DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

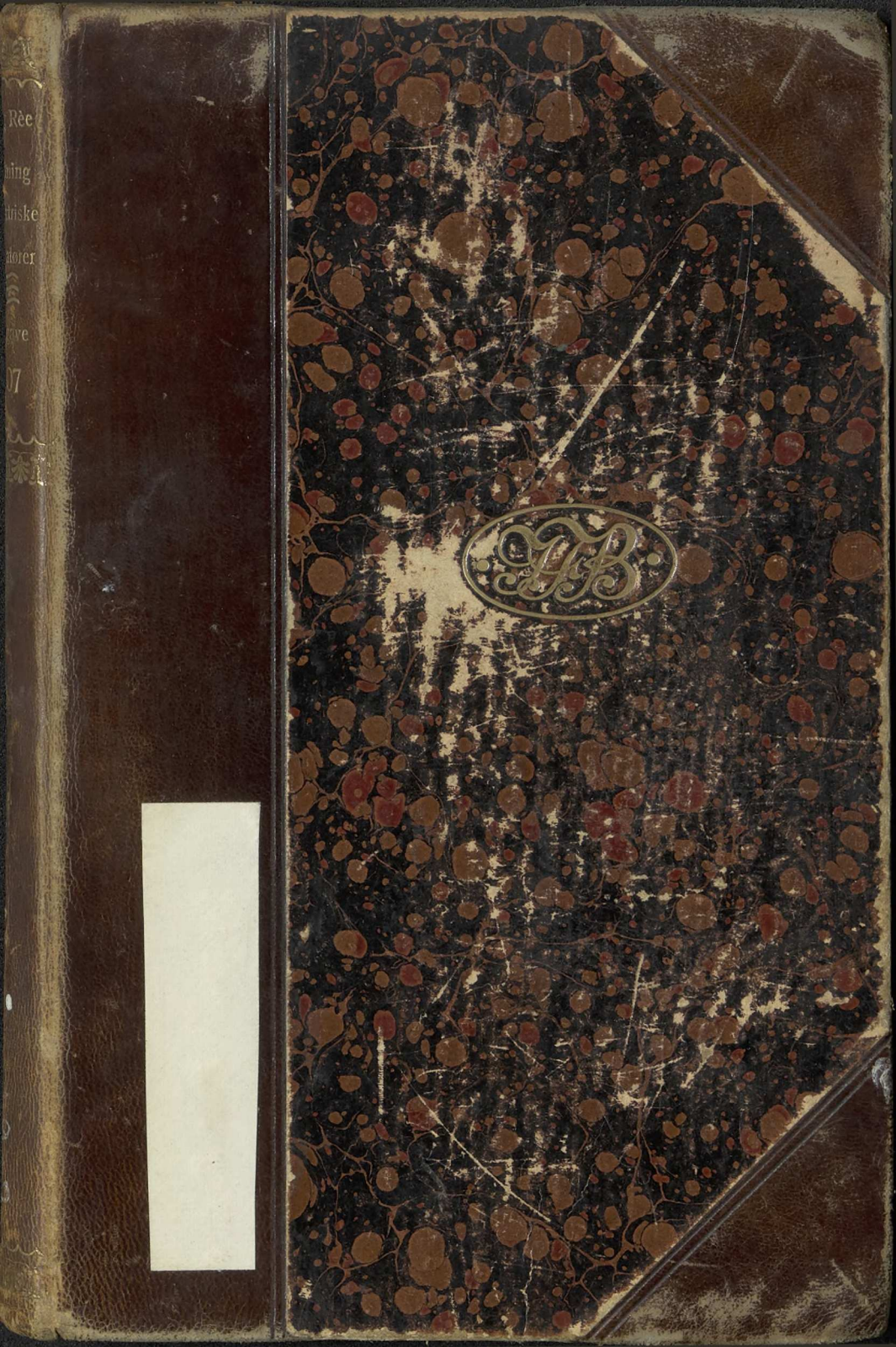
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*



Denne Bog
tilhører
Industriforeningen
i
Kjøbenhavn

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

TB Gl.
621.30 Let
1907 Bd.1

28 79

VEJLEDNING FOR ELEKTRISKE INSTALLATØRER

I. JÆVNSTRØM

AF

F. C. LETH
CAND. POLYT.
CHEF
FOR ELEKTRICITETSVÆRKERNES
INGENIØRKONTOR

OG

H. RÉE
CAND. POLYT.
INGENIØR
VED ELEKTRICITETSVÆRKERNES
INGENIØRKONTOR

AUTORISERET TIL BRUG VED EXAMEN FOR AUTORISEREDE INSTALLATØRER AF ELEKTRISKE ANLÆG I KØBENHAVN

ANDET OPLAG

H. HAGERUPS FORLAG
KØBENHAVN

Nærværende Bog indeholder den almindelige Jævnstrømslære i det Omfang, der forlanges ved Examen for elektriske Installatører i København.

København, den 12. Oktober 1907.

Marstrand,
Borgmester.

TRIERS BOGTRYKKERI (G.L.LIND & NUMA FRÆNKEL).

1907.

Forord til 1ste Udgave.

Denne Bog, som er udarbejdet efter Opfordring af Københavns Magistrat, har til Hovedformaal at tjene som Vejledning for dem, der ville indstille sig til Examen for autoriserede Installatører af elektriske Anlæg i København, men den vil tillige kunne være til Nytte for Arkitekter, Ingeniører, Bygherrer, Ejendomsbesiddere samt for enhver, som uden at være Fag-Elektrikere kunde have Interesse af at have nogen Kendskab til Elektroteknikkens Begyndelsesgrunde og specielt til elektrisk Installationsteknik.

Til Forstaaelse af Bogen kræves intet Kendskab til Mathematikken og Fysikken udover de almindelige Skolekundskaber.

Forfatterne.

Forord til 2den Udgave.

Da der siden Udgivelsen af 1ste Udgave er indført Vekselstrøm i Københavns ydre Distrikter, er nærværende 2den Udgave delt i to Dele, nemlig 1ste Del indeholdende Jævnstrømslæren i et lignende Omfang som Bogens 1ste Udgave, og 2den Del indeholdende Vekselstrømslæren i et tilsvarende Omfang.

Forf.

I. Del.

JÆVNSTRØM.

Indledning.

1. Forbindes Polerne af et galvanisk Element med en Kobbertraad, da opstaar der som bekendt i Traaden en Virksomhed, man siger, at der gennem Traaden strømmer Elektricitet, eller at der gaar en elektrisk Strøm.

At der virkelig foregaar noget særligt, kan ses paa forskellig Maade. Bekendt er det saaledes, hvorledes Traaden opvarmes af Strømmen, hvorledes man ved at lede Strømmen omkring Jern kan frembringe en Magnet, eller hvorledes man ved at lede Strømmen gennem en Metalsaltopløsning kan udskille Metallet.

Medens det er et ubesvaret Spørgsmaal, hvad Elektricitet egentlig er, saa taler man altsaa uden Skrupler om, at den strømmer gennem Kobbertraaden, og at en saadan Sprogbrug fuldt ud har kunnet trænge igennem, maa naturligvis have sin Grund deri, at de Fænomener, der kunne iagttages, naar Kobbertraaden bringes i den ovenomtalte elektriske Tilstand, i mange Henseender frembyde Lighedspunkter med f. Ex. Vædskers Strømning gennem Rørledninger.

En Sammenligning mellem en Vandstrøm i en Rørledning og en elektrisk Strøm gennem en Kobbertraad er derfor i høj Grad lærerig, idet allerede en hel Del Elektriciteten vedrørende Forhold og Begreber paa en haandgribelig Maade lade sig belyse ved Sammenligningen.

2. **Potential, Spænding, elektromotorisk Kraft.** Tænker man sig to Beholdere med Vand (se Fig. 1), A og B, af hvilke den ene ligger højere end den anden, forbundne med et Rør, R, da vil der grundet paa Beholdernes Højdedifferens strømme Vand gennem Røret. Tænker man sig endvidere, at et Pumpeværk, P, af en eller anden

Art pumper Vandet lige saa hurtigt fra B til A, som det gennem R løber A til B, saa har man her et Tilfælde, der ganske svarer til et galvanisk Element (Fig. 2), hvis to Klemmeskruer ere forbundne ved en Kobbertraad. Klemmeskruerne svare til Beholderne A og B, Kobbertraaden til Røret R og det galvaniske Element til Pumpen P. Elektriciteten, der gennemstrømmer Kredsløbet, tænker man sig som en Art Stof, der altsaa svarer til Vandet i Fig. 1.

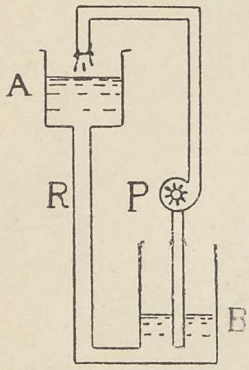


Fig. 1.

At Vandet bevæger sig i Røret R skyldes Højdeforskellen mellem Vandoverfladerne i de to Kar, at Elektriciteten bevæger sig i Kobbertraaden maa forklares derigennem, at de to Klemmeskruer ikke befinde sig i samme elektriske Tilstand, den ene maa elektrisk set antages at ligge højere end den anden.

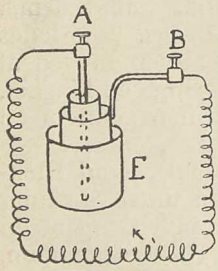


Fig. 2.

Man har for denne elektriske Tilstand indført Benævnelsen »Potential« og taler om, at to Ledere ligge i samme eller i forskelligt Potential, ganske tilsvarende til at man taler om, at to Vandflader ligge i samme eller forskellig Højde.

Holdes Højdeforskellen mellem de to Beholderes Overflader (Fig. 1) konstant lig med f. Ex. 2 Meter, da vil der gennem Røret R strømme en ganske bestemt Vandmængde pr. Sekund og praktisk set den samme Mængde, enten Opstillingen foretages ved Havets Overflade eller oppe paa et Bjærg. Paa tilsvarende Maade forholder den elektriske Opstilling sig. Holdes der en bestemt Potentialforskel mellem de to Klemmeskruer, da vil der gennem Kobbertraaden strømme en elektrisk Strøm af en ganske bestemt Styrke, uafhængig af, hvilket Potential den lavest liggende Klemmeskrue ellers har.

Som Nulpunkt for Potentialet har man valgt Jordens Potential, ganske svarende til, at man som Nulpunkt for almindelige Højdeforhold har valgt Havets Overflade.

Den Enhed, man i Praksis har indført for Potentialet, kaldes en Volt (herom senere). Ligger en Leder i Potentialet 220 Volt, en anden i Potentialet 110 Volt, (Potential-

forskellen mellem dem saaledes 110 Volt), da siger man, at der er en Spænding imellem dem af 110 Volt. Spænding er saaledes kun en anden Benævnelse for Potentialforskel.

Betragtes Pumpen i Opstillingen Fig. 1, da vil man se, at denne egentlig er Kilden til den hele Bevægelse i Vandkredsbeløbet; hvis Pumpen ikke bevæger Vandet fra B til A, da vil Vandstrømmen ophøre, saasnart A er tømt. Pumpen optræder altsaa som en vandbevægende Kraft.

Paa ganske tilsvarende Maade forholder det galvaniske Element sig i den elektriske Opstilling Fig. 2.

