Den energimængde, der i et elektrisk apparat eller maskine omdannes til varmeenergi, betegnes som strømvarmetabet.

Ved motorer og generatorer sker der også et strømvarmetab, og da dette tabs størrelse er medbestemmende for, med hvilken strøm en maskine kan belastes, søger man altid at holde modstanden i maskinen så lille som mulig, foruden at man anbringer en ventilator på ankerakslen, således at man får en kraftig luftstrøm til at gå gennem maskinen. For at fremme køling ved stilstand og langsom kørsel lader man ved banemotorer undertiden en motordreven ventilator blæse køleluft gennem maskinen.

Går der i en modstand på  $R$  ohm en strøm på  $A$  amp., er effekten  $R \times A^2$ . Forøges strømmen til det dobbelte, bliver effekten  $R \times (2A)^2 = 4R \times A^2$ , d.v.s. at når strømmen i en modstand stiger til det dobbelte, bliver effekten fire gange så stor. Effekten og dermed varmeudviklingen i en modstand stiger altså meget hurtigt med stigende strømstyrke.

Bliver de elektriske apparater eller ledninger opvarmet over en vis temperatur, bliver deres isolation ødelagt, og foruden at dette medfører en bekostelig reparation af anlæget, kan der være fare for brand. Man anbringer derfor i alle strømkredse sikringer, der afbryder strømmen, hvis den stiger over en vis værdi. I fig. 25 er vist, hvorledes sikringerne  $S$  anbringes. Der er her anbragt to sikringer, men hvis den ene batteripol er jordforbundet, kan man nøjes med een sikring.

En sikring består af en strimmel eller tråd af metal (i almindelighed sølv, men undertiden aluminium), der er af en sådan tykkelse, at den smeltes af varmeudviklingen, når strømstyrken overstiger en vis værdi.

Lamelsikringen (fig. 26) består af en eller flere sølvtråde mellem 2 spændesko. Den anvendes til meget store strømstyrker. Da sølvets smeltepunkt ligger ret højt, bliver en sikring af sølv ret varm ved normal belastning, og hvor denne varme kan virke ødelæggende (f.eks. på isolationsstoffer), anvendes i stedet en pladestrimmel af aluminium som fig. 27. Da aluminium smelter ved en betydelig lavere temperatur end sølv, bliver aluminiumssikringen ikke så varm som sølvsikringen.

Propsikringen fig. 28 består af et porcelænshylster med et bundstykke og et gevindbælte, hvorimellem smeltetråden eller -trådene er indsat. Porcelænsproppen er fyldt med sand og lukket vandtæt, så den er fuldstændig eksplosionssikker.

For at sikre sig imod, at man i en sikringsholder kan anbringe en sikring til større strømstyrker, end installationen er beregnet for, er systemet udformet således, at en stor sikring er kortere end en lille sikring, hvilket medfører, at en sikring ikke kan nå bundskruen i en sikringsholder beregnet for en mindre sikring, se i øvrigt fig. 28.

En særlig form for propsikring er diazedsikringen fig. 29. Diazedsikringen består af et porcelænshylster, hvori smeltetråden eller -trådene er indsat mellem en tap i den ene ende og en plade i den anden ende. Det hele er vandtæt lukket og fyldt med sand. Diazedsikringen indsættes i et "hoved" med gevind, der passer ind i sikringsholderen. For at sikre mod anbringelse af en for stor sikring er systemet udformet således, at tappen på en for stor sikring ikke kan gå ned i porcelænsbundstykket for en mindre sikring og slutte kontakt med den der anbragte bundskrue (fig. 30). Derimod kan en mindre diazedsikring udmærket gå i bundstykket for en større.

Patronsikringen fig. 31 består af et porcelænshus med en fane i hver ende. Smeltetråden eller -trådene er indsat mellem fanerne. Porcelænshuset er vandtæt lukket og fyldt med sand.

Rørsikringen fig. 32 består af et asbestforet porcelænsrør med en fane i hver ende. Smeltetråden er indsat mellem fanerne.

Medens propsystemet og diazedsystemet automatisk sikrer ved anbringelse af en for stor sikring, er man ved lamelsikring, patronsikring og rørsikring selv ansvarlig for, at der ikke anbringes en for stor sikring, idet disse kan være lige store for forskellige

strømstyrker.

Termosikringen er en særlig form for sikringer, der først afbryder strømmen, når den har haft den påstemplede strømstyrke en vis tid (flere minutter) og kun smelter straks ved en strømstyrke flere gange så stor som den påstemplede. De benyttes særlig ved motorer, da strømmen ved start er større end motorens normale belastningsstrøm.

Foruden de omtalte smeltesikringer anvender man også undertiden de såkaldte sikringsautomater, der består af en afbryder, hvori der er indbygget et element eller legeme, der ændrer sin form, når det bliver opvarmet af strømgennemgangen, og denne formændring foranlediger afbryderen udløst.

#### Den elektriske strøms magnetiske virkning.

Danskeren H.C. Ørsted påviste i 1820, at der er en kraftforbindelse mellem en magnet og en elektrisk strøm, og dette er grundlaget for vore dages udbredte anvendelse af elektriciteten i det daglige liv.

Holdes en magnetnål i nærheden af en strømførende leder, kan man finde retningen af kraften mellem magnetnålen og lederen og dermed udslagets retning ved at anvende højrehåndsreglen, der siger, at hvis man holder højre hånd tæt ved lederen og med håndfladen mod nordpolen med fingerspidserne i strømmens retning, vil nordpolen svinge ud til den side, hvor tommelfingeren er - se fig. 33.

I afsnittet om magnetisme blev det omtalt, at et magnetfelt kan anskueliggøres ved kraftlinier, og vi skal nu se, hvorledes de fra den elektriske strøm hidrørende magnetiske kraftlinier ligger i forhold til lederen.

I fig. 34 er vist en leder, der er stukket igennem et stykke pap, hvorpå der er drysset jernfilspåner. Når man sender strøm gennem lederen, ser man, at jernfilspånerne ordner sig i ringe omkring lederen, og det vil sige, at de fra den elektriske strøm hidrørende magnetiske kraftlinier ligger cirkelformede omkring lederen. Forøges strømstyrken, bliver magnetfeltet stærkere, og dette ses ved, at dannelsen af ringene bliver tydeligere.

Som tidligere omtalt sætter man pilespidser på kraftlinierne i den retning, hvori en nordpol i et punkt af kraftlinien vil blive påvirket. Ved anvendelsen af højrehåndsreglen på fig. 34 finder man den viste retning for pilespidserne.

I fig. 35 er lederen stukket to gange gennem et stykke pap samtidig med, at den er givet facon som en spole med een vinding. Drysses jernfilspåner på pappet og sendes strøm gennem lederen, fås det i figuren viste kraftlinieebillede. Retningen for pilespidserne og magnetnålens udslag findes som før ved højrehåndsreglen.

I fig. 36 er lederen stukket gennem pappet, så den danner en spole med tre vindinger, og man får da det viste kraftlinieebillede. Man ser, at spolens kraftlinieebillede svarer til kraftlinieebilledet for en magnet. En strømførende spole virker da også som en magnet. Forøges strømmen i spolen, bliver magnetfeltet stærkere, og vi får flere kraftlinier.

Som før kan højrehåndsreglen anvendes til at bestemme kraftliniernes retning, men man ser, at for en spole kan højrehåndsreglen ændres til, at man skal tage om spolen med højre hånd og med fingerspidserne i strømmens retning. Spolen vil da have en nordpol til tommelfingersiden.

Strømstyrken i en spole gange dens antal af vindinger kaldes for ampèrevindinger (forkortet AV). I fig. 37-39 er givet nogle eksempler på bestemmelsen af AV for tre forskellige spoler.

I afsnittet om magnetisme blev det angivet, at kraftlinierne går lettere gennem jern end gennem luft. Kommer man derfor en jernkerne ind i en spole, vil kraftlinierne suges ind gennem jernkernen, og spolens magnetfelt vil blive stærkere.

Ved samme AV for en spole bliver magnetfeltet altså stærkere, når der er jern i spolen, og AV er derfor ikke direkte bestemmende for magnetfeltets styrke. AV kaldes den magnetiserende kraft.

Anbringes som vist i fig. 40A en jernkerne med den ene ende et lille stykke inde i en spole, vil jernet, hvis spolens AV er tilstrækkeligt stort, suges ind i spolen som vist på fig. 40B. Grunden til, at dette sker, er, at spolens magnetfelt gør jernet magnetisk, og jernet vil derfor af spolens magnetfelt blive trukket ind i spolen. Afbrydes strømmen, falder jernkernen ud igen.



Det er denne virkning, man benytter sig af ved elektroventiler og relæer. Ved strømafbrydelsen går disse apparaters jernkerne eller anker ud af spolen enten på grund af sin egenvægt eller ved hjælp af en fjeder. Ved relæer fastgør man en isolerende stang til ankeret, og på denne anbringer man een eller flere kontakter. Relæer tegnes på strømskemaer skematisk, som vist i fig. 41-44.

I fig. 45 er skematisk vist et banemotorrelæ. Når der sendes strøm gennem spolen, trækkes ankeret ind i spolen, og herved sluttet over den svære kontakt strømmen til banemotoren. Relæet er endvidere forsynet med hjælpekontakter, der er indrettet til enten at slutte eller at bryde.