En i Elementet boende Kraft holder den elektriske Strøm i Gang, optræder som den Elektriciteten bevægende Kraft. Denne Kraft kaldes den elektromotoriske Kraft og maales ligesom Spændingen i Volt.

3. **Strømstyrke, Strømretning, Poler.** Hvis man i Opstillingen Fig 1 kender den Vandmængde, der pr. Sekund (sec.) flyder gennem R, da har man et Maal for Vandstrømmens Styrke (Vandføringen pr. sec.). Paa tilsvarende Maade tænker man sig, naar man ved Opstillingen Fig. 2 taler om, at Kobbertraaden gennemstrømmes af en elektrisk Strøm af bestemt Styrke, at den pr. sec. gennemstrømmes af en ganske bestemt Elektricitetsmængde.

Da selve den elektriske Strøm ikke umiddelbart kan opfattes af Sanserne, er det, for at faa Indtryk til Bedømmelse af dens Styrke, nødvendigt at ty til en eller anden af dens Virkninger, der umiddelbart kan iagttages. Man har valgt at udtrykke Strømmens Styrke ved dens kemiske Virkning.

Lad os antage, at en Kobbertraad føres fra et galvanisk Elements ene Klemmeskrue (Fig. 3) hen til en Kobberplade, A, der er sat ned i et Glaskar med en Kobbersaltopløsning (f. Ex. Kobbervitriol), endvidere at en Kobbertraad føres fra Elementets anden Klemmeskrue til en Kobberplade, B, der ligeledes er nedsænket i Kobbersaltopløsningen. Der vil da gaa en elektrisk Strøm gennem Opløsningen, og efter nogen Tids Forløb vil man kunne se, at

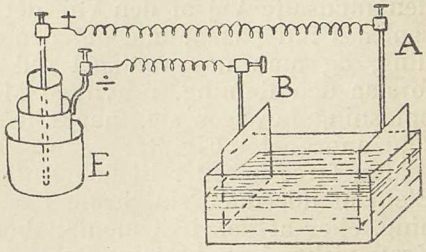


Fig. 3.

der afsætter sig Kobber paa den ene Kobberplade, medens den anden efterhaanden opløses. Ved at afbryde Strømmen og veje Pladerne kan man endvidere overtyde sig om, at den ene Plade, f. Ex. B, har taget lige saa meget til i Vægt, som den anden, altsaa A, har tabt, det vil sige, det ser ud, som om Metallet var vandret fra den ene Plade til den anden, altsaa her fra A til B.

Lad os antage, at Strømmen har gaaet i $^1/_2$ Time, og at Pladen B har faaet en Tilvækst i Vægt af 1 Gram (g.) eller pr. sec. $\frac{1}{30 \times 60}$ eller ca. 0,00056 g. = 0,56 Milligram (mg.), man har da en Forestilling om Strømmens Styrke, naar man siger, at den pr. sec. har formaaet at udfælde 0,56 mg. Kobber.

Som praktisk Enhed for Strømstyrke har man sat Styrken af den Strøm, der pr. sec formaar at udfælde 0,328 mg. Kobber, og man har vedtaget at kalde en saadan Strømstyrke for en Ampère.

Strømstyrken i det lige nævnte Eksempel var altsaa $\frac{0{,}56}{0{,}328}$ eller 1,71 Ampère.

Til at maale Strømstyrker benytter man i Praksis de saakaldte Ampèremetre (hvorom senere), der ved en Viser og en Skala i hvert Øjeblik viser Styrken af den Strøm, der passerer Apparatet.

Hvis man i Fig. 3 tænker sig Kobbertraadene tagne ud af Elementets Klemmeskruer og atter indsatte, men saaledes, at den Klemmeskrue, der før var forbunden med A, nu bliver forbunden med B og tilsvarende for den anden Klemmeskrues Vedkommende, saa vil man se, at Kobberet nu udfældes ved A, medens B tager af i Vægt, og Metallet vandrer saaledes i dette Tilfælde den modsatte Vej af den Vej, det gik før. Man tvinges saaledes ind paa at tale om den elektriske Strøms Retning, og man har vedtaget ved en Strøms Retning at forstaa den Retning, i hvilken Metallet i en Metalsaltopløsning bevæger sig, naar Strømmen ledes igennem som anordnet i Fig. 3.

Man føres herefter til den Antagelse, at et galvanisk Element udsender sin Strøm i en ganske bestemt Retning, eller at den i Elementet iboende elektromotoriske Kraft virker i en bestemt Retning, saaledes at den paa en Maade stadig søger at pumpe Elektricitet fra den samme Klemmeskrue til den anden. Lad os antage, at Klemmeskruerne, før Elementets elektromotoriske Kraft begyndte at virke, begge havde Jordens Potential, altsaa

Potentialet Nul, den elektromotoriske Kraft vilde da, saasnart den opstod, have søgt at sænke den ene Klemmeskrues Potential og at løfte den andens over dette Nulpunkt.

Man kalder derfor den ene Klemmeskrue for Elementets negative Pol (÷ Polen), den anden for den positive Pol (+ Polen). Inde i Elementet strømmer altsaa Elektriciteten fra ÷ til + Polen, i den ydre Strømkreds (f. Ex. en Kobbertraad, der forbinder Polerne) fra + til ÷ Polen.

I de fleste galvaniske Elementer er som bekendt det ene Metal Zink; Strømmens Retning i et saadant Element gaar altid fra Zink gennem Vædsken til Kobber, Kul eller hvad der nu benyttes til den anden Pol. Kobberet eller Kullet er derfor Elementets + Pol og Zinken ÷ Polen.

4. **Elektricitetsmængde.** Flyder der gennem en Ledning en Strøm af 1 Ampères Styrke, da tænker man sig (se ovenfor), at Traaden pr. sec. gennemstrømmes af en ganske bestemt Elektricitetsmængde; denne Mængde er Enheden for Elektricitetsmængde og benævnes Coulomb. Heraf følger, at man kan finde den i en vis Tid, f. Ex. 30 sec, gennemstrømmede Elektricitetsmængde ved at multiplicere Strømstyrken (i Ampère) med Tiden (i Sekunder). En Coulomb er altsaa en Ampère-Sekund.

Den praktiske Enhed for Elektricitetsmængden er Ampère-Timen = 60 × 60 Ampère-Sekunder eller 60 × 60 Coulomb.

5. **Modstand mod Elektricitetens Gennemstrømning.** Forbindes 2 Klemmeskruer, mellem hvilke man paa en eller anden Maade holder en konstant Spænding, med en Kobbertraad paa en Meters Længde og 10 □ mm. Tværsnit, saa vil der gennem Traaden gaa en ganske bestemt Strøm, lad os antage, at den ved Hjælp af et Ampèremeter bestemmes til 3 Amp. Udveksles denne Traad med en, der er 2 Meter lang, men har det samme Tværsnit, vil Strømmen falde til 1,5, og sættes en Kobbertraad af samme Tværsnit, men af Længden 3 Meter ind, da vil Strømmen kun blive 1 Ampère. Da Spændingen er holdt konstant, maa man antage, at de forskellige Strømstyrker bestemmes ved, at Modstanden mod Strømmens Gennemgang har været forskellig under de tre Forsøg. Kobbertraaden yder altsaa en vis Modstand mod Elektricitetens Gennemgang.

Modstanden i de forskellige Metaller er forskellig; som bekendt »leder« f. Ex. Kobber Elektriciteten bedre end Jern.

Den praktiske Enhed for Modstand kaldes en Ohm (Ω) og er fastsat til at være lig med den Modstand, en Kvægsølvsøjle af 106,3 Centimeters Længde og 1 □ mm. Tværsnit ved 0° C. yder mod Elektricitetens Gennemgang. (Om Maaling af Modstande senere).

6. **Voltens Størrelse.** Lad os nu antage, at der mellem to Klemmeskruer hersker en vis Spænding, og at disse Klemmeskruer forbindes med en Kobbertraad, hvis Modstand nøjagtig er lig med en Ohm, og lad os endvidere antage, at den nævnte Spænding netop er saa stor, at der gennem Kobbertraaden gaar en Strøm paa én Ampère, saa vil denne Spænding have en Størrelse lig med den for Spænding, elektromotorisk Kraft og Potential vedtagne Enhed, en Volt.

Et almindeligt Daniel Element har en elektromotorisk Kraft af ca. 1,07 Volt.

Til at maale Spændinger benyttes i Praksis de saakaldte Voltmetre, der ligesom Ampèremetrene ved Viser og Skala angive Spændingerne i hvert Øjeblik, hvorom senere.

7. **Elektrisk Arbejde pr. sec.** Fysiken lærer os, at ligesom Vandmængden pr. sec. (se Opstilling Fig. 1) multipliceret med Højdeforskellen mellem de to Beholderes Vandspejl giver et Maal for den gennem Røret R flydende Vandstrøms Arbejde pr. sec., saaledes erholder man ogsaa et Maal for den gennem Kobbertraaden i Opstillingen Fig. 2 flydende elektriske Strøms Arbejde pr. sec. ved at multiplicere Elektricitetsmængden pr. sec., altsaa Strømstyrken, med Spændingen mellem Klemmeskruerne.

En Volt-Ampère, ogsaa kaldet en Watt, er Enhed for det samme Begreb (Effekt, Arbejdshastighed, Arbejdsevne, Arbejdsydelse), for hvilket den almindelig benyttede »Hestekraft« er en anden, større Enhed. 1 Hestekraft er lig 736 Watt lig med 75 Kilogrammeter pr. sec.

1 Watt er lig med $\frac{75}{736} = 0{,}1019$ Kilogrammeter pr. sec.

8. **Elektrisk Arbejde.** Da en Watt er det pr. sec. udførte Arbejde, faas det i en bestemt Tid præsterede Arbejde ved at multiplicere Wattene med Tiden i sec. Den i Praksis sædvanligt benyttede Enhed for det elektriske Arbejde er Watt-Timen eller $60 \times 60 = 3600$ Watt-Secunder.

9. »**Ohms Lov**«. Lad os antage, at vi have en Opstilling som Fig. 4. Et galvanisk Batteri, der gennem et Ampèremeter sender en Strøm over Klemmeskruen A gennem en Kobbertraad til Klemmeskruen B og videre tilbage til Batteriet. Mellem A og B er anbragt et Voltmeter, der ingen Strøm forbruger (et saakaldet statisk Voltmeter). Lad os endvidere antage, at vi ere i Besiddelse af Midler til at maale Modstanden af Kobbertraaden mellem A og B. Vi ere altsaa i Stand til til enhver Tid at kunne bestemme Strømstyrken i Kobbertraaden, Spændingen mellem A og B, samt i Stand til at bestemme Modstanden i Kobbertraaden. Udføre vi nu en Række Forsøg, forskellige derved, at der mellem A og B indsættes forskellige Kobbertraade, saa finde vi for hvert Forsøg, at den maalte Strømstyrke i Ampère er lig med den maalte Spænding i Volt divideret med den maalte Modstand i Ohm.

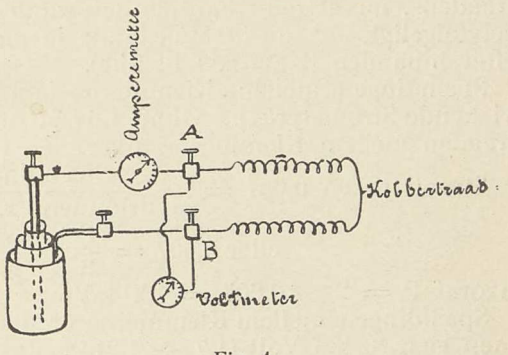


Fig. 4.

Denne Sammenhæng:

$$\text{Strømstyrken} = \frac{\text{Spændingen}}{\text{Modstanden}}$$

kaldes Ohms Lov. Kendes saaledes to af de omhandlede tre Størrelser, da kan den tredie altid findes ved Beregning.

Ohms Lov gælder ogsaa for hele Strømkredsen, kun maa man da for Modstanden tage hele Kredsløbets Modstand og for Spændingen Batteriets elektromotoriske Kraft.

Eksempler:

1. Et galvanisk Element har en Modstand fra Klemmeskrue til Klemmeskrue af 0,8 Ω og en elektromotorisk Kraft af 1,7 Volt. Klemmeskruerne forbindes med en Kobbertraad, hvis Modstand er 2 Ω. Der spørges: Hvor stor bliver Strømmen i Kredsløbet, og hvor stor er Spændingen mellem Klemmerne.

$$\text{Strømstyrken} = \frac{\text{Elementets E. K.}}{\text{den samlede Modstand}}$$

eller, naar de opgivne Værdier indsættes,

$$\text{Strømstyrken} = \frac{1{,}7}{2 + 0{,}8} = \frac{1{,}7}{2{,}8} = 0{,}607 \text{ Ampère.}$$

At Elementets Modstand 0,8 Ω skal lægges til Kobbertraadens, for at man kan faa den samlede Modstand, er selvfølgeligt, da de to Modstande jo maa gennemløbes efter hinanden (i Serie, i Række).

Spændingen mellem Klemmerne kan nu findes, idet vi kende Strømstyrken. Ohms Lov anvendt for Kobbertraaden mellem Klemmerne giver

$$\text{Strømstyrken } 0{,}607 = \frac{\text{Spændingen (P)}}{\text{Modstanden i Kobbertraaden}}$$

$$\text{eller } 0{,}607 = \frac{P}{2},$$

hvoraf $P = 2 \times 0{,}607 = 1{,}214$ Volt.

Spændingen mellem Klemmerne er altsaa, naar Strømmen gaar, 0,486 Volt (1,7 $\div$ 1,214), lavere end Elementets E. K.

Disse 0,486 Volt ere medgaaede til at sende Strømmen paa 0,607 Ampère gennem Elementets Modstand 0,8 Ω. Dette stemmer ogsaa med Ohms Lov, thi skal der gennem en Modstand paa 0,8 Ω sendes en Strøm paa 0,607 Ampère, da maa der dertil kræves en Spænding P_1, bestemt ved

$$0{,}607 = \frac{P_1}{0{,}8},$$

hvoraf netop faas $P_1 = 0{,}486$ Volt.

Afbrydes Strømmen, da hæver Spændingen mellem Klemmerne sig til 1,7 Volt, altsaa til den samme Værdi som Elementets E. K. Der flyder ingen Strøm, og der benyttes derfor ingen Volt i Elementet.

2. I en Husinstallation med Driftsspændingen 220 Volt ønskes der tilsluttet et elektrisk Strygejern. Strygejernet er af Installationens Ejer købt i Udlandet, men er konstrueret for en Spænding af 110 Volt, ved hvilken Spænding det bruger 2 Ampère, hvilket tillige er den højest tilladelige Strømstyrke. Der spørges: Hvorledes skal Sagen ordnes?

Lad os antage, at man uden videre sluttede Apparatet til, som det er; Strømstyrken vilde da blive 4 Ampère, thi bliver Strømstyrken 2 Ampère for 110 Volt, saa bliver den ifølge Ohms Lov dobbelt saa stor ved 220 Volt. Denne Strøm kan Apparatet ifølge det givne ikke taale,

og der maa derfor træffes særlige Foranstaltninger for at sætte Strømstyrken ned til det tilladelige, 2 Ampère.

Dette opnaas ved, at man indskyder en passende Modstand i Række med Strygejernet, og det gælder altsaa om at finde Størrelsen af denne Modstand. Strømløbets samlede Modstand findes af, at Strømstyrken skal være 2 Ampère og Spændingen 220 Volt

$$2 = \frac{220}{\text{den samlede Modstand}}$$

eller den samlede Modstand $= \frac{220}{2} = 110\ \Omega$.

Kendte man nu Strygejernets Modstand, da vilde den søgte Modstand være 110 ÷ Strygejernets Modstand. Det er imidlertid givet i Opgaven, at Strygejernet ved 110 Volt tager 2 Ampère eller ved Benyttelse af Ohms Lov

$$2 = \frac{110}{\text{Strygejernets Modstand}}$$

eller denne Modstand $= 55\ \Omega$.

Den søgte Modstand bliver altsaa 110 ÷ 55 eller netop lig med Strygejernets Modstand.

Den øvede Elektrotekniker indser naturligvis de her nævnte Forhold uden saa mange Beregninger.

10. **Spændingstab.** Lad os betragte 2 Klemmeskruer, A og B (Fig. 5), mellem hvilke der er en Spænding af

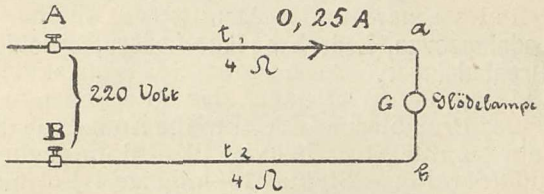


Fig. 5.

220 Volt, og lad os antage, at Strømmen føres fra disse til en Glødelampe G, der bruger 0,25 Ampère. Strømmen føres til Lampen gennem Kobbertraadene t_1 og t_2, der hver have en Modstand af 4 Ω. Hvor stor bliver Spændingen mellem Lampens Poler a og b?

Vi benytte Ohms Lov for Strømstrækningen A—a og faa, da Strømstyrken jo er givet lig med 0,25 Ampère,

$$0{,}25 = \frac{\text{Spændingen mellem A og a}}{4},$$

hvoraf Spændingen mellem A og a = 1 Volt. Men Spændingen mellem A og a er jo netop Potentialforskellen

mellem A og a eller, idet a maa have et lavere Potential end A, Potentialfaldet fra A til a.

Paa tilsvarende Maade finder man Potentialfaldet fra b til B = 1 Volt.

Lad os antage, at A ligger i Potentialet + 110 Volt og B i ÷ 110 Volt, saa vil herefter a ligge i Potentialet + 109 Volt og b i ÷ 109 Volt; Potentialforskellen mellem a og b eller Spændingen ved Lampens Poler bliver altsaa 109 + 109 = 218 Volt.

Man siger da, at der fra Klemmeskruerne A, B og til Lampen er tabt 2 Volt, eller at Spændingstabet fra Klemmeskruerne til Lampen er 2 Volt.

Man ser, at Spændingstabet findes ved at lægge Potentialfaldenes Talværdier sammen; den almindelige Formel til Beregning af Spændingstabet paa et Ledningsstykke bliver altsaa:

Spændingstabet = Strømstyrken multipliceret med den samlede Modstand af Ledningsstykkets + og ÷ Streng.

I Praksis have Ledningsstykkets + og ÷ Streng oftest samme Modstand, og Formlen bliver da, hvis Strømstyrken paa det omhandlede Stykke kaldes i, Modstanden i en af Stykkets enkelte Strenge w og Spændingstabet Sp.,

$$Sp. = 2 \times i \times w.$$

Nærmere om Beregning af Spændingstab i Husinstallationer findes senere under Afsnittet om disse.

11. **Ledningsevne, Ledere og Ikke-Ledere, specifik Modstand, Grenledninger.** At beregne Spændingstabet i en given Ledning er en Opgave, der atter og atter forekommer ved Projektering af elektriske Anlæg, og da man i saa Fald som Regel er henvist til at finde Ledningens Modstand (der ifølge Stykke 10 indgaar i Formlen for Spændingstabet) ved Beregning, saa er det nødvendigt at lære noget mere at kende om de forskellige Stoffers Modstandsforhold.

Det er allerede i Stykke 5 omtalt, at Metallerne ikke »lede« Elektriciteten lige godt. Jo daarligere et Metal leder, des større Modstand frembyder det mod Elektricitetens Gennemgang, det vil sige: Ledningsevnen staar i omvendt Forhold til Modstanden. Ved et Stofs Ledningsevne mener man derfor den omvendte Værdi af Ledningens Modstand; er Modstanden f. Eks. 2 Ω, saa er Ledningsevnen $^1/_2$. Havde Ledningen en Modstand = 1 Ω, da var dens Ledningsevne $\frac{1}{1} = 1$, eller Traaden havde Enhed af Ledningsevne.

Ohms Lov kan altsaa ogsaa udtrykkes ved, at

Strømstyrken = Spændingen × Ledningsevnen.

Man deler Stofferne efter deres Ledningsevne i Ledere og Ikke-Ledere (Isolatorer).

Til Lederne hører f. Ex. Metallerne, Grafit, Syrer, Saltopløsninger.

Til Ikke-Lederne hører f. Ex. Luftarterne (tørre), Glas, Lak, Glimmer, Guttaperka, Kautsjuk (Gummi), Porcellæn, Marmor, Skifer, Bomuld, Silke og en Mængde Kompositioner, saasom Fiber, Stabilit, Mikanit o. s. v. o. s. v.

Da Kvægsølvets Ledningsevne er benyttet ved Bestemmelsen af Størrelsen for en Ohm, plejer man at udtrykke et Stofs Ledningsevne ved at sige, hvor meget det leder bedre eller daarligere end Kvægsølv. Kobber leder f. Ex. 57 Gange saa godt som Kvægsølv. Man kan selvfølgelig ogsaa sige, at Kobberets Modstand er $^1/_{57}$ af Kvægsølvets.

Til elektriske Ledninger anvendes som Regel Metaller, idet disse ere de bedste Ledere for Elektriciteten.

Ved Beregningen af Modstanden i Ledninger kender man i Almindelighed Ledningens Længde og Tværsnit, og man benytter da lettest det paagældende Metals saakaldte specifike Modstand, der er lig den Modstand, der findes i en af Metallet fremstillet Traad, hvis Længde er 1 Meter, og hvis Tværsnit er 1 qmm.

Man angiver den specifike Modstand ved en bestemt Temperatur (sædvanlig ved 15° C.), hvilket har sin Grund i, at Modstanden forandrer sig med Temperaturen, for Metallerne tager den til, naar Temperaturen stiger.

Det Antal Procent, et Metals specifike Modstand tager til eller af for hver Grads Temperaturforhøjelse respektive Formindskelse over eller under 15°, kaldes Metallets Temperaturkoefficient i %. Efterfølgende Tabel indeholder den specifike Modstand og Temperaturkoefficienten for de almindeligste Metaller og Legeringer.