Til at trække ankeret ind i spolen ved strømslutningen kræves der for det meste en ret stor strøm, men når relæet først har trukket til, kan en væsentlig mindre strøm holde relæet sluttet. Da en stor strøm giver en stor varmeudvikling i spolen, bruger man ofte ved relæer, der skal stå sluttede i længere tid, at indskyde en dæmpemodstand eller som den også kaldes kølemodstand. I fig. 45 går strømmen gennem spolen og over den ene hjælpekontakt. Når spolen har trukket ankeret ind, brydes den nævnte hjælpekontakt, og strømmen gennem spolen må nu passere den viste modstand, og derved bliver strømmen mindre.

I et maksimalrelæ er det selve hovedstrømmen, der går gennem spolen, og hvis strømstyrken bliver så stor, at den kan indsuge jernkernen, afbryder den strømmen. Jernkernen holdes tilbage af en indstillelig fjeder, så man ved at stille herpå kan indstille den strømstyrke, hvorved relæet afbryder.

Ligesom en elektrisk strøm i en ledning kan få en bevægelig magnetnål til at give udslag, kan en faststående magnet få en bevægelig ledning, hvori der går en strøm, til at give udslag. Dette benytter man sig af ved strømafbrydning i de allerfleste større afbrydere (relæer), idet den strøm, der skal afbrydes, foruden gennem kontaktfladerne ledes gennem en elektromagnets vindinger, så der laves en magnet med en pol på hver side af afbrydningskontakterne. Da gnisten i virkeligheden er en bevægelig ledning, og den ligger i et magnetfelt, vil den bevæge sig, og man udformer da kontaktfladerne, så gnistlængden ved bevægelsen bliver større og større, hvorved gnisten tilsidst slukkes. Da det ser ud, som om spolen (vindingerne

om elektromagneten) blæser gnisten ud, kaldes dette en "blæsespole", se fig. 46.

For at have rene, gode kontaktflader, der ikke beskadiges af afbrydningsgnister, er kontaktmekanismen f.eks. udført som vist på fig. 45, hvor strømgennemgangen ved sluttet relæ sker mellem kobberlamellerne (tynde, fjedrende kobberblade) og en kobberskinne. Idet spolen "slipper", afbrydes denne strømgennemgang et øjeblik før strømgennemgangen ved de 2 "horn" foroven, og gnister vil derfor kun dannes her, hvor blæsespolen søger at slukke den.

Elektromagnetisme er overordentlig meget anvendt og benyttet blandt andet til at tilvejebringe polerne i dynamoer og elektromotorer.

### Induktion.

I det foregående er vist, at en spole, hvori der går en elektrisk strøm, har en magnetisk virkning. Det skal nu vises, at man ved at forandre det magnetiske felt gennem en spole, fremkalder en spændingsforskel mellem spolens ender. Spændingsforskellen siges at være opstået ved induktion, og er der en ledningsforbindelse mellem spolens ender, vil den inducerede spændingsforskel drive en strøm (induktionsstrøm) gennem kredsløbet.

Bevæges - som fig. 47-49 viser - en hesteskomagnet i forhold til en vinding (eller spole) på en sådan måde, at det magnetiske felt (antallet af kraftlinier) gennem vindingen forandres, vil viseren på et til spolen forbundet millivoltmeter give udslag, når hesteskomagneten bevæges, men stå stille på nul, når hesteskomagneten holdes stille. Man ser heraf, at der induceres en spændingsforskel mellem en spolens ender, når og så længe, der sker en forandring af det magnetiske felt gennem spolen.

Imidlertid vil man se, at millivoltmeterets viser ikke hver gang slår ud til samme side, men slår ud til een side, når magneten nærmes til spolen, og til den modsatte, når magneten fjernes. Under søges nu, i hvilken retning den inducerede spændingsforskel driver strømmen, vil man - som vist på figurerne 48 og 49 - se, at den af den inducerede spænding frembragte strøm altid går i en sådan retning, at den søger at modvirke den forandring, der fremkalder den, d.v.s. laver poler, der søger at frastøde, når magneten nærmes, og

poler, der søger at tiltrække, når magneten fjernes. Man kan komme til det samme resultat ved at anlægge den betragtning, at der induceres en spænding i en leder, når den overskærer kraftlinier.

Gør man derefter samme forsøg som fig. 47, blot som fig. 50 viser med 2 vindinger i stedet for een, vil udslaget blive dobbelt så stort som med een vinding, dernæst med tre vindinger, tre gange så stort og så fremdeles. Endvidere lægger man mærke til, at udslagets størrelse afhænger af den magnet, der anvendes. Med en kraftig magnet bliver udslaget stort, med en svag magnet lille. Endelig afhænger den inducerede spændingsforskel af den hastighed, hvormed forandringen sker. Ved en hurtig forandring (bevægelse af hesteskomagneten) fås et stort udslag, ved en langsom forandring et lille udslag. Det ses heraf, at den inducerede spændingsforskel afhænger af spolens vindings-tal, magnetfeltets styrke og forandringens hastighed.

Anbringer man som vist på fig. 51 i spolen en jernkerne, vil denne forstærke den magnetiske virkning, så den ved hesteskomagnetens bevægelse frembragte forandring af magnetfeltet bliver større, og dermed vokser den inducerede spændingsforskel, d.v.s. at millivoltmeteret viser større udslag.

Man kan også få induceret spænding helt uden at anvende en permanent magnet, idet en forandring i magnetfeltet kan fremkaldes ved at slutte eller afbryde en strøm i en spole f.eks. som vist på figurerne 52 a og b, hvor man ved at slutte eller afbryde de viste strømme i en spole om en jernkerne, magnetiserer eller afmagnetiserer denne, og derved fremkalder en forandring af det magnetiske felt gennem en anden om jernkernen anbragt spole, således at der i denne spole bliver induceret en spænding. Ved at undersøge induktionsstrømmens retning, vil man finde den på figurerne viste, d.v.s. at induktionsstrømmen går i en sådan retning, at den søger at modvirke de poler, der opstår, men at bevare de poler, der forsvinder. Her gælder altså også både, at induktion kun opstår, når der sker en forandring af det magnetiske felt gennem spolen, og at induktionsstrømmen altid har en sådan retning, at den søger at modvirke den forandring, der sker.

Fjerner man i de på figurerne 52 a og b viste forsøg jernkernen, vil der stadig blive induceret en spænding i spolen, når hovedstrømmen sluttet eller afbrydes. Da jernkernen forstærker spolens magnetiske virkning, vil den inducerede spænding blive meget mindre uden end med jernkerne.

Når man åbner den i fig. 52 a og b viste afbryder, kommer der en gnist ved afbryderen. Grunden hertil er, at på samme måde, som det foran blev forklaret, at man får induceret en spænding i viklingen, der er tilsluttet millivoltmeteret, får man også induceret en spænding i den vikling, der er tilsluttet batteriet, når strømmen afbrydes, og den inducerede spænding har en sådan retning, at den søger at opretholde den strøm, der afbrydes. Da spændingen induceres i den vikling, hvor strømmen ændrer sig, siger man, at spændingen induceres på grund af spolens selvinduktion.

Anbringer man som vist i fig. 52 c en glimlampe G (en særlig slags lamper, der kun tænder ved en forholdsvis høj spænding) parallelt til spolen, vil man se, at lampen giver et glimt, hver gang strømmen til spolen afbrydes, medens der intet sker, når strømmen sluttet.

Når afbryderen lukkes, vil der også på grund af spolens selvinduktion induceres en spænding, der har en sådan retning, at den vil søge at hindre strømmen fra batteriet i at gennemløbe strømkredsen, d.v.s. at den inducerede spænding er rettet imod batterispændingen, men man mærker ikke noget til den, da afbryderen er sluttet, medens den eksisterer.

Når en spole har mange vindinger og jernkerne, har den stor selvinduktion, og ved strømafbrydelse kan der blive induceret en stor spænding, der foranlediger gnistring og forbrænding af kontakterne og undertiden gennemslag i spolen. Dette er f.eks. tilfældet ved magnetpolerne på hoveddynamoer og hjælpedynamoer. Anbringer man, som vist i fig. 54, en stor modstand parallelt til magnetpolerne, vil denne modstand aflede den inducerede spænding.

### Elektriske maskiner.

Der skal i det følgende gives en beskrivelse af jævnstrømsdynamoen og jævnstrømsmotoren og deres forskellige typer.

Dynamoen og motoren består af de samme elementer og er udført ens, således at der ikke er noget i vejen for, at den samme maskine kan anvendes dels som dynamo og dels som motor. Skal maskinen arbejde som dynamo, skal den drejes rundt af en kraftmaskine f.eks. en dieselmotor, og den kan da afgive elektrisk energi, d.v.s., at dynamoen omsætter mekanisk energi til elektrisk energi. En motor tilføres derimod elektrisk energi og afgiver mekanisk energi.

uden belastning  
ydelse 100V

$$\frac{V}{A \times R}$$

Voltm. modstand 10000  $\Omega$

Ohms l.  $\frac{100}{10000} = \frac{1}{100}$  amp.