	Specifik Modstand ved 15° C.	Temperatur-koefficient i % pr. 15° C.
Aluminium	0,04	0,4
Bly	0,208	0,387
Jern	0,10—0,12	0,48
Kobber	0,0172	0,38
Kvægsølv	0,95	0,09
Nikelin	0,43	0,028
Nysølv	0,15—0,45	0,02—0,07
Platin (glødet)	0,094	0,243
Sølv (glødet)	0,016	0,377
Tin	0,14	0,37
Zink	0,06	0,37

Af Lederne staar Kullene allerede betydeligt under Metallerne. Kullenes Ledningsevne afhænger af deres Sammensætning. Den specifike Modstand for den Sort Kulstænger, der almindeligvis anvendes i Buelamper, kan sættes til ca. 75 ved 0^0 C. Temperaturkoefficienten er ca. 0,052 % pr. Grad, hvor det dog bemærkes at Kullenes Modstand tager af med voksende Temperatur.

De saakaldte Ikke-Ledere lede ganske vist Elektriciteten i en ubetydelig Grad, men saa lidt, at de praktisk kunne anses for at være Isolatorer. Eksempelvis skal nævnes, at Kautsjuk (Gummi) har en specifik Modstand (der dog er beregnet for 20^0 C.) lig med 45 efterfulgt af 17 Nuller.

Vi ville nu se, hvorledes ovenstaaende Tabel kan benyttes til Beregning af Modstanden i Ledninger.

Lad os antage, at vi mellem to Klemmeskruer kunne holde en konstant Spænding f. Ex. 10 Volt, og lad os forbinde dem med en Metaltraad af en bestemt Længde og med et Tværsnit af 1 qmm. Lad os antage, at vi ved et Ampèremeter maale Styrken af den Strøm, der flyder i Traaden, til 5 Ampère.

Anbringe vi en Traad til af samme Længde og Tværsnit, vide vi, at der ogsaa gennem den flyder en Strøm paa 5 Ampère eller en samlet Strøm af 2×5 Ampère. Anbringes nok en Traad af samme Slags, faas en samlet Strøm af 3×5 Ampère og saaledes videre. Det vil sige: den samlede Strøm er proportional med det samlede Kobbertværsnit. Men da vi af Ohms Lov vide, at Modstanden er omvendt proportional med Strømstyrken, saa maa den samlede Modstand selvfølgelig ogsaa være omvendt proportional med det samlede Kobbertværsnit.

Vi have her tænkt os de enkelte Traade isolerede fra hinanden, men da de ere af ganske ens Længde, er det klart, at vi i hvert enkelt Tilfælde godt kunne erstatte dem med en enkelt Traad af samme Længde og med et Tværsnit lig med det paagældende samlede Tværsnit, altsaa i Tilfælde 2 med 2 qmm. Traad, i Tilfælde 3 med 3 qmm. Traad o. s. v.

Det gælder saaledes i al Almindelighed, at en Metaltraads Modstand er omvendt proportional med Traadens Tværsnit. Endvidere er Modstanden proportional med Traadens Længde. Vi vide nu nok til at kunne benytte Tabellen.

Eksempler:

3. Find Modstanden af en Kobbertraad, hvis Længde er 45 Meter og hvis Tværsnit er 5 qmm., a) ved 15^0 og b) ved 30^0 Celsius.

a) Tabellen angiver, at en Kobbertraad af Længden 1 Meter og med et Tværsnit af 1 qmm. ved 15^0 Celsius har Modstanden 0,0172. Den opgivne Traad har en Modstand lig med $\frac{0{,}0172 \times 45}{5} = 0{,}1548$.

b) Tabellen angiver, at Modstanden for hver Grad Celsius tager 0,38 % til, thi at den specifike Modstand vokser 0,38 % for hver Grad siger i Følge Sagens Natur det samme. Temperaturforskellen er her $30 \div 15^0$ C., og Tilvæksten bliver altsaa i dette Tilfælde $15 \times 0{,}38 = 5{,}70$ %. Modstanden vokser altsaa til $0{,}1548 + \frac{0{,}1548 \times 5{,}7}{100} = 0{,}164$.

4. Find Modstanden ved 0^0 C. af en Aluminiumstraad, hvis Længde er 275 Meter og hvis Tværsnit er 8 qmm. Ved 15^0 er Traadens Modstand W_{15} lig med (se Tabellen).

$$\frac{0{,}04 \times 275}{8} = 1{,}375.$$

Dersom Modstanden ved 0^0 C. kaldes W_0 har man

$$W_0 = W_{15} \div \frac{W_{15} \cdot 15 \cdot 0{,}4}{100}$$

$$W_0 = 1{,}375 \div \frac{1{,}375 \cdot 15 \cdot 0{,}4}{100}$$

$$W_0 = 1{,}375 \div 0{,}0825$$

$$W_0 = 1{,}2925.$$

5. Find den samlede (kombinerede) Modstand eller Ledningsevne af en Ledning, der bestaar af flere parallelt forbundne Ledninger, hvis Modstande hver for sig ere bekendte.

At flere Ledninger ere parallelt forbundne mellem to Poler (Klemmeskruer), vil sige, at hver enkelt Leder fører fra den ene Pol til den anden uden at berøre nogen af de andre Ledninger.

Lad os antage, at der mellem Klemmerne A og B (Fig. 6) er en Spænding af 50 Volt, og at de ere forbundne med de fire

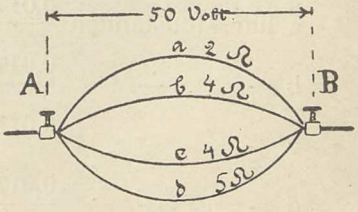


Fig. 6.

Kobbertraade a, b, c og d, der henholdsvis have Modstandene 2, 4, 4 og 5 Ω, Traadene a, b, c og d's respektive Ledningsevner ere da $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_4$ og $^1/_5$. Ohms Lov giver nu, at der gennem Ledningerne a, b, c og d vil flyde Strømmene henholdsvis $50 \times {}^1/_2$, $50 \times {}^1/_4$, $50 \times {}^1/_4$ og $50 \times {}^1/_5$ (idet Spændingen mellem A og B jo er givet = 50 Volt). Fra A til B vil der da ialt flyde Summen af de nys nævnte Strømme eller 50 ($^1/_2 + {}^1/_4 + {}^1/_4 + {}^1/_5$) $= 50 \times {}^6/_5$ Ampère. Men da Tallet 50 udtrykker Spændingen mellem A og B, saa er $^6/_5$ at betragte som den samlede Ledningsevne af hele Systemet mellem A og B. Ifølge Definitionen bliver den samlede Modstand herefter $1 : {}^6/_5$ eller $^5/_6 = 0{,}8333$ Ω.

Det er klart, at denne Udvikling vilde være blevet ganske den samme, selv om Spændingen havde haft en hvilken som helst anden Værdi end netop 50 Volt, og den samlede Modstand af et System af parallelt forbundne Ledninger, hvis Modstande enkeltvis ere kendte, faas altsaa ved at summere disse Modstandes omvendte Værdier (det vil sige ved at summere de enkelte Ledningers respektive Ledningsevner), hvorefter den samlede Modstand er lig denne Sums omvendte Værdi.

6. Der er givet et System af Ledninger som vist i Fig. 7. Fra A til B passerer der 42 Ampère. Hvorledes fordele disse 42 Ampère sig i de enkelte Ledninger a, b, c og d, naar disse ere af Kobber og henholdsvis have Længderne 145, 194, 218 og 233 Meter og Tværsnittene 5, 10, 15 og 20 qmm.

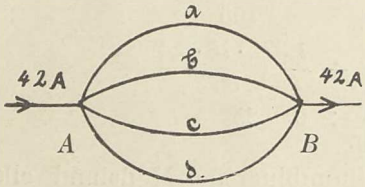


Fig. 7.

Af den foregaaende Opgave have vi set, hvorledes Systemets samlede (kombinerede) Modstand findes.

a, b, c og d's Modstande kunne vi finde ved Hjælp af Tabellen paa Side 15.

a har Modstanden $\frac{0{,}0172 \times 145}{5} = 0{,}5$ Ω

b - — $\frac{0{,}0172 \times 194}{10} = 0{,}333$ Ω

c - — $\frac{0{,}0172 \times 218}{15} = 0{,}25$ Ω

d - — $\frac{0{,}0172 \times 233}{20} = 0{,}20$ Ω

Ledningsevnen for a bliver da $\frac{1}{0,5} = 2$

— - b — - $\frac{1}{0,333} = 3$

— - c — - $\frac{1}{0,25} = 4$

— - d — - $\frac{1}{0,20} = 5$

Den samlede Ledningsevne bliver Summen af disse eller 14 og den samlede Modstand $\frac{1}{14}$ Ω.

Spændingsforskellen fra A til B (se Fig. 7) bliver ifølge Ohms Lov:

Strømstyrken $\times$ Modstanden $= 42 \cdot \frac{1}{14} = 3$ Volt.

Strømmene i Grenene a, b, c og d bliver da henholdsvis

$\frac{3}{0,5} = 6$ Ampère.

$\frac{3}{0,333} = 9$ —

$\frac{3}{0,25} = 12$ —

$\frac{3}{0,20} = 15$ —

1.

Den elektriske Strøms Egenskaber.

12. **Varmevirkninger og Arbejde.** Allerede i Indledningen have vi omtalt, at den elektriske Strøm opvarmer den Ledning, den passerer. Er Strømmen tilstrækkelig stærk, vil Ledningen endogsaa kunne bringes i Glød. Denne Egenskab er af den største Betydning i Elektrotekniken, idet den danner Grundlaget for al elektrisk Lys og Opvarmning. Paa den anden Side er det den samme Egenskab, der gør, at Tværsnittet af de Tilledninger, der skulle føre en vis Strøm, maa gøres saa rigelige, at der kun finder en mindre Opvarmning Sted. Ligeledes er det denne Egenskab ved Elektriciteten, der nødvendiggør den Omhu og Forsigtighed, der maa vises ved Installation af elektriske Ledninger. Gennem en stor Mængde Forsøg er man naaet til Erkendelse af, hvor mange Ampère man pr. qmm. Tværsnit i forskellige Tilfælde tør sende igennem en Ledning, uden at Ledningen eller dens Iso-

lation tager Skade, og vi skulle i denne Henseende henvise til en Tabel for tilladelige Strømbelastninger, der findes opførte i denne Bogs Stykke 37.

Ved Afbrydere og lignende gælder det om at skaffe saa store Kontaktflader som muligt, da Afbryderne ellers ville varme, hvorom senere, se Stykke 39.

Det vil i mange Tilfælde, f. Ex. hvis man skulde bestemme Nyttevirkningen af et elektrisk Kogeapparat, være nødvendigt at kunne beregne den Varmemængde, en Strøm udvikler ved at passere en Ledning, og der skal derfor her fremsættes de Formler, hvorefter denne Varmemængde kan beregnes. Formlerne ere ad eksperimental Vej udledet af en engelsk Fysiker Joule, og den Lov, de udtrykke, kaldes derfor Joules Lov.

Den siger: Den Varmemængde, en elektrisk Strøm udvikler i en Ledning, er proportional med den Tid, i hvilken Strømmen virker, proportional med Ledningens Modstand og proportional med Strømstyrken multipliceret med sig selv.

Strømstyrken multipliceret med sig selv kaldes Strømstyrkens Kvadrat eller Strømstyrken i anden Potens eller i daglig Tale »i Anden«. Dersom Strømstyrken er i, da skrives dens Kvadrat som i^2, der læses som i i Anden, og hvorved altsaa kun udtrykkes, at i skal multipliceres med sig selv.