$P = A \times V = \frac{1}{100} \times 100 = 1W$  (lille forb.) = effekt,

med belastning

Modstand 2  $\Omega$

Ohms lov

$$A = \frac{100}{2} = 50$$

Effekt  $50 \times 100 = 5000W = 5kW$

---

spændingsfald i fremmede Dynamo

indre Modstand  $R_i = 0,05$

Resulterende spænding  $V_R = V_i - A * R_i$

$$V_R = 100 - 50 \cdot 0,05$$

$$V_R = 100 - 50 \cdot 0,05 = 97,5V$$

$A = 100$  amp.

$$V_R = 100 - 100 \cdot 0,05 = 95V$$

I fig. 54 er vist en elektrisk maskine, der altså kan anvendes både som dynamo og som motor. Maskinen består af følgende dele:

A = anker,  
B = ankervikling,  
C = kommutator,  
D = børster,  
E = magnetstel,  
F = poler,  
G = pol- eller magnetvikling.

Ankeret er vist i fig. 53 med vikling og kommutator. Den del af ankeret, der er vist som en hul cylinder, er af jern. Et anker af den viste type kaldes et ringanker. I moderne maskiner anvendes tromleanker i stedet for ringanker, men da der principielt ikke er nogen forskel på et ringanker og et tromleanker, er den følgende beskrivelse baseret på anvendelse af ringankre, da betragtningerne over maskinens virkemåde herved bliver simplest. Tromleankerets opbygning vil blive omtalt senere.

Kommutatoren består af mange kobberlameller, der alle er adskilt fra hverandre ved isolerende mellemlæg, og den har form som en cylinder med kobberlamellerne på langs.

Ankerviklingen er en i sig selv lukket vikling, der med regelmæssige mellemrum er forbundet til kommutatorlamellerne. I fig. 53 og 54 er viklingen forbundet til kommutatoren for hver vinding på ankeret, men der er ikke noget i vejen for, at der kan være to eller flere vindinger på ankeret mellem hver forbindelse til kommutatoren. Kommutatorlamellerne skal på selve kommutatoren være isoleret fra hverandre, men de er ledende forbundet indbyrdes gennem ankerviklingen.

Børsterne består af kul og er anbragt i en kulholder, således at de ved hjælp af en fjeder kan trykkes mod kommutatoren og derved danne ledende forbindelse mellem ankerviklingen og maskinens tilslutningsklemmer.

Når der sendes strøm gennem polviklingen, vil maskinens poler blive magnetiserede således, at den ene pol bliver en nordpol og den anden en sydpol. Ankeret befinder sig derved i et stærkt magnetfelt, og da kraftlinierne går lettere gennem jern end gennem luft, vil kraftlinierne gå som angivet ved to kraftlinier i fig. 54. I hulrummet inde i ankeret vil der ikke være kraftlinier.

I det følgende tegnes maskinerne for nemheds skyld noget mere skematiske, end det er tilfældet i fig. 54.

### Dynamoer.

#### Den fremmedmagnetiserede dynamo.

I fig. 55 er vist en dynamo, der får magnetiseringsstrømmen fra en fremmed strømkilde, hvorfor den kaldes fremmedmagnetiseret.

Vi ved fra afsnittet om induktion, at når en spole bevæges i forhold til et magnetfelt, således at antallet af kraftlinier gennem spolen ændres, bliver der i spolen induceret en spænding, der vil søge at frembringe en strøm, der danner magnetpoler, der modvirker bevægelsen.

Når en spole ved ankerets drejning passerer en pol, ses det, at kraftlinierne kommer til at gå den anden vej gennem spolen. Følgelig bliver der induceret en spænding i spolen. Retningen for den derved frembragte strøm findes ved følgende betragtning, idet man ser på hver ankerhalvdel for sig. Hvis ankerets drejning i den ved pilen angivne retning skal modvirkes, skal begge spolehalvdele danne sydpoler  $s$  foroven og nordpoler  $n$  forneden. Ved at anvende højrehåndsreglen på de to ankerhalvdele ser man, at strømmene skal gå i pilenes retning, og den inducerede spænding går i samme retning som strømmen. Det ses, at strømmen for de to ankerhalvdele løber sammen ved det øverste kul, der bliver det positive, og bort fra det nederste, der bliver det negative kul.

Hvis afbryderen  $K$  er åben, vil vi nok få induceret en spænding i maskinen, og voltmeteret vil give udslag, men maskinen vil ikke afgive nogen strøm udover voltmeterstrømmen, der er ganske lille, og polerne  $n$  og  $s$  på ankeret vil være meget svage. Maskinen siges at gå i tomgang, og der kræves ikke andet arbejde af dieselmotoren for at dreje ankeret rundt, end at den skal dække tabene hidrørende fra gnidningsmodstanden i lejerne og luftmodstanden, samt tabet, der fremkommer ved, at ankerjernet bliver ommagnetiseret for hver halve ankeromdrejning.

Er afbryderen derimod, som vist i fig. 55, lukket, vil strømmen gå fra viklingen over kommutatoren til det positive kul og maskinens  $+$ klemme gennem den ydre kreds med belastningsmodstanden, maskinens  $-$ klemme, det negative kul og over kommutatoren tilbage til viklingen.

$W = A \times R \times A$   
 $W = R \times A^2$

- 20 -

$V = 6$   
 $R = 2$   
 $A = 3$

$W = 18$   
 $W = 9 \cdot 2 = 18$

Voltmeteret angiver spændingen  $V$  over maskinens klemmer og ampèremeteret strømmen i den ydre kreds med modstanden  $R$ . De tre størrelser er som for enhver anden strømkreds knyttet sammen ved Ohms lov  $V = R \times A$ .

Eks.  $V = 90$  Volt,  $R = 2$  ohm,  $A = \frac{V}{R} = 45$  amp.

Maskinen yder  $V \times A = 90 \times 45 = 4050$  watt.

$W = \frac{V \times V}{R}$

Formindskes modstanden  $R$  forøges  $A$ , medens  $V$  bliver uforandret. Når  $A$  forøges, yder maskinen flere watt, og polerne  $n$  og  $s$  på ankeret bliver stærkere, og det betyder, at dieselmotoren skal have mere olie for at holde det samme omdrejningstal.

Da maskinen har en vis indre modstand, vil man også få et spændingsfald i maskinen, når den giver strøm. Dette spændingsfald trækkes fra den inducerede spænding, således at det, man aflæser på voltmeteret, er den inducerede spænding  $\div$  spændingsfaldet i maskinen. - Kaldes den modstand, der findes inde i maskinen i ankerlederne, kul og forbindelsesledninger for  $R_1$  og er belastningsstrømmen  $A$  amp., bliver udslaget på voltmeteret = (den inducerede spænding  $\div R_1 A$ ) volt. Man ser, at når  $A$  vokser, bliver udslaget på voltmeteret mindre, men variationen fra tomgang til fuldlast er ikke særlig stor.

Forøges magnetiseringsstrømmen, forøges den inducerede spænding og dermed udslaget på voltmeteret.

Forøges omdrejningstallet, bliver den inducerede spænding ligeledes forøget, og man får større udslag på voltmeteret. I begge tilfælde vil man ved uforandret modstand  $R$  få en større strøm.

Ændres omdrejningsretningen, må polerne  $n$  og  $s$  på ankeret byttes om, og følgelig vil  $+$  og  $\div$  på klemmerne skifte, og strømmen vil gå den modsatte vej i strømkredsen.

Bibeholder man den oprindelige omdrejningsretning, men vender magnetiseringen, vil  $+$  og  $\div$  på klemmerne ligeledes skifte.

Ændres derimod samtidig omdrejningsretning og magnetisering, bliver  $+$  og  $\div$  på klemmerne uforandret.

Shunt dynamoen. (shunt betyder "at gå uden om").

Shunt dynamoen er vist i fig. 56. Den adskiller sig fra den foran beskrevne dynamo ved, at maskinen selv leverer magnetise-



ringsstrømmen, medens den fremmedmagnetiserede - betegnes i det følgende med f.m. - dynamo fik magnetiseringsstrømmen fra en fremmed strømkilde.

Retningen for den inducerede spænding og strømmen findes ved samme betragtning som ved den f.m. dynamo.

Dynamoens spænding vil ligesom ved den f.m. dynamo kun ændre sig lidt fra tomgang til fuld last, når dynamoen kører med konstant omdrejningstal og konstant magnetisering.

Forøges dynamoens omdrejningstal, forøges den inducerede spænding og dermed udslaget på voltmeteret. D.v.s. at magnetiseringspolens spænding bliver forøget, hvorved man yderligere får en forøgelse af dynamoens spænding.

Ligesom ved den f.m. dynamo kan spændingen også forøges ved at forøge magnetiseringsstrømmen.

Standses dynamoen, forsvinder magnetiseringsstrømmen, og polerne bliver kun ganske svagt magnetiske. Drejes dynamoen igen rundt samme vej som før, vil der induceres en svag spænding, der sender strøm gennem magnetviklingen og forstærker polerne, hvorefter der induceres en stærkere spænding, og på den måde vil dynamoen arbejde sig op til en bestemt spænding.

Havde man nu i stedet for drejet dynamoen modsat rundt, ville der være blevet induceret en spænding i modsat retning, og denne spænding ville sende strøm gennem magnetviklingen i modsat retning, og det vil sige, at de forhåndenværende svage poler helt forsvinder, hvorefter dynamoen ikke mere kan give spænding, før man fra en fremmed strømkilde har frembragt nye magnetpoler.

### Seriedynamo.

Seriedynamo er vist i fig. 57, og den er kendetegnet ved, at ankeret og magnetviklingen er forbundet i serie, således at maskinens belastningsstrøm ikke alene gennemløber ankeret, men også magnetviklingen, d.v.s. at dynamoens magnetpoler ændres med belastningsstrømmen, således at stor belastningsstrøm giver stærke og lille belastningsstrøm svage magnetpoler. Da stærke magnetpoler giver stor og svage magnetpoler lille spænding, vil det sige, at dynamoens spænding stiger med forøget belastningsstrøm, og det be-

tyder, at man ikke har noget godt herredømme over dynamoens strøm og spænding, hvorfor den ikke har nogen praktisk betydning.

### Kompounddynamo.

Både den fremmedmagnetiserede dynamo og shunt-dynamo har en lille magnetiseringsstrøm i forhold til belastningsstrømmen. Da strømmen er lille, kan magnetviklingen udføres af tyndt tråd, hvorfor der kan blive plads til mange vindinger, så at man alligevel får det fornødne antal ampèrevindinger til dynamoens magnetisering. Ved serie-dynamo bliver belastningsstrømmen anvendt til magnetiseringen, og man må derfor benytte sværere tråd til magnetviklingen, hvorfor denne kommer til at bestå af færre vindinger.

Kompounddynamo er kendetegnet ved, at den har to magnetviklinger. Den ene vikling består af en tynd tråd med mange vindinger og er tilsluttet som magnetviklingen ved den fremmedmagnetiserede dynamo eller shunt-dynamo. Den anden vikling består af en svær tråd med få vindinger, og den er tilsluttet som en serievikling, d.v.s. at den gennemløbes af dynamoens belastningsstrøm. Denne sidste vikling giver enten magnetisering imod eller med den førstnævnte vikling, og dynamoen kaldes derfor i de to tilfælde mod-henholdsvis medkomponeret.

I fig. 58 er vist en modkomponeret shunt-dynamo. Formindskes belastningsmodstanden  $R$  stiger belastningsstrømmen, hvorved den forhåndenværende magnetisering bliver mindre, og dermed falder spændingen, og belastningsstrømmen bliver mindre, d.v.s. at den modkomponerede dynamo i sig selv modvirker en overbelastning. Dynamo har sin største spænding ved tomgang.

I fig. 59 er vist en medkomponeret shunt-dynamo. Denne dynamo har den egenskab, at magnetiseringen og dermed spændingen stiger med stigende belastning. Som tidligere omtalt, har enhver dynamo et spændingsfald fra tomgang til fuldlast. Ved den medkomponerede dynamo bliver dette spændingsfald altså modvirket af medkomponenden, og man kan indrette maskinen således, at medkomponenden netop ophæver spændingsfaldet i maskinen, hvorved den får samme spænding ved tomgang" og fuld last.

*just for last time*

Dynamotyper i dieselmateriellet.

De i Statsbanernes dieselmateriel anvendte dynamoer er af følgende typer:

Hoveddynamoerne i Mo, Mk, Mb, Ms og Mp er fremmedmagnetiserede.

Hjælpedynamoerne i Mo, Mk, Mb og Ms er fremmedmagnetiserede med både med- og modkompound.

Hjælpedynamoerne i Mp er selvmagnetiserede.

Eksempel: En hjælpedynamo i en Mo-vogn har i varm tilstand en samlet modstand på 0,0565 ohm i anker, vendepoler og medkompound. Modstanden i shuntviklingen er 20,9 ohm, og shuntstrømmen er 4,3 amp. Jerntab samt gnidnings- og ventilationstab er 600 watt. Spændingen er 90 volt.

Udregn den afgivne effekt, det samlede tab samt den effekt, der må tilføres dynamoen fra dieselmotoren ved tomgang,  $\frac{1}{2}$  last, der er 72 amp. og fuld last, der er 145 amp. Der regnes med, at hele strømmen går over medkompounden.

Udregningen opstilles i et skema.

| Belastnings-<br>strøm A<br>amp | Afgiven<br>effekt=<br>volt · amp<br>watt | Strømvar-<br>metab =<br>0,0565 ·<br>A <sup>2</sup> watt | Magnetise-<br>ringstab =<br>20,9 · 4,3 <sup>2</sup><br>watt | Jerntab og<br>ventilations-<br>og gnidnings-<br>tab watt | Samle-<br>de tab<br>watt | Afgiven ef-<br>fekt + tab-<br>tilført ef-<br>fekt. watt |
|--------------------------------|--|---|---|--|--------------------------|---|
| 0                              | 0  | 0   | 386   | 600  | 986                      | 986   |
| 72                             | 6480                                     | 292   | 386   | 600  | 1278                     | 7758  |
| 145                            | 13050                                    | 1188  | 386   | 600  | 2168                     | 15218   |

Den i sidste rubrik udregnede tilførte effekt bliver leveret af dieselmotoren.



## M o t o r e r.

### Shuntmotoren.

I fig. 60 er vist en motor, hvor magnetviklingen er forbundet parallelt til ankeret, og når dette er tilfældet, kaldes motoren for en shuntmotor (shunt betyder "at gå uden om").

Når der går strøm i ankerviklingen, som angivet ved pilespidserne, vil man på ankeret få dannet magnetpolerne n og s, og disse vil sammen med de faste magnetpoler bevirke, at ankeret drejer sig i den ved pilen angivne retning.

Nu ved vi fra tidligere, at der vil induceres en spænding i ankeret, når det drejer rundt i et magnetfelt, og at denne vil søge at frembringe en strøm, der vil modvirke drejningen. Da strømmen, der tilføres motoren fra nettet, drejer ankeret rundt i den ved pilen angivne retning, og den inducerede spænding vil sende en strøm gennem ankeret, der vil dreje det den modsatte vej rundt, må de to strømme og dermed netspændingen og den inducerede spænding være modsat rettede. Den inducerede spænding kaldes derfor også den inducerede modspænding og betegnes ved E. Netspændingen kaldes V. Da V og E er rettede mod hinanden, vil V-E være den resulterende spænding, der virker på motoren. Kaldes modstanden inde i motoren for R, vil den strøm A, motoren optager, være bestemt ved  $A = \frac{V-E}{R}$ .

Giver man motoren mere at trække, vil den løbe langsommere rundt, men det betyder, at E bliver mindre og dermed V-E og A større. Da motoren således optager mere strøm, bliver polerne n og s på ankeret stærkere, hvilket giver en kraftigere drejning af ankeret. Når motoren bliver stærkere belastet, sørger den altså selv for at forøge ankerets drejningsmoment, således at det forøgede krav kan blive opfyldt. Den effekt, motoren optager, er bestemt ved  $V \cdot A$  watt, og når A bliver større, bliver den optagne effekt også større, hvilket passer godt med, at man netop havde givet motoren mere at trække. Modsat, hvis motoren bliver aflastet, vil den løbe op i omdrejninger, hvorved E forøges og V-E og A formindskes, og den optagne effekt  $V \cdot A$  watt bliver mindre.

Variationen i omdrejninger pr. minut fra tomgang til fuld last er lille for en shuntmotor.

Forstærkes motorens magnetisering ved, at der udskydes en del af den modstand, der er vist i serie med magnetiseringsviklingen, vil  $E$  vokse og  $V-E$  og  $A$  blive mindre. Når  $A$  bliver mindre, kan motoren ikke udvikle det samme drejningsmoment som før, hvorfor den løber langsommere. Herved falder  $E$ , hvorved  $V-E$  og  $A$  igen antager de oprindelige værdier, d.v.s. at motoren løber langsommere, når magnetiseringen forstærkes. Omvendt vil motoren løbe hurtigere, når magnetiseringen svækkes.

Når motoren står stille, er  $E$  nul.  $R$  er som regel lille, og derfor vil  $A$  blive stor, hvis man sætter fuld spænding på en stillestående motor. Lidt større motorer, der er belastede allerede under starten, må derfor startes ved hjælp af en igangsætter, der består af en modstand, der indskydes i serie med ankeret. Man får da et spændingsfald i igangsætningsmodstanden, således at ankeret ikke bliver udsat for den fulde spænding. Efterhånden som motoren løber op i omdrejninger, vokser  $E$ , og man kan da udskyde igangsætningsmodstanden, hvilket som regel sker i flere trin. Magnetviklingen tilsluttes, så den straks får fuld spænding, hvilket giver det bedste drejningsmoment under starten.

Vendes strømmen i magnetviklingen, bliver motorens magnetpoler  $N$  og  $S$  ombyttede, og ankeret vil derfor løbe modsat rundt. Bibeholdes magnetiseringen som oprindelig, men vendes derimod strømmen i ankeret, vil magnetpolerne  $n$  og  $s$  på ankeret blive ombyttede, og ankeret vil også i dette tilfælde løbe den anden vej rundt. Vendes nu strømmen både i magnetviklingen og ankeret, vil både magnetpolerne  $N$  og  $S$  samt  $n$  og  $s$  blive ombyttede, hvorfor ankeret vil blive ved med at løbe samme vej rundt.