Hvis en Lednings Modstand er w Ω, og hvis den i t Sekunder passeres af en Strøm paa i Ampère, saa vil der i Tiden t have udviklet sig en Varmemængde, der er lig med

$$C \times i^2 \times w \times t,$$

hvor C er en bestemt Størrelse (Konstant) 0,24. Varmemængden faas i saakaldte Gramkalorier. Gramkalorien er Enheden for Varmemængde og er lig den Varmemængde, der medgaar til at opvarme et Gram Vand 1° C.

Da Ohms Lov siger, at $i = \frac{e}{w}$, hvor e betyder Spændingen i Volt, saa kan den nylig nævnte Formel omskrives, saaledes at Varmemængden udtrykkes enten ved Strømstyrken og Spændingen eller ved Spændingen og Modstanden i Forbindelse med C og t.

Vi faa, dersom Varmemængden kaldes Q, de tre Udtryk

$$Q = 0{,}24 \times i^2 \times w \times t$$
$$Q = 0{,}24 \times e \times i \times t$$
$$Q = 0{,}24 \times \frac{e^2}{w} \times t.$$

Af disse Udtryk bruger man da det, der i det givne Tilfælde falder bekvemmest.

Eksempel 7. Lad os antage, at en Fabrikant tilbyder at levere en elektrisk Vandkoger, og at han har opgivet, at Apparatet, naar det sættes paa 220 Volt, vil forbruge 5 Ampère, og at det i saa Fald vil kunne bringe en Liter Vand i Kog i 3 Minutter under Forudsætning af, at Vandet, naar det hældes i Apparatet, har en Temperatur af 15° C. Lad os antage, at et saadant Apparat netop vilde passe særdeles godt til vort Behov, men at vi dog nok, forinden Handelen afsluttedes, kunde ønske at undersøge, om Fabrikantens Opgivelser ere troværdige. Vi vide, at en Liter Vand vejer 1000 gr. For at opvarme disse 1000 gr. fra 15 til 100° skal der altsaa anvendes 1000 (100 ÷ 15) eller 85000 Gramkalorier.

Da vi kende Strømstyrken og Spændingen, vælge vi den midterste Formel, $Q = 0{,}24 \times e \times i \times t$, og kunne nu finde den Tid, t i Sekunder, Strømmen vil bruge for at bringe Vandet i Kog under Forudsætning af, at al Varmen gik til Vandets Opvarmning, altsaa ingen Varme gik til Spilde. Vi faa

$$\overbrace{0{,}24}^{C} \times \overbrace{220}^{e} \times \overbrace{5}^{i} \times t = 85000 \text{ eller}$$

$$t = \frac{85000}{0{,}24 \cdot 220 \cdot 5} = 322 \text{ sec.}$$

$$\text{eller } \frac{322}{60} = 5{,}4 \text{ Minutter.}$$

Vi kunne altsaa straks til en Begyndelse med Bestemthed paavise, at Fabrikanten ikke kan levere et Apparat som det, han paastaar at kunne.

Under Forudsætning af, at hans Strømopgivelse er rigtig, vil der naturligvis endogsaa medgaa længere Tid end 5,4 Minutter for at faa Vandet i Kog, idet en Del Varme gaar tabt ved Udstraaling til Luften o. s. v.

Vi have i Stykke 7 set, at en Strøms Arbejde pr. sec. maales ved Spændingen multipliceret med Strømstyrken, altsaa

Arbejdet $A = e \times i \times t$ Wattsekunder,

sammenlignes dette Udtryk med:

Varmemængden $Q = 0{,}24 \times e \times i \times t$ Gramkalorier,

saa se vi, at Varmemængden faas ved at multiplicere

Arbejdet A med et Tal 0,24, det vil sige, til en bestemt Mængde Arbejde svarer en ganske bestemt Mængde Varme. Den Mængde Varme, der skal til for at opvarme en Liter Vand en Grad, kunde synes ringe, men lad os se, hvor stort et Arbejde, der svarer til den.

Varmemængden er 1000 Gramkalorier. Dertil svarer $\frac{1000}{0,24} = 4167$ Wattsekunder $= 424$ Kilogrammeter, idet 1 Wattsekund er lig $\frac{75}{736}$ Kilogrammeter (se 7 og 8).

Den Varmemængde, der behøves for at opvarme en Liter Vand en Grad Celsius, svarer altsaa til et Arbejde paa 424 Kgr. Meter, det vil sige til den Mængde Arbejde, der medgaar til at løfte 1 Kgr. 424 Meter i Vejret.

Afbrydes en nogenlunde stærk elektrisk Strøm, fremkommer der en Gnist.

Paa Lysanlæg, hvor der arbejdes med Spændinger paa 110 Volt eller 220 Volt, kan den allerede for Strømstyrker paa faa Ampère blive saa betydelig, at den kan antænde brændbare Stoffer, saafremt den kommer til at berøre disse. Afbrydes Strømmen langsomt, vil der opstaa en Lysbue, der som bekendt er meget varm, og som altsaa ogsaa er brandfarlig. Man indretter derfor Afbrydere saaledes, at de afbryde hurtigt og tilstrækkeligt, monterer dem kun paa ildfaste Underlag og omgiver dem med ildfaste Dæksler. Selv meget smaa Gnister antænde explosive Luftarter og Stoffer, og i Rum, hvor saadanne findes, maa Strømafbrydning ikke finde Sted.

En Kortslutning opstaar, naar to Poler forbindes gennem en lille Modstand, hvorved der da vil opstaa en tilsvarende stærk Strøm.

Varmeudviklingen under en Kortslutning kan blive meget betydelig.

$$\text{Formlen: } Q = 0,24 \times \frac{e^2}{w} \times t$$

viser, at Varmemængden vokser med Kvadratet paa Spændingen. Det vil sige, en Kortslutning, der frembringes ved at anbringe en Modstand W mellem Polerne af et 220 Volts Anlæg, giver 4 Gange saa meget Varme som den samme Modstand anbragt mellem Polerne af et 110 Volts Anlæg. Varmeudviklingen ved selve Kortslutningsstedet vil som Regel have en ødelæggende Indflydelse paa det der værende Materiel, vil f. Ex. smelte Metal og antænde, hvad der kan antændes. Der er tillige stor Sandsynlighed for, at de Ledninger, der føre den stærke

Strøm til Kortslutningsstedet ogsaa ville tage Skade, idet de kun ere dimensionerede efter den maximale Nytte-strømstyrke.

En Kortslutning vilde saaledes kunne anrette stor Skade paa et Ledningsanlæg, hvis man ikke paa en eller anden Maade sikrede Ledningerne imod at blive udsatte for en større Strømstyrke, end de kunne taale. Dette opnaas ved Hjælp af automatiske Afbrydere, og ved de almindelige Lys- og Motoranlæg anvendes næsten altid de saakaldte Smeltesikringer, der bestaa af Metalstykker (Lameller eller Traad) af Bly, Sølv eller en Legering, som indskydes i Ledningerne og som dimensioneres saaledes, at de smelte forinden Strømmen har naaet en for de paagældende Ledninger farlig Styrke.

Dersom et Ledningsanlæg forgrener sig ud til tyndere og tyndere Ledninger, anbringer man som Regel en Sikring overalt, hvor der skiftes Ledningstværsnit.

13. **Kemiske Virkninger.** Under Ledere findes opført Syrer og Saltopløsninger. Den Maade, hvorpaa en Strøm passerer en saadan Leder, er imidlertid ikke ganske lig den, hvorpaa Strømmen passerer f. Ex. en Metalleder. Strømmen opvarmer en Metalleder, men ellers sker der intet. Ved Syrer og Saltopløsninger opvarmes Lederen ogsaa, men tillige opløses den i sine Bestanddele. Det er saaledes bekendt, hvorledes Vand opløses i Ilt og Brint. Brinten optræder som Metal og følger med Strømmen, det vil sige, den udvikler sig der, hvor Strømmen forlader Vædsken (ved den negative Pol).

Hvorledes Opstillingen foretages, naar man ønsker at udskille et Metal af dets Saltopløsninger, er allerede vist i Fig. 3. Vi skulle her tilføje, at de Plader, gennem hvilke Strømmen føres ind og ud af Metalsaltopløsningen, kaldes Elektroder. Den, der fører Strømmen ind, kaldes Anoden, den, der fører Strømmen ud, Kathoden. Metallet vil altsaa udskille sig paa Kathoden.

Hovedsætningen er følgende:

Den Mængde Metal, der udfældes paa Kathoden, er proportional med Strømstyrken og proportional med den Tid, i hvilken Strømmen virker, eller

$$\text{Metalmængden} = k \times i \times t.$$

k er et Tal, der er forskelligt for de forskellige Metaller. Hvis i maales i Ampère, t i Sekunder og hvis k, der kaldes den elektrokemiske Ækvivalent, tages af efterfølgende Tabel, der indeholder k for en Del af de mest bekendte Metaller, saa vil Metalmængden faas i Milligram.

	k
Bly	1,0718
Guld	0,6792
Kobber	0,3280
Nikkel	0,3040
Platin	1,0097
Sølv	1,1183
Tin	0,6094
Zink	0,3369

Den elektriske Strøms Evne til at udfælde Metaller har som bekendt faaet stor Betydning i mange Retninger, i det store saaledes i Galvanoplastiken, til Udvinding af Metaller o. s. v. Ogsaa i det smaa har den sin Anvendelse, f. Ex. er det saakaldte Polreagenspapir ikke andet end Papir, der er gennemtrængt med et bestemt Metalsalt. Vædes Papiret, og sendes en Strøm gennem den derved frembragte Leder, da farves Papiret rødt der, hvor Strømmen forlader Papiret, hvorved man altsaa har faaet konstateret, hvorledes Polerne ligge i Forhold til hinanden.

14. **Elektriske Strømmes gensidige Indvirkning paa hinanden.**

Ved Hjælp af et Apparat som det, Fig. 8 viser, og hvis Brug er umiddelbart indlysende af Fig., kan man konstatere, at to parallele Strømme, der gaa i samme Retning, tiltrække hinanden, hvorimod to parallele Strømme, der gaa i modsat Retning, frastøde hinanden.

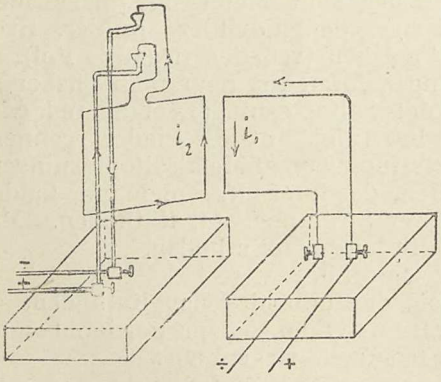


Fig. 8.

Den Kraft, hvormed Tiltrækningen eller Frastødningen foregaar, er, naar Afstanden mellem de to Strømme holdes konstant, proportional med de paagældende Strømstyrker. Kraften P. er altsaa lig med $K \times i_1 \times i_2$. Sendes den samme Strøm, i, gennem begge Bøjlerne i Fig. faas $P = K \times i^2$. K er et konstant Tal, der netop svarer til den konstante Afstand mellem de to parallele Strømme.