### Seriemotoren.

I fig. 61 er vist en seriemotor. Den er kendetegnet ved, at ankeret og magnetviklingen er i serie.

Ligesom ved shuntmotoren er den strøm, en seriemotor optager, bestemt ved  $A = \frac{V-E}{R}$ . Skal motoren pludselig trække mere, vil den begynde at løbe langsommere, hvilket vil medføre, at  $E$  bliver mindre, medens  $V-E$  og  $A$  bliver større, hvilket er i overensstemmelse med, at motoren skal yde større afgiven effekt. Når  $A$  bliver større, bliver magnetiseringen stærkere, og det medfører, at  $E$  bliver større og  $V-E$  og  $A$  mindre, men herved falder omdrejningerne og

dermed E, hvorved V-E og A stiger igen. Ved forøgelsen af motorens belastning er altså strømmen steget og omdrejningerne faldet.

Hvis motoren aflastes, vil den løbe op i omdrejninger, og A og magnetiseringen bliver mindre, hvilket igen vil medføre, at omdrejningstallet stiger yderligere, fordi en mindre magnetisering medfører, at motoren løber op i omdrejninger.

Seriemotoren har altså den egenskab, at hvis den belastes, løber den langsommere, men har et stort drejningsmoment på grund af en stærk magnetisering. Aflastes den, løber den op i omdrejninger, og ved tomgang løber den ligefrem løbsk, d.v.s. at omdrejningstallet bliver ved med at stige uden begrænsning. Som regel bliver magnetiseringen så svag, at E bliver meget lille, og det medfører, at næsten hele netspændingen virker på kommutatoren, og så får man det, der kaldes rundslag, d.v.s. at det slår over og brænder fra lamel til lamel, og det medfører, at sikringerne brænder over.

Seriemotorens omdrejningstal kan forøges ved feltsvækning. Sluttes kontakten F i fig. 61, vil en del af motorens belastningsstrøm gå over modstanden M og altså uden om magnetiseringsviklingen. Feltet bliver altså svækket, og vi ved fra det foregående, at det betyder, at motorens omdrejningstal forøges.

Ved start af en seriemotor må man ligesom ved shuntmotoren anvende en igangsætningsmodstand.

Ombyttes + og ÷ på motorens tilslutninger, vendes strømmen både i anker og felt, og ankeret vil da løbe samme vej rundt. Skal ankeret løbe modsat vej rundt, må strømmen vendes enten i ankeret eller i feltet.

Af det foregående fremgår, at seriemotoren ikke egner sig for anvendelse på steder, hvor motoren kan blive helt aflastet. Seriemotoren er derimod velegnet til banemotor, og alle banemotorer i Statsbanernes dieselelektriske materiel er seriemotorer. - I fig. 62 er skematisk vist et arrangement med hoveddynamo og banemotor, som det anvendes f.eks. i Mo-vognene. Ved igangsætning er det her ikke nødvendigt at anvende en igangsætningsmodstand, fordi dynamospændingen i begyndelsen er lille, således at strømmen ikke bliver utiladelig stor. Strømmen vil dog i begyndelsen være forholdsvis stor, og det vil give kraftige magnetpoler og dermed stort drejningsmo-

ment i banemotoren, og det vil sige, at man har god trækraft under igangsætningen. Efterhånden som togets hastighed og dermed banemotorenes omdrejningstal forøges, falder strømmen. Ved dels at forøge dynamoens omdrejningstal og dels at forstærke dens magnetisering, løftes dynamospændingen og dermed banemotorstrømmen igen. Ved en hastighed på 55-60 km/time træder feltsvækningen automatisk i funktion - ved  $M_p$  indkobles feltsvækningen af føreren - og af udtrykket  $A = \frac{V-E}{R}$  ses, at  $A$  bliver større, fordi  $E$  bliver mindre. Når  $A$  bliver større, bliver effekten  $V \cdot A$  watt større, og trækraften forøges.

Ved et bestemt omdrejningstal og en bestemt magnetisering af dynamoen vil der være en bestemt spænding  $V$  på banemotorens klemmer, og det ses af  $A = \frac{V-E}{R}$ , at strømmen  $A$  i banemotoren og dynamoen er bestemt af den inducerede modspænding  $E$  i banemotoren. Da  $E$  vokser med voksende omdrejningstal for banemotoren, og banemotorens omdrejningstal er et mål for toghastigheden, får man stort  $E$  og lille  $A$  ved stor toghastighed og lille  $E$  og stort  $A$  ved lille toghastighed. Hvis toget er tungt, er det længe om at komme op i hastighed, og det betyder, at man i lang tid kører med stor strøm både i banemotor og dynamo, og det giver stor opvarmning af begge maskinerne. Idet  $R$  som ovenfor er modstanden i banemotoren, bliver strømvarmetabet i banemotoren  $R \cdot A^2$  watt.

Ved ændring af banemotorens omdrejningsretning benytter man overalt i statsbanernes dieselelektriske material at vende strømmen i magnetviklingen.

#### Kompoundmotoren.

I fig. 63 er vist en medkomponderet motor. Den er kendetegnet ved, at den både har shuntvikling og serievikling, og da de to viklinger er tilsluttet således, at de giver magnetisering i samme retning, kaldes motoren medkomponderet.

Da motoren har både shuntvikling og serievikling, har den også delvis disse to motortypers egenskaber. Shuntmotoren er, som forklaret tidligere, karakteriseret ved, at dens omdrejningstal ikke falder ret meget fra tomgang til fuld last, medens seriemotorens omdrejningstal falder voldsomt. Kompoundmotorens omdrejningstal ændrer sig mere end shuntmotorens, men det er ikke så ustabil som ved seriemotoren, Hvor meget komoundmotorens omdrejningstal ændrer sig af-

hænger af, hvor stærk serieviklingen er i forhold til shuntviklingen. Seriemotoren er endvidere karakteriseret ved, at den ved stor belastning har stærk magnetisering og dermed stort drejningsmoment. Kompoundmotoren har delvis arvet denne egenskab, og det giver sig f.eks. udslag i, at den har et stort startdrejningsmoment. Kompoundmotoren anvendes derfor specielt, hvor man har brug for en motor med gode startegenskaber. At motoren har gode startegenskaber betyder, at den på kort tid kommer op på fuldt omdrejningstal, således at den altid store startstrøm får en kort varighed.

Kompoundmotoren anvendes til kompressorer, pumper og ventilatorer i de dieselelektriske vogne, og den anvendes her med direkte start, d.v.s. uden igangsætningsmodstande.

Hvis shuntviklingen og serieviklingen giver magnetisering imod hinanden, kaldes motoren modkompounderet. Denne motor har ingen praktisk betydning, da den ved forøget belastning vil forøge omdrejningstallet, hvilket man i almindelighed ikke er særlig interesseret i.

Eksempel:

En motor optager en strøm på 41 amp. - magnetiseringsstrømmen medregnet - ved 70 volt. Modstanden i ankeret, vendepoler og kompoundvikling er 0,15 ohm. Shuntstrømmen er 1 amp., og shunten er tilsluttet direkte til spændingen 70 volt. Jern-, ventilations- og gnidningstab er 140 watt.

Hvor stor effekt afgiver motoren til en tilkøbet pumpe ?

Den optagne effekt er  $70 \cdot 41 = 2870$  watt

I motoren er der følgende tab:

|   |                     |                  |
|---|---------------------|------------------|
| Strømvarmetab .....                       | $0,15 \cdot 40^2 =$ | 240 watt         |
| Magnetiseringstab...                      | $70 \cdot 1 =$      | 70 -             |
| Jern-, ventilations- og gnidningstab..... |                     | <u>140 -</u>     |
| Samlede tab .....                         |                     | <u>450 watt.</u> |

Den til pumpen afgivne effekt = den tilførte effekt ÷ de samlede tab =  $2870 \div 450 = 2420$  watt.

Hvis belastningen varer en time, bliver der tilført motoren en energimængde på 450 watttimer, der omdannes til varme, og hvis der ikke i samme tidsrum føres 450 watttimer bort fra motoren i form af varme med køleluften, vil dens temperatur stige. Stiger temperaturen over en for motoren fastsat temperatur afhængig af, hvilke isolationsmaterialer der er anvendt til viklingerne, betyder det, at maskinen er belastet for hårdt, og hvis ikke belastningsstrømmen kan



nedsættes og dermed den til pumpen afgivne effekt, må der anvendes en større motor, der kan tåle at føre den nødvendige strøm.

Er der i motorens tilslutningsledninger anbragt sikringer af den rigtige størrelse, vil de brænde over, inden motoren bliver for varm.

### Eksempel:

I fig. 64 a og b er skematisk vist forbindelsen af nogle dynamoer og banemotorer i serie- og parallelstilling. Dynamoerne er betegnet ved D og banemotorerne ved B. A og V angiver henholdsvis ampère- og voltmètre, der viser de på tegningen angivne strømme og spændinger. Den samlede modstand i hver af dynamoerne og banemotorerne er 0,05 ohm og 0,06 ohm. Der ses bort fra modstanden i tilledningerne.