To Strømme, der ikke ere parallele, ville søge at dreje hinanden, saaledes at de blive parallele og gaa i samme Retning. Tænker man sig altsaa to Strømme, der krydse hinanden som i Fig. 9, saa vil A søge at nærme sig til C og B til D.

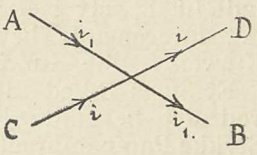


Fig. 9.

Disse Forhold benyttes i flere elektriske Maaleapparater, hvorom senere.

15. **Elektromagnetisme.** Hvad der almindeligvis forstaas ved en Magnet, en Kompasnaal, en Hesteskomagnet, Magnetpoler, samt de aller almindeligste magnetiske Fremtoninger saasom magnetisk Tiltrækning og Frastødning, magnetisk Fordeling o. dslg., forudsættes bekendt.

Forinden vi gaa over til at omtale Elektromagnetismen, ville vi dog i al Korthed betragte Begrebet Magnetfelt lidt nærmere og søge at danne os et Billede af Feltet og dets Styrke.

Dersom et Stykke umagnetiseret Jern bliver magnetisk, naar det anbringes et eller andet Sted i Rummet, da er der paa dette Sted et »magnetisk Felt« ɔ: der findes paa det paagældende Sted »magnetiserende« eller »magnetisk fordelende« Kræfter, der paavirke Jernet, saaledes at det magnetiseres.

Et magnetisk Felt er en Del af Rummet, i hvilken der virker magnetisk fordelende Kræfter.

Mellem Polerne N og S af den i Fig. 10 antydede Hesteskomagnet er der altsaa netop et magnetisk Felt.

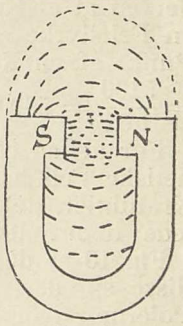


Fig. 10.

Lad os antage, at vi have en kort Magnetnaal, der frit kan dreje sig om sit Tyngdepunkt, og at vi anbringe den i et magnetisk Felt. Den vil da stille sig i en ganske bestemt Retning.

Feltet søger nemlig at bevæge Magnetnaalens Nordpol i en ganske bestemt Retning, Sydpolen nøjagtig den modsatte Vej, og da Naalen kan dreje sig frit, vil den tilslut indtage en Hvilestilling, der angiver den magnetiske Krafts Retning paa det paagældende Sted. Man har vedtaget at sige, at Kraften virker den Vej, i hvilken Feltet søger at bevæge Nordpolen.

Den magnetiske Krafts Retning forandrer sig som Regel fra Punkt til Punkt af det magnetiske Felt.

Tænker man sig en fri magnetisk Nordpol (en saadan existerer ikke i Virkeligheden) og at den blev overladt til sig selv i et magnetisk Felt, saa vilde den ifølge det foregaaende bevæge sig efter en ganske bestemt Kurve. Denne Kurve kaldes en »Kraftlinie«.

Et Slags Billede af Kraftliniernes Retninger faar man ved det bekendte Forsøg med Jernfilspaaner paa et Stykke Papir anbragt i et magnetisk Felt, f. Ex. ovenpaa Polerne af en Hesteskomagnet, hvor Spaanerne, naar Papiret rystes, ordne sig langs Linier, der følge Feltets Kraftlinier. Det vil ses af de af Jernfilspaanerne dannede Kurver, at Kraftlinierne gaa fra den ene Pol gennem Luften til den anden Pol. Man tænker sig endvidere, at Kraftlinierne udgaa fra Nordpolen gennem Luften til Sydpolen og derfra gennem selve Magneten tilbage til Nordpolen o. s. v., altsaa man tænker sig et Slags magnetisk Kredsløb.

Feltets Styrke varierer ogsaa som Regel fra Punkt til Punkt. »Feltstyrken« (»Feltintensiteten«) i et bestemt Punkt angives ved den Paavirkning, der i det paagældende Punkt udøves paa en saakaldet »magnetisk Enhedspol«. En magnetisk Enhedspol er en magnetisk Pol med saa megen Magnetisme, at den i en Afstand af 1 cm. frastøder en magnetisk set ligesaa stor Pol af samme Art med en Kraft paa 1,02 mg.

Tænker man sig en saadan Enhedspol anbragt i et bestemt Punkt af et magnetisk Felt og paavirkes den derved af en Kraft = 1,02 mg., da er der i dette Punkt en Feltstyrke = 1. Paavirkes Enhedspolen i et andet Punkt af en Kraft = 5100 mg, da er Feltstyrken der $= \frac{5100}{1{,}02} = 5000$.

For at faa et mere overskueligt Billede af det magnetiske Felt tænker man sig, at Feltet gennemfares af Kraftlinier, der, hvor Feltstyrken er stor, ligge tæt samlede, hvor Feltstyrken er lille, forholdsvis mere spredte. I Fig. 10 er der indtegnet Kraftlinier; det ses, hvorledes disse spredes, efterhaanden som man fjerner sig fra Polerne, hvorved man virkelig faar et godt Indtryk af, at Feltstyrken tager af.

Dersom Feltstyrken i et vist Punkt er f. Ex. 500, saa betegner man Feltets Styrke ved at angive, at der i dette Punkt gaar 500 Kraftlinier pr. □ cm. vinkelret paa Kraftens Retning i det paagældende Punkt.

Opgives saaledes Feltstyrken i et Punkt til 5000 Kraftlinier pr. □ cm., saa vil det sige, at en magnetisk Enhedspol, anbragt i dette Punkt, vilde blive paavirket med en Kraft = 5000 × 1,02 mg. = 5100 mg. = 5,1 gr.

Ved Dynamoer og Elektromotorer har man, der hvor de virksomme Ankertraade bevæge sig, sædvanligt en Feltstyrke, der netop kan sættes til rundt 5000 Kraftlinier pr. qcm.

Feltintensiteten kan maales paa flere Maader; en yderst bekvem Metode støtter sig paa den Omstændighed, at Metallet Wismuts specifike Ledningsevne forandrer sig, eftersom det anbringes i et mere eller mindre stærkt magnetisk Felt. Firmaet Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., har paa Basis heraf konstrueret et Apparat, der bestaar af en flad Spiral, viklet af isoleret, kemisk ren Wismuttraad, anbragt paa et Ebonitskaft, gennem hvilket der fører to Kobbertraade, til hvilke Spiralens Ender ere loddede.

Spiralen er meget tynd, ca. 1 mm., og kan saaledes anbringes i meget flade Felter, f. Ex. mellem Anker og Magnet af en Dynamo. Modstandsændringerne i Spiralen give et Maal for Kraftlinieantallet. Med Apparatet følger en Tabel, der angiver Sammenhængen mellem Modstandsændringerne og Kraftlinieantallet.

Ledes en elektrisk Strøm hen over en Magnetnaal, der kan dreje sig frit i horisontal Retning (en Kompasnaal), saa vil Naalen søge at stille sig vinkelret paa Strømretningen. Tænker man sig, at man lægger den højre Haand langs med Strømmen med Haandfladen mod Magnetnaalen og saaledes, at Strømmen passerer forbi Haanden i Retningen fra Haandroden til Fingerspidserne, saa vil Tommelfingeren angive den Retning, i hvilken Magnetnaalens Nordende vil slaa ud. At en elektrisk Strøm kan faa en Magnet til at afvige fra sin Retning, kan kun forklares derigennem, at Strømmen omgives af et magnetisk Felt. Stikker man en Kobbertraad lodret gennem et Stykke Papir med Jernfilspaaner paa og leder en tilstrækkelig stærk Strøm gennem Traaden, saa vil Spaanerne ogsaa, naar Papiret rystes lidt, samle sig om Traaden i koncentriske Ringe. Omløbsretningen af disse Kraftlinier fremgaar af den Retning, i hvilken Kompasnaalen bøjer af. Tænke vi os, at vi se en Leder i den Retning, Strømmen gaar Fig 11, saa gaa Kraftlinierne i samme Retning som Viserne paa et Uhr.

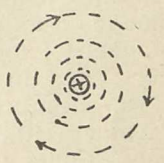


Fig. 11.

Vikler man en Spiral af Kobbertraad og sender en Strøm igennem den, saa forene de enkelte Vindingers Kraftlinier sig og forløbe inde i Spiralen eller Solenoiden omtrent parallelt med dennes Akse, Fig. 12 En saadan Solenoide forholder sig aldeles som en Magnet. Ophænges den, saa at den kan dreje sig i en vandret Plan, saa vil den stille sig som en Kompasnaal i Retningen magnetisk Nord—Syd o. s. v. Hvilken Ende, der vil blive en Nordende, findes ved følgende Haandregel:

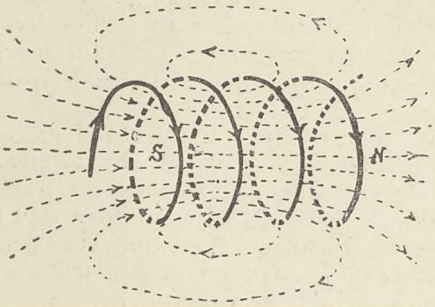


Fig. 12.

Den højre Haand lægges vinkelret paa Solenoiden (altsaa parallel med Strømmen) med Fladen mod Solenoiden og saaledes, at Strømmen passerer forbi i Retningen fra Haandrod til Fingerspidser; Tommelfingeren angiver da Nordenden.

Lad os antage, at vi have en almindelig Stang blødt Jern, der ikke viser nogen Magnetisme. En saadan Stang tænker man sig bestaaende af ganske smaa Magneter (Molekularmagneter), der ligge saaledes, at Polerne gensidig hæve hverandres Virkninger. Lad os dernæst anbringe den i en Solenoide, og lad os sende Strøm igennem denne. Solenoidens Kraftlinier ville da trænge gennem Jernet og søge at vende Molekularmagneterne saaledes, at Nordenderne pege i Retning af Kraftliniernes Retning. Stangen bliver derved til en Magnet, og da det er sket ved Hjælp af Elektricitet, kaldes den en Elektromagnet. Det vil her føre for vidt at komme ind paa Beregningen af Elektromagneter, det vil sige, paa at beregne, hvor mange Ampère og hvor mange Gange disse skulle ledes omkring et givet Magnetstel for at frembringe et Felt af bestemt Styrke; her skal kun fremhæves følgende:

Det frembringer samme Virkning, enten man leder 2 Ampère 10 Gange omkring et Stykke Jern eller 10 Ampère 2 Gange omkring det. Det kommer med andre Ord an paa at beregne Antallet af Ampère × Antallet af Vindingerne i Solenoiden. Dette Produkt kaldes »Ampère-

vindingerne«. Det er ligegyldigt, hvor i det magnetiske Kredsløb man anbringer Ampèrevindingerne, altsaa det er magnetisk set ligegyldigt, hvor i Magnetkredsløbet man anbringer Magnetviklingen.

Magnetiserer man et Stykke Jern fra 0 og opad, derved at man lidt efter lidt forhøjer Magnetiseringsstrømmen, og maaler man paa Vejen opad stadig Styrken af Magnetismen i Jernet, saa vil man se, at Magnetismen i Begyndelsen tager til omtrent i samme Forhold som Magnetiseringsstrømmen eller som Antallet af Ampèrevindinger. Senere gaar det forholdsvis langsommere og langsommere, og tilsidst naas et Punkt, ved hvilket Jernet maa anses for at være mættet med Magnetisme.

Dette Punkt naas for Smedejernets Vedkommende praktisk set, naar Antallet af Kraftlinier i Jernet er steget til 20000 pr. qcm. For Støbejern naas det allerede ved 11000 Kraftlinier pr. qcm.

Afbrydes Strømmen, forsvinder Størstedelen af Magnetismen. Der bliver dog altid noget tilbage. Denne Rest kaldes Remanens.

At Staalmagneter holde sig godt, vil altsaa sige, at Staal har en høj Remanens.

16. **Induktion og Selvinduktion.** Dersom en Leder, f. Ex. en Kobbertraad, bevæges igennem et magnetisk Felt, saaledes at den paa sin Vej overskærer Kraftlinier, saa vil der i den opstaa en elektromotorisk Kraft, om hvilken man siger, at den induceres, eller at den opstaar ved Induktion. Ved Forsøg er det godtgjort, at denne elektromotoriske Kraft er proportional med det Antal Kraftlinier, som Lederen overskærer pr. sec.

Lad os antage, at vi have en Kobbertraad K og et magnetisk Felt, saaledes som vist i Fig. 13 (Kobbertraaden er parallel med Magnetens Kanter a—b og c—d), og at vi bevæge Kobbertraaden parallelt med sig selv nedad i en Retning, der er vinkelret paa Kraftliniernes Retning i Feltet, og med en jævn Hastighed af 12 Meter pr. sec. Feltet mellem Polerne af en Hesteskomagnet er, naar Afstanden mellem Polerne ikke er alt for stor, omtrent homogent (at et Felt er homogent vil sige, at Feltintensiteten er den

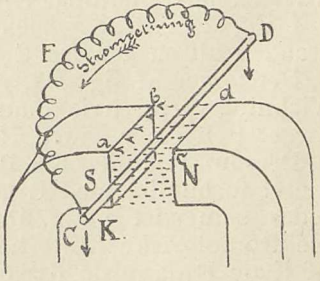


Fig. 13.

samme i et hvilket som helst Punkt af Feltet), og lad os her antage, at Feltintensiteten overalt er 5000 Kraftlinier pr. qcm. Lad endvidere Magnetens Endeflader være Kvadrater med Siderne lig med 50 cm., og lad os se bort fra den Del af Feltet, der ligger udenfor Magneten, hvilket vi uden at begaa nogen større Fejl kunne gøre, idet Feltet her hurtigt bliver forholdsvis svagt.

Det Antal Kraftlinier, A, Kobbertraaden i saa Tilfælde vil overskære pr. sec., er da:

Længden i cm. af det i Feltet værende Stykke af Kobbertraaden multipliceret med den Vejlængde i cm., Traaden tilbagelægger i et Sekund multipliceret med Antallet af Kraftlinier pr. qcm. i Feltet (Feltets magnetiske Induktion) eller

$$A = 50 \times 1200 \times 5000 = 300{,}000{,}000 \text{ Kraftlinier.}$$

Som ovenfor nævnt er den inducerede elektromotoriske Kraft proportional med det Antal Kraftlinier, der overskæres pr. sec., og altsaa lig med en Konstant $\times$ dette Antal. Saafremt man ønsker den elektromotoriske Kraft udtrykt i Volt, da er denne Konstant lig med $\frac{1}{100{,}000{,}000}$. I dette Tilfælde er den inducerede elektromotoriske Kraft altsaa lig med $\frac{300{,}000{,}000}{100{,}000{,}000} = 3$ Volt

Den Retning, i hvilken den elektromotoriske Kraft virker i Kobbertraaden, kan findes ved Hjælp af følgende Haandregel. Højre Haand tænkes anbragt saaledes op ad Kobbertraaden, at Kraftlinierne komme ind i Haanden gennem Haandfladen og Tommelfingeren (udspilet) peger i den givne Bevægelsesretning. De øvrige Fingerspidser vil da angive Retningen for den elektromotoriske Kraft.

I Fig. 13 vil den elektromotoriske Kraft i Kobbertraaden altsaa gaa fra C til D.

Det følger af sig selv, at man vilde have faaet samme Virkning frem, hvis man havde holdt K stille og bevæget Feltet opad med Hastigheden 12 Meter pr. sec.

Dersom D. under K's Bevægelse gennem Feltet havde været forbundet med C gennem en Kobbertraad F, saaledes som vist i Fig. 13, saa vilde den ovenomtalte elektromotoriske Kraft have frembragt en Strøm i den af K og F dannede Kredsledning.

Omvendt gælder det, at hvis man sender en elektrisk Strøm gennem Kobbertraaden K, saa vil den søge at bevæge sig i Feltet vinkelret paa Kraftlinierne.

Kraftens Retning kan bestemmes saaledes:

Højre Haand tænkes anbragt saaledes op ad Kobbertraaden, at Kraftlinierne komme ind i Haanden gennem Haandfladen, og den udspilede Tommelfinger peger i den givne Strøms Retning. De øvrige Fingerspidser ville da angive, til hvilken Side Kobbertraaden vil bevæge sig i Feltet.

Sendes Strøm gennem K i den Retning som antydet i Fig. 13, saa vil K søge at bevæge sig opad, eller hvis K holdes fast, søge at bevæge Magneten ned med en Kraft, der er proportional med Strømstyrken.

Heraf følger, at den Strøm, der i det foregaaende Tilfælde opstod derved, at K bevægedes i Feltet, vilde søge at hæmme denne Bevægelse.

Aldeles tilsvarende vilde der i det Tilfælde, hvor der sendtes Strøm gennem K, og K virkelig bevægede sig i Feltet, opstaa (induceres) en elektromotorisk Kraft i K, hvilken elektromotoriske Kraft vilde søge at modvirke Strømmen, der sendtes ind i K.

Lad os antage, at vi have en Kobbertraad bøjet i en Ring, og at vi stikke en Stangmagnet ned i den. Vi ville da ogsaa her faa induceret en elektromotorisk Kraft i Ringen, thi den vil skære eller skæres af Magnetens Kraftlinier, det vil være, som om Kraftlinierne kom udefra og efterhaanden trak sig ind i Ringen, indtil de alle kom ind i den, se Fig. 14. Ved Hjælp af ovennævnte Haandregel finde vi, at den elektromotoriske Kraft gaar i den af Pilen viste Retning. Tages Magneten bort, kommer der atter en elektromotorisk Kraft, men da i modsat Retning.

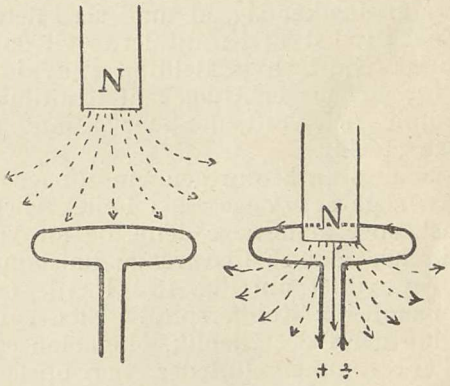


Fig. 14.

Der frembringes Induktionsvirkning, hvad enten man som her tager en Magnet og sætter den ned

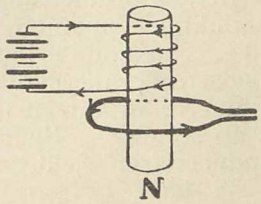


Fig. 15.

i Ringen, eller man anbringer en Stang blødt Jern i Ringen og paa en eller anden Maade lader denne blive til en Magnet, f. Ex. som vist i Fig. 15 derved, at der sendes en Strøm omkring Stangen, hvorved den altsaa bliver til en Elektromagnet. At afbryde Strømmen vil her svare til at tage Magneten bort.

I Almindelighed gælder følgende Sætning:

Dersom en ringformet Leder omslutter et vist Antal Kraftlinier (ogsaa f. Ex. Nul Kraftlinier), og dette Antal Kraftlinier ændres, saa vil der i Ringen induceres en elektromotorisk Kraft (altsaa hvis Lederen er sluttet en elektrisk Strøm). Størrelsen af den elektromotoriske Kraft er proportional med Ændringen pr. sec. af Kraftlinieantallet.

Retningen af den inducerede elektromotoriske Kraft kan bestemmes ved Hjælp af den ovenfor nævnte Haandregel, naar man vedtager at tænke sig, at Kraftlinierne altid komme fra eller gaa til Rummet udenfor Ringen.

Det er dog i dette Tilfælde lettere at bruge følgende Regel til Bestemmelse af Retningen.

Man tænker sig, at man ser i Retning af Kraftlinierne. En Tilvækst af Kraftlinierne vil da give en elektromotorisk Kraft, hvis Retning gaar imod Viserne paa et Uhr, medens en Aftagen af Kraftlinier vil give en elektromotorisk Kraft, der gaar i samme Retning som Viserne paa et Uhr.

Sendes en Strøm gennem Ringen i Fig. 14 og 15, vil den søge at bevæge sig i Feltet, eller hvis Ringen holdes fast, søge at bevæge dette, og forøvrigt gælder naturligvis her aldeles tilsvarende Raisonnementer som ovenfor udviklet om Fig. 13. Havde man i Fig. 14 og 15 anvendt en Kobberspiral i Stedet for en enkelt Ring, vilde der i det Øjeblik, Magneten sattes ned i Spiralen eller Strømmen sluttedes, være opstaaet elektromotoriske Kræfter i alle Spiralens Vindinger. Disse vilde have adderet sig, saaledes at man vilde have faaet lige saa mange Gange større elektromotorisk Kraft, som Spiralen havde Vindinger.

Dette Forhold anvendes ved de almindelig kendte Induktionsapparater, hvor man dog har lagt den Spole (den saakaldte primære Spole), der bruges til at magnetisere Jernkernen med, indeni den hvori man vil inducere Strømmen (den secundære Spole). Ved at give den secundære Spole mange Vindinger kan man faa induceret en elektromotorisk Kraft af stor Spænding.

Vi have tidligere set, at en elektrisk Strøm er om-

givet af et magnetisk Felt, heraf vil følge, at hvis en Strøm, Fig. 16, nærmes til en Kobbertraad, B, saa vil der i denne induceres en elektromotorisk Kraft i en Retning, der er afhængig af Feltets Retning og det Antal Kraftlinier, der pr. sec. skærer B. Retningen kan findes paa sædvanlig Maade ved Haandreglen. Nærmes A til B, vil den elektromotoriske Kraft i B gaa i Pilens Retning, fjernes A, da naturligvis mod Pilen. Ogsaa her kan Induktionen fremkaldes ved i Stedet for at nærme og fjerne A, da at slutte og bryde Strømmen. Sluttes det primære Strømløb, vil den elektromotoriske Kraft i B gaa i Retning mod den primære Strøm, altsaa i Pilens Retning, brydes den primære Strøm, gaar den secundære elektromotoriske Kraft i samme Retning som den primære Strøm, altsaa imod Pilen.

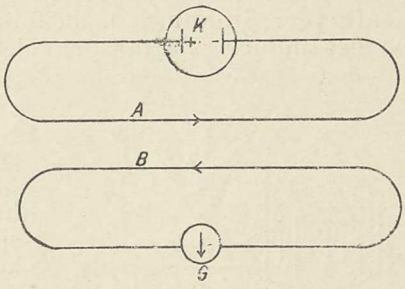


Fig. 16

Den i B inducerede Strøm vil frembringe Fænomener ganske svarende til de ovenfor nævnte vedrørende Hæmning af Bevægelsen o. s. v.