Udregn den fra dynamoerne afgivne effekt samt strømvarmetabet i dynamoerne og banemotorerne i serie- og parallelstilling.

#### Seriestilling.

Hver dynamo afgiver 400 volt · 200 amp = 80000 watt = 80 kW.

Tab i en dynamo =  $0,05 \cdot 200^2 = 2000$  watt.

Tab i en banemotor =  $0,06 \cdot 400^2 = 9600$  watt.

#### Parallelstilling.

Hver dynamo afgiver 200 volt · 400 amp = 80000 watt = 80 kW.

Tab i en dynamo =  $0,05 \cdot 400^2 = 8000$  watt.

Tab i en banemotor =  $0,06 \cdot 400^2 = 9600$  watt.

Man ser altså, at man ved samme afgiven effekt fra dynamoerne i de to tilfælde opnår at få et strømvarmetab i dynamoerne i seriestillingen, der kun er en fjerdedel af strømvarmetabet i dynamoerne i parallelstillingen. Strømvarmetabet i banemotorerne er ens i de to tilfælde.

### Detaller vedrørende elektriske maskiners opbygning.

Foran blev det angivet, at man ikke anvender ringankre, men tromleankre. Et sådant anker består af en tromle af jern, hvori der er skåret noter på langs, og ankerviklingen lægges nede i noterne. Dette er antydnet i fig. 65, hvor der er vist et anker med en lille del af viklingen indtegnet. I fig. 66 er vist et tværsnit i en not fra et færdigviklet anker.

Den del af ankerviklingen, der ligger i noterne, kaldes spolesiderne. En ankerspole har altså to spolesider. Ved tromleankeret ligger en spoles to spolesider, således at der kan blive in-

duceret spænding i dem begge. Ved et ringanker ligger spolesiderne ikke i noter, men den ene spoleside ligger uden på ankeret, medens den anden spoleside ligger på indersiden af den cylinder, der danner ankerjernnet, og da denne sidste spoleside ikke kommer ind i maskinens magnetfelt ved ankerets drejning, bliver der ikke induceret nogen spænding i den. Alligevel går der strøm i den, når maskinen er belastet, og der kommer følgelig et strømvarmetab i den, der medvirker til maskinens opvarmning. Denne ulempe findes altså ikke ved tromleankeret.

Den del af ankeret, der ligger mellem noterne, kaldes tænderne. I noterne ligger ankerlederne, og når ankeret drejes rundt i maskinens magnetfelt, vil der, som vi har set, blive induceret en spænding i ankerlederne. Tænderne, der består af jern, ligger parallelt med ankerlederne i noterne, og når der ved ankerets drejning bliver induceret en spænding i ankerlederne, vil der samtidig blive induceret en spænding, der vil frembringe en strøm på langs af tænderne. Som bekendt vil enhver strøm give anledning til et strømvarmetab, og strømmen i tænderne vil derfor give en opvarmning af ankeret.

For at undgå strømmen i tænderne bliver ankeret udført af ca. 1 mm tykke plader med papir på den ene side, som vist i fig. 67. Et anker kommer til at bestå af mange plader, der ved større maskiner samles på et nav. Da strømmen på grund af papirmellemlaget ikke kan komme over fra plade til plade, kan der ikke komme nogen strøm på langs i tænderne.

Betragtes f.eks. fig. 56 ses, at når en kommutatorlamel passerer et kul, sker der følgende med en ankerspole, der er tilsluttet lamellen:

1. Før kommutatorlamellen rører kullet, går der strøm i ankerspolen i den ene retning.
2. Når lamellen kommer ind under kullet, og dette samtidig berører den foranliggende lamel, hvortil den betragtede spole også er forbundet, er spolen kortsluttet. Strømmen i spolen holder ikke pludseligt op med at løbe, men bliver ved med at løbe rundt i sig selv som en cirkulationsstrøm, medens den er kortsluttet.
3. Når den foranliggende lamel ikke mere berører kullet, er spolen ikke længere kortsluttet, og spolen skal føre strøm i modsat retning af den under 1. angivne.

Hvis cirkulationsstrømmen i spolen ikke er ophørt samtidig med, at kortslutningen af spolen er forbi, får man gnistring ved kullene. For at undertrykke cirkulationsstrømmen og forhindre gnistringen forsynes dynamoer og motorer med de såkaldte vendepoler, der anbringes mellem hovedpolerne og bliver magnetiserede af ankerstrømmen.

De foran i figurerne viste dynamoer og motorer er alle vist som to-polede maskiner. I praksis anvendes for det meste maskiner med flere poler. Antallet af poler på en maskine er dog altid deleligt med 2, således at der er lige mange nordpoler og sydpoler. Som regel bliver maskinerne forsynede med ligeså mange børster, som der er poler, og alle plusbørsterne og alle minusbørsterne bliver forbundet indbyrdes, således at maskinen udadtil kun får een plusklemme og een minusklemme.

Ved en to-polet maskine skal ankeret drejes en hel omdrejning, for at en ankerleder kan passere både en nordpol og en sydpol. Ved en fire-polet maskine skal ankeret kun drejes en halv omdrejning, for at en ankerleder kan passere både en nordpol og en sydpol.

I fig. 68 er vist en kommutator.

## Måleapparater.

### Amperemetre.

Den mest anvendte apparattype er drejespoleinstrumentet, der er vist i fig. 69. Det består af en fast permanent magnet NS, og imellem dennes polsko er anbragt en cylindrisk kerne af almindeligt jern. Denne jernkerne er fast i forhold til magneten. Mellem jernkernen og magnetens polsko får man to luftspalter, hvor magnetfeltet er lige stærk overalt. Se også fig. 14. Det bevægelige system består af en aluminiumsramme, der er forsynet med pinoler, så rammen kan ophænges bevægeligt. På aluminiumsrammen vikles en tynd tråd, så man får dannet en spole. Spoleenderne sættes i forbindelse med to spiralfjedre, der anvendes til at holde systemet i en bestemt nulstilling. Spiralfjedrene må ikke være i elektrisk ledende forbindelse med aluminiumsrammen. Aluminiumsrammen anbringes således, at de to sider af den kan bevæges i de to luftspalter mellem magnetpolerne og jernkernen. I forbindelse med aluminiumsrammen er anbragt en

viser, der kan bevæge sig over en skala. Nulpunktet på skalaen er det sted, hvor viseren står, når der ikke er strøm i spolen på aluminiumsrammen. Angrebepunktet for den ene af spiralfjedrene kan forskydes, således at man kan få overensstemmelse mellem viserens nulstilling og skalaens nulpunkt.

Sendes strøm gennem spiralfjedrene og spolen i den ved pile-  
ne viste retning, vil spolen danne polerne n og s, og viseren vil bevæge sig i den angivne retning. Ved drejningen vil spiralfjedrene blive spændte, og polerne n og s formår derfor kun at dreje rammen og dermed viseren en vis vinkel. Forøges strømmen i spolen, bliver n og s stærkere, og vinkeldrejningen bliver større.

Drejespoleinstrumentet har den egenskab, at afstanden på skalaen mellem stregerne 0 og 1 er den samme som afstanden mellem f.eks. stregerne 9 og 10.

Hvis den permanente magnet i tidens løb ændrer sin magnetiske styrke, vil man ikke mere få det samme udslag for en bestemt strøm i spolen. Derfor bliver magneten, inden den anbringes i måleapparatet, behandlet på en sådan måde, at den magnetismængde, der bliver tilbage, meget nær forbliver uforandret i tidens løb.

Sendes strømmen den anden vej gennem spolen, vil viseren slå ud til modsat side. Mange apparater har nulpunkt ved den ene ende af skalaen, og man må derfor ved disse apparater overbevise sig om, at apparatet forbindes rigtigt, da man ellers får baglæns udslag. Apparatets klemmer er da mærkede med + og ÷.

Når aluminiumsrammen drejer sig, vil der, så længe den er i bevægelse, blive induceret en spænding i den, der vil frembringe en cirkulationsstrøm i rammen, og denne strøm vil som altid, når der er tale om induktion, modvirke bevægelsen. Resultatet af cirkulationsstrømmens bremsende virkning bliver, at viseren med aftagende hastighed bevæger sig henover skalaen og standser på det rigtige sted uden at svinge.

For at få det bevægelige system til at bevæge sig let og for små påvirkninger fra magnetfeltet n s bliver der til systemet dels anvendt en let aluminiumsramme og dels vikles spolen af en tynd tråd, og man kan derfor kun sende meget svage strømme gennem apparatet. Vil man derfor måle en større strøm, end apparatet kan tåle, må man anvende det i forbindelse med en shunt. En shunt er en modstand, der

indeholder færre ohm end måleapparatet. Shunt og apparat forbindes som vist i fig. 70. Giver apparatet fuldt udslag for 0,1 amp. i dets spole, og skal man måle en strøm på 100 amp, tilpasser man shuntten, således at der går 99,9 amp. i den, når apparatet giver fuldt udslag. Fuldt udslag på apparatet vil betyde, at der går en strøm på 100 amp. i den ledning, hvor shunt og måleapparat er indskudt. Giver apparatet halvt udslag, betyder det, at der går 50 amp. i ledningen og 0,05 amp. i spolen.

Anvendes apparatet i forbindelse med en shunt, der har en anden modstand, vil apparatets udslag betyde andre ampèreværdier.

Shunt og måleapparat samt ledningerne mellem disse - de såkaldte shuntledninger - er nøje tilpasset hverandre. Specielt må man ikke anvende andre shuntledninger end de foreskrevne. En shunt, der er tilpasset et måleapparat af en bestemt type og fabrikat, vil i almindelighed kunne anvendes sammen med alle måleapparater af samme type og fabrikat.

I de motorvogne, der har ampèremetre i begge førerrum, har begge ampèremetrene som regel fælles shunt, og de forbindes som vist i fig. 71.

Foruden drejespoleinstrumentet skal blødtjernsinstrumentet omtales. Apparatets principielle indretning er vist i fig. 72. Det faste system består af en spole, og det bevægelige af et stykke jernblik med en viser og et stempel, der kan bevæge sig om en aksel R, der står vinkelret på papiret. Ved hjælp af en spiralfjeder holdes viseren i en bestemt stilling - nulstillingen -, når der ikke går strøm i spolen. Sendes der strøm gennem spolen, danner den et magnetfelt, der vil suge jernblikket ind i spolen, og herved spændes fjederen. Udslagets størrelse angives ved viserens stilling på skalaen. Forøges strømmen, bliver spolens magnetfelt forøget, og jernblikket kan trækkes længere ind i spolen, indén fjederens stramning standser bevægelsen.

Afstanden mellem delestregerne vokser på skalaen, jo længere man kommer bort fra nulpunktet, d.v.s. at afstanden mellem delestregerne 0 og 1 er mindre end mellem delestregerne 9 og 10. Skal apparatet anvendes med godt resultat, skal man derfor have et stort udslag på skalaen.

Vendes strømmen i spolen, vil viseren fortsat slå ud til samme side på skalaen, idet både spolens og jernblikkets poler vender.

Når apparatet gør udslag, vil viseren stå og svinge, inden den falder til ro. For at forhindre dette er der anbragt en bremse på det bevægelige system. Denne kan f.eks. bestå af et stempel, der bevæger sig i en cylinder uden at berøre dens vægge.

Også dette apparat kan anvendes i forbindelse med en shunt.

### Voltmetre.

De foran beskrevne apparattyper-drejespoleinstrumentet og blødtjerninstrumentet-, der anvendes som ampèremetre, kan også anvendes som voltmetre. Modstanden i de omtalte måleapparater er i almindelighed kun nogle få ohm, og da apparaterne kun kan tåle en lille strøm, kan man ikke uden videre tilslutte et af de omtalte apparater som voltmeter. Måleinstrumentet tilsluttes derfor i forbindelse med en formodstand, når det skal anvendes som voltmeter, som vist i fig. 73.

Benytter man en formodstand med mange ohm, får man en lille strøm gennem måleapparatet og dermed lille udslag. Benytter man en formodstand med færre ohm, får man en større strøm og dermed et større udslag på måleapparatet. Formodstanden må derfor passe til den spænding, der skal måles, og til måleapparatet. Man skal kende formodstanden for at vide, hvad måleapparatets udslag betyder i volt, hvilket fremgår af det følgende.

Den spænding, der skal måles, kaldes  $V$ , og strømmen i formodstand og måleapparat kaldes  $A$ . Den samlede modstand i formodstand og måleapparat kaldes  $R$ . Af ohms lov fås  $V = R \cdot A$ . Da  $R$  har en bestemt værdi, vil man se, at til en bestemt spænding svarer der et bestemt udslag på måleapparatet.

Eksempel: Et måleapparat giver fuldt udslag for en strøm på 0,1 amp. I forbindelse med en formodstand skal det anvendes til spændingsmåling. Den samlede modstand i måleapparat og formodstand er 1000 ohm. Hvormange volt svarer til fuldt udslag på måleapparatet ?

Da  $V = R \cdot A$ , bliver spændingen ved fuldt udslag  $1000 \cdot 0,1 = 100$  volt. Det vil sige, at hvis apparatet med formodstand bliver tilsluttet en spænding på 100 volt, giver apparatet netop fuldt udslag.

Formodstanden købes i almindelighed sammen med måleapparatet, og der er da på den angivet, til hvilken spænding den kan anvendes sammen med det pågældende måleapparat.

Ved mindre spænding kan formodstanden være indbygget i måleapparatet, ligesom shunten ved mindre strømme kan være indbygget.

#### Deuta hastighedsmåleren.

Hastighedsmåleren er vist skematisk i fig. 74. Den består af en permanent magnet N S, der drejes rundt ved et træk fra vognhjulene. Mellem magnetens poler er anbragt en cylindrisk jernkerne B. C er et bægerformet aluminiumsemne, hvis cylindriske væg befinder sig i mellemrummet mellem magnetpolerne og jernkernen. Til aluminiumsbægeret, der er ophængt drejeligt, er fastgjort en visir, der af en spiralfjeder holdes over skalaens nulpunkt ved stilstand.

Drejes magneten rundt, vil der i aluminiumsbægerets cylindriske væg blive induceret en spænding, der fremkalder strømme i væggen. Fra tidligere ved vi, at disse strømme vil søge at hindre magnetens drejning. Da imidlertid aluminiumsbægeret er ophængt drejeligt, kan det ikke hindre magnetens drejning, men vil i stedet for selv blive drejet en vis vinkel, indtil spiralfjederen bliver spændt så meget, at den holder ligevægt med det drejende moment. Drejes magneten hurtigere rundt, bliver den inducerede spænding og strømmen stærkere og dermed det drejende moment kraftigere, og det vil sige, at viseren bevæger sig længere hen over skalaen, inden spiralfjederen bliver spændt så meget, at den kan holde ligevægt med det drejende moment.

#### Akkumulatorer.

Akkumulatorer anvendes til opbevaring af elektrisk energi til brug for senere anvendelse. Det er en kemisk virkning ved den elektriske strøm, der ligger til grund for anvendelsen af akkumulatorer, idet der både under opladningen og afladningen sker kemiske processer i den.

I det følgende skal omtales blyakkumulatoren og jern-nikkel (Nife) akkumulatoren.

### Blyakkumulatoren.

En celle i en blyakkumulator består af et kar, der i Statsbanernes rullende materiel er af ebonit. I dette kar er der anbragt to blyplader, plus- og minuspladerne, og karret er fyldt op med fortyndet svovlsyre, der har den egenskab, at den er elektrisk ledende.

Syrens styrke angives ved dens vægtfylde, og forholdet er det, at når syren er svag, er vægtfylden lille, og når den er stærk, er vægtfylden stor. Måleenheden for vægtfylde kaldes, når man taler om syren i akkumulatører, for beaumégrader. Syrens vægtfylde eller dens beaumégrader findes ved hjælp af en flydevægt, der er vist i fig. 75. Ved hjælp af gummibolden kan syren suges op i glaskolben, og beaumégraderne aflæses på flydevægtens skala, idet vægtfylden er bestemmende for, hvor dybt flydevægten synker ned i syren. Ved lille vægtfylde synker flydevægten dybt, medens kun en mindre del af flydevægten er nede i syren ved stor vægtfylde.

Når cellen er helt afladet, er begge blypladernes overflader omdannet til et gråt stof, der hedder blyulfat, og syren i karret er tynd.

I fig. 76 a er vist en helt afladet celle.

I fig. 76 b er cellen vist under opladning. Strømmen sendes ind i cellen ved pluspladen, og går ud ved minuspladen. Strømmen går altså i syren fra pluspladen til minuspladen, hvorved der sker det, at der af syreopløsningen udskilles ilt ved pluspladen og brint ved minuspladen. Ved pluspladen vil ilten bevirke, at blyulfaten deles i bly og sulfat. Blyet og ilten vil sammen danne en forbindelse, der hedder blyoverilte (en forbindelse, hvor der er bundet meget ilt i forhold til blymængden), der af farve er mørkebrun. Sulfaten vil sammen med vandet i syreopløsningen danne svovlsyre. Ved den negative plade vil blyulfaten under indvirkning af brinten også blive delt i bly og sulfat. Her vil blyet imidlertid ikke indgå nogen ny forbindelse, men vil blive tilbage som rent bly, der er gråt af farve. Brinten vil sammen med sulfaten danne svovlsyre. Da der ved begge pladerne dannes svovlsyre, bliver syren stærkere.

Når ladningen har varet en tid, er en stor del af blyulfaten omdannet, og en del af den ilt og brint, der frigøres, vil ikke kunne komme i kontakt med den resterende mængde blyulfat. Ilten og brinten vil derfor efterhånden sætte sig som luftblærer på



pladerne, og når en luftblære er blevet for stor, vil den boble op. Man vil derfor efter en tids forløb se, at der sker en ret kraftig luftudvikling ved begge pladerne, og det ser ud, som om batteriet koger. Luftudviklingen bliver kraftigere med stigende strømstyrke. For at få cellen helt opladet, skal ladningen fortsættes en tid efter, at luftudviklingen er begyndt.

Da ilt og brint er eksplosionsfarlig, er tobaksrygning og brug af åben ild i batterirum forbudt, og endvidere skal der være god ventilation i batterirum.

I fig. 76 c er cellen vist opladet. Overfladen på pluspladen er omdannet til blyoverilte, og farven er brun, medens der er rent bly på overfladen af minuspladen, der er grå af farve, og syren er blevet stærkere.

Da cellen var afladet, var pladerne ens, og der var ingen spændingsforskel imellem dem, men under opladningen er de blevet forskellige, hvilket medfører, at der er en spændingsforskel imellem dem, således at cellen nu kan afgive strøm. Som vist i fig. 76 d går strømmen nu fra pluspladen gennem belastningsmodstanden til minuspladen og gennem syren tilbage til pluspladen. Strømmen går altså nu modsat vej gennem syren i forhold til, hvad der var tilfældet under opladningen. Dette medfører, at den foran beskrevne proces for opladningen foregår i modsat retning, d.v.s. at både blyoverilten på pluspladen og blyet på minuspladen bliver omdannet til blyulfat.

I fig. 77 a og b er vist, hvorledes cellens spænding varierer under op- og afladningen. Det ses, at spændingen ved opladning hurtigt stiger til ca. 2 volt, og derefter foregår stigningen langsommere, indtil spændingen er ca. 2,3 volt. Ved dette tidspunkt begynder spændingen igen at stige ret hurtigt, fordi luftudviklingen ved pladerne nu er begyndt at gøre sig gældende. På grund af luftboblerne er pladernes virksomme areal blevet mindre, og det medfører, at der skal større spænding til for at få strøm gennem cellen. Spændingen stiger ved fortsat ladning til maksimalt 2,75 volt. Cellen er nu opladet, og syrevægtfylden er 24 beaumégrader.

Begynder man afladningen af cellen, vil spændingen meget hurtigt falde til ca. 2 volt og derefter langsomt til 1,8 volt. Ved denne spænding standses afladningen, dels fordi cellen ikke kan tåle at blive afladet mere, dels fordi spændingen er blevet for lav

til, at man kan udnytte den, da de fleste anlæg kræver ret konstant spænding. Når cellen er afladet til 1,8 volt, er syrevægten 18 beaumégrader.

I det foregående har der udelukkende været talt om en enkelt celle, og vi har set, at dens spænding under afladning er ca. 2 volt. Har man brug for et akkumulatorbatteri med en spænding, der er højere end 2 volt, kan dette opnås ved at anvende flere celler og forbinde dem som vist i fig. 78. Her er plus i den ene celle forbundet til minus i en anden celle, og den resulterende spænding i batteriet bliver summen af de enkelte cellers spænding. Denne forbindelsesmåde kaldes serieforbindelse. Har alle cellerne samme pladestørrelse, således at de hver for sig kan belastes med samme strøm f.eks. 20 amp., vil det i fig. 78 viste batteri også kun kunne belastes med 20 amp.

I fig. 79 er vist en anden måde at forbinde cellerne i et batteri på. Her er alle pluspladerne forbundet indbyrdes og alle minuspladerne indbyrdes. Batteriets spænding bliver den samme som de enkelte cellers spænding. Denne forbindelsesmåde kaldes parallelforbindelse. Pladearealet er bestemmende for, hvor stor en strøm en celle kan tåle, og da ved parallelforbindelse alle plusplader og alle minusplader hver for sig er forbundet indbyrdes, kan batteriet tåle en strøm, der er summen af den strøm de enkelte celler kan tåle. Er denne f.eks. 20 amp., kan batteriet i fig. 79 tåle 80 amp.

Et batteris kapacitet angives i ampèretimer. Har et batteri en kapacitet på 180 ampèretimer, betyder det, at batteriet kan afgive en strøm på 18 amp. i 10 timer, inden spændingen falder til 1,8 volt pr. celle. Da kapaciteten er større ved en lille afladestrøm end ved en stor afladestrøm, vil batteriet ved en afladestrøm under 18 amp. kunne afgive mere end 180 ampèretimer, medens det ved en afladestrøm på mere end 18 amp. ikke kan afgive 180 ampèretimer. Et batteris kapacitet angives som regel som ampèretimetallet ved 10 timers afladning. Processen i pladerne vil ved stor strøm fortrinsvis foregå lige i overfladen, medens det materiale, der ligger lidt dybere i pladen, ikke i tilstrækkelig grad vil få lejlighed til at deltage i processen. Endvidere er kapaciteten mindre i koldt vejr end i varmt. Et helt nyt batteri har ikke så stor kapacitet som et batteri, der har været i drift en tid, idet pladerne bliver porøse og får større overflade ved op- og afladningerne.

Er et batteri blevet afladet med 180 ampèretimer, skal det oplades med ca. 225 ampèretimer, for at det påny kan afgive 180 ampèretimer. Det betyder, at der sker et tab i batteriet, og at man altså ikke får ligeså meget ud af det, som man kommer i det.

Som allerede omtalt har plus- og minuspladerne en svampet eller porøs overflade, hvilket bl.a. betyder, at der er en stor kontaktflade mellem pladerne og syren. Ved afladet batteri er blyulfatet endvidere normalt tilstede i en sådan form, at det ved en efterfølgende opladning let tager del i den foran beskrevne proces.

Lader man et afladet eller delvis afladet batteri henstå, vil syren i batteriet omdanne blyulfaten, således at den i stedet for at være porøs og letopløselig bliver tæt og hård og vanskelig opløselig ved en efterfølgende opladning. Det betyder, at pladernes virksomme areal og dermed batteriets kapacitet bliver mindre. Denne omdannelse af blyulfaten kaldes sulfatering. Ved gentagne op- og afladninger af batteriet kan sulfateringen igen ophæves, hvis den ikke har været for stærkt fremskreden. Er batteriet helt afladet, er sulfateringen allerede mærkbar efter nogle timers forløb. Et afladet batteri må derfor aldrig henstå, men skal straks sættes til ladning.

Ved et almindeligt blybatteri bliver pluspladen støbt som en blyplade med mange fine ribber, således at overfladen bliver stor. For at gøre pladens virksomme overflade endnu større bliver pladen op- og afladet nogle gange, inden den tages i brug. Den negative plade støbes som et blygitter, der udfyldes med en dej, der indeholder en forbindelse af bly og ilt samt nogle andre stoffer. Når dejen er tør, er pladen klar til anvendelse.

I fig. 80 er vist en celle set fra oven. Som det ses, er flere - i figuren 3 - negative plader loddet på en fælles blyskinne, der bliver cellens negative pol. På samme måde er flere - i figuren 2 - positive plader samlet på en fælles blyskinne, der bliver cellens positive pol. De negative plader er altid yderst, da de positive plader vil krumme sig, hvis de anbringes yderst. Mellem pladerne anbringes tynde træplader, for at plus- og minuspladerne ikke skal berøre hinanden, hvorved cellen vil blive kortsluttet.

Som tidligere angivet, vil der ved opladningen udskilles ilt og brint ved pladerne, og under den sidste del af ladningen vil en

del af denne ilt og brint boble op. Da ilt og brint tilsammen danner vand, betyder det i virkeligheden, at en del af vandet i syreopløsningen bliver sønderdelt og forsvinder. Endvidere vil der også forsvinde vand ved fordampning. Derimod forsvinder der ikke syre ved drift af batteriet. Vædskestanden vil derfor efterhånden synke i cellerne, og da pladerne hele tiden skal være dækkede af vædske, skal der med mellemrum hældes vand i cellerne, men ikke syre. Hertil skal anvendes destilleret vand, da urenheder af forskellig slags kan forringe eller ødelægge pladerne.

Ved Statsbanernes dieselelektriske materiel anvendes i almindelighed de såkaldte dur-batterier, der adskiller sig fra det foran beskrevne almindelige blybatteri ved, at de positive plader består af ebonitrør med mange indskæringer, og rørene er fyldt med en pulverformet blymasse. Ebonitrørene bæres af en blyramme, der er vulkaniseret, således at den ikke deltager i op- og afladningen. De negative plader er udført på samme måde som beskrevet foran. Ved denne udformning af de positive plader bliver de mere modstandsdygtige overfor rystelser og store lade- og afladestrømme.

Dur-batteriet har samme spændingskurver for op- og afladning som det almindelige blybatteri, men ved afladet batteri er syrevægtfylden 22 beaumégrader og ved opladet batteri 29,5 beaumégrader.

De i d. selmateriellet anvendte dur-batterier er af typen 8 dur, hvilket betyder, at der er 8 positive plader i hver celle. Cellerne anbringes to og to i batterikasser, og til hver motorvogn anvendes 17 batterikasser og altså 34 celler.

#### Nifc-Akkumulatorer.

Pladerne består af tynde, forniklede stålplader forsynet med huller til optagelse af den aktive masse, der består af nikkel- og jernpulver i henholdsvis den negative og positive plade. Vædsken i cellerne består af kaliumhydroxyd. Vædsken er tilbøjelig til at udkrystallisere på cellernes låg og ydersider, men dette kan forhindres ved at indsmøre cellerne i vaseline.

Kaliumhydroxyd og syre ødelægger hinanden, hvorfor de aldrig må sammenblandes.

Under opladningen stiger spændingen til 1,7 volt, og det aflades til ca. 1,0 volt pr. celle, men tager ingen skade af at blive afladet til endnu lavere spænding.

-----oooOooo-----