Tager man i Stedet for tynde Traade et mere kompakt Stykke af en Leder og bevæger dette i et magnetisk Felt, saa vil der induceres elektromotoriske Kræfter, som i selve Lederen frembringe Strømme, hvis Bane vi ikke kunne følge, men som i alle Tilfælde baade ville hæmme Bevægelsen og opvarme Lederen. Saadanne Strømme kaldes »Foucault'ske Strømme«, ogsaa »Hvirvelstrømme«, idet man tænker sig deres Baner som smaa lukkede Kredse indeni selve Lederen. Paa Hvirvelstrømmene beror det, at en Magnetnaal, der svinger over en Kobberplade, hurtig kommer i Ro, at dens Svingninger »dæmpes«; ligeledes kunne i et Maaleapparat Viserens Svingninger dæmpes f. Ex. derved, at man lader en til Viserakslen fæstet Kobberskive bevæge sig mellem Polerne af en Magnet.

Selvinduktion kalder man specielt de Induktionsfremtoninger, der i en Leder fremkaldes af de Strømme, der gennemløbe selve den paagældende Leder.

Lad os antage, at vi have en Ring af Kobber, igennem hvilken der sendes en Strøm af en bestemt Styrke, i (se Fig. 17), og i den Retning, Strømpilene antyde.

Ringen vil da forholde sig som en Magnet, og Feltets Kraftlinier ville gaa gennem Ringen fra neden og opad. Forstærkes Strømmen, f. Ex. derved at der udskydes Modstand ved M, saa vil den fremkalde flere Kraftlinier, der ifølge det foregaaende ville søge at modvirke Strømmen, hvorved denne altsaa hæmmes i sin Tiltagen, saaledes at forstaa, at den ikke i samme Nu naar den Styrke, den ifølge Ohms Lov skulde have.

Afbrydes Strømmen i, da forsvinde alle Kraftlinierne, og der induceres straks en elektromotorisk Kraft, der gaar i samme Retning som i gik. Denne elektromotoriske Kraft kan blive meget stor, især hvis vi i Stedet for en enkelt Ring have en isoleret Kobberspiral viklet om en Jernkerne. Vi have jo nemlig i det foregaaende set, at den inducerede elektromotoriske Kraft er proportional med Ændringerne pr. sec. af Kraftlinieantallet, og da alle Kraftlinierne gennem Spiralen forsvinde i det Øjeblik, Strømmen brydes, saa kan Kraftlinieændringen pr. sec. vokse til en meget stor Værdi og dermed den inducerede elektromotoriske Kraft. Denne kan blive saa stor, at den gennembryder Luftlaget ved det Punkt, hvor Strømmen blev afbrudt, hvor den da giver sig til Kende som en Gnist. Dersom Kobberspiralen er en Magnetspole, viklet af isoleret Kobbertraad paa en Metalrulle, saa kan det ogsaa hænde, at Spændingen bryder gennem Isolationen fra Traad til Metalrulle eller mellem Traadene indbyrdes. Det er derfor ikke tilladeligt at bryde store og kraftige Elektromagneters Magnetiseringsstrøm pludseligt, der maa efterhaanden indskydes Modstand, til Magnetismen er ganske svag, hvorefter Afbrydelsen kan ske uden Fare.

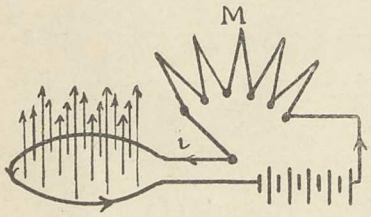


Fig. 17.

Selvinduktion optræder i enhver Leder, men stærkest i Solenoider og Magnetspoler. I retlinede Ledninger af Jern kan dens Virkninger, naar Ledningerne ere meget lange, blive betydelige, f. Ex. i Telefonledninger, og derved sætte en Grænse for de Længder, paa hvilke man kan telefonere gennem Jerntraad.

I Elektrotekniken ønsker man tidt at kunne ind- og udskyde store Modstande, hvilke i Reglen laves af tynde Metaltraade, der opvikles paa Ruller; det er klart, at

det er ønskeligt, at saadanne Modstande have saa lille en Selvinduktion som overhovedet muligt. Man vikler dem da »bifilart«, saaledes som vist i Fig. 18. Sendes Strømmen gennem den færdigviklede Modstand, føres den frem og tilbage langs sig selv, og det er klart, at det magnetiske Felt, Strømmen fremkalder, derved bliver praktisk set Nul, hvorved Selvinduktionen ogsaa falder bort. Saadanne Modstande kaldes derfor »induktionsfri«.

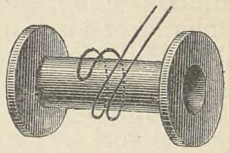


Fig. 18.

Tekniske Maaleapparater og deres Anvendelse.

17. **Ampèremetre.** Til Maaling af en elektrisk Strøms Størrelse anvendes ved almindelige tekniske Maalinger — som i Almindelighed ikke kræve en større Nøjagtighed end ca. 1 % — saakaldte Ampèremetre.

Strømmen, som skal maales, ledes igennem Ampèremetret, og en Viser slaar da ud og viser direkte Strømmens Styrke paa en under Viseren anbragt Skala.

Der har existeret en stor Mængde Konstruktioner af saadanne Ampèremetre, i hvilke Strømmens gensidige Indvirkning paa hinanden eller paa Magneter er kommet til Anvendelse, men da de forskellige Instrumentfabrikanter efterhaanden mere og mere gaa over til et bestemt Princip — det Deprez d'Arsonval'ske, og da dette synes at frembyde størst Simpelhed i Konstruktionen forenet med størst Tilforladelighed og let Haandtering, skal kun den paa dette Princip baserede Type omtales.

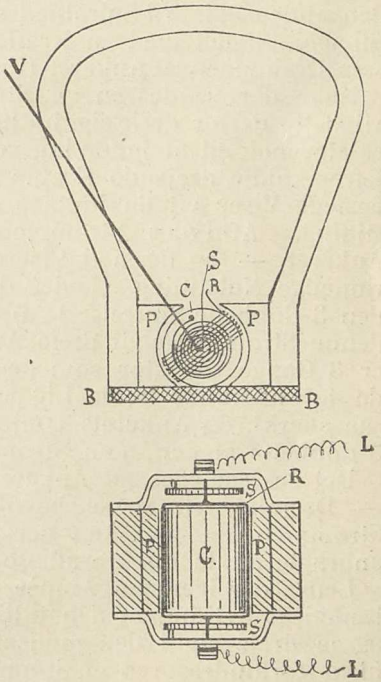


Fig. 19.

I Instrumentet findes en fastliggende permanent Staalmagnet, hvis Polsko, P P (se Fig. 19), ere nøjagtig cylindrisk udborede. I det cylindriske Hulrum mellem Polerne er fast anbragt en Smedejernscylinder, C, fastskruet til Messingbroen B B.

I det mellem Polskoene og Jernkærnen fremkomne tynde Luftmellemrum opstaar da et kraftigt magnetisk Felt, hvori er anbragt en tynd Aluminiumsramme, R, beviklet med meget tynd isoleret Kobbertraad. Rammen er ophængt ved Staaltappe i Agatlejer, saaledes at der fremkommer et Minimum af Friktion ved Drejning af Rammen. Denne holdes i en bestemt Hvilestilling ved Hjælp af to til dens Aksel befæstede Spiralfjedre, S, hvis yderste Punkter ere fast forbundne med Stellet.

Disse Fjedre tjene tillige til at lede den Strøm, som skal maales, igennem den bevægelige Traadrulle, idet dennes Ender ere forbundne hver til sin Spiralfjeder.

Naar der sendes Strøm igennem Traadrullen (Ankerbeviklingen), vil denne søge at dreje sig rundt med en Kraft, der vokser jævnt, eftersom Strømmen vokser. Paa den anden Side vil Spiralfjedrene søge at holde Ankeret tilbage, og det med en Kraft, der vokser jævnt, eftersom Drejningen af Ankeret (Fjedrenes Spænding) vokser.

Naar der sendes en vis Strøm, i, igennem Ankeret, vil dette derfor dreje sig, indtil Spiralfjedrenes Spænding er stor nok til at holde Ligevægt med den af Strømmen i fremkaldte drejende Kraft. Ankeret og den dertil befæstede Viser vil da indtage en ganske bestemt Hvilestilling. Afbrydes Strømmen, dreje Fjedrene straks Ankeret — og dermed Viseren — tilbage til den oprindelige Nulstilling. Ledes derefter en Strøm af f. Ex. den 3 dobbelte Størrelse (3 i) igennem Instrumentet, vil denne Strøm søge at dreje Ankeret med en Kraft, der er 3 Gange saa stor som den tidligere; Fjedrene maa da for at kunne holde Ligevægt være spændt 3 Gange saa stærkt, og Ankerets Drejning maa derfor være den 3 dobbelte af den, som Strømmen i frembragte.

Det ses saaledes, at Ankerets — og dermed Viserens — Drejning vil vokse jævnt i samme Forhold som Strømmen, og man kan derfor paa den under Viseren anbragte Skala direkte aflæse Strømmens Størrelse.

Ledes der igennem Ampèremetret en Strøm, gaaende i modsat Retning af den tidligere antagne, vil Ankeret ogsaa dreje sig i den modsatte Retning, men da dette bl. a. forhindres ved en Stoppestift, maa man altid sørge for, at Strømmen ledes ind i Instrumentet igennem den med + betegnede Polskrue.

Da en Staalmagnet af den anvendte Form kan holde sin Magnetisme næsten uforandret igennem Aar, og da Fjedrenes Spændkraft ligeledes kan holde sig, ville saadanne Ampèremetre kunne vise rigtigt i lang Tid.

Hele det bevægelige System er nøjagtigt afbalanceret, saaledes at Tyngdekraften ingen Indflydelse har paa Hvilestillingen; Instrumentet kan derfor anvendes saavel i horisontal som i vertikal Stilling. I Modsætning til en Del andre Ampèremetre kan det her omtalte anvendes i Nærheden af Dynamoer, Magneter etc., uden at disse have nogen synderlig Indflydelse paa Aflæsningen. Vil man prøve, hvorvidt en udenfra kommende magnetisk Paavirkning har Betydning, tager man en Aflæsning og ser derefter, om denne forandres, naar Instrumentet drejes $^1/_2$ Omdrejning om sin Aksel.

En Fordel har disse Instrumenter derved, at Viseren, naar Strømmen sluttes, hurtigt slaar ud og indtager sin Hvilestilling uden først at svinge frem og tilbage om denne; et saadant Instrument kaldes »aperiodisk«.

Da Spiralfjedrene ikke taale nogen stærk Strøm, og da det ogsaa er nødvendigt at benytte meget tynd Traad til Bevikling af Ankeret, udføres Ampèremetre i den ovenbeskrevne Form som Regel kun for Strømstyrker op til $^1/_{20}$ Ampère.

De fleste Ampèremetre skulle imidlerttd benyttes til at maale større Strømstyrker, og man maa da for at kunne benytte det samme Princip gaa udenom Vanskeligheden ved kun at maale en vis Brøkdel af Strømmen.

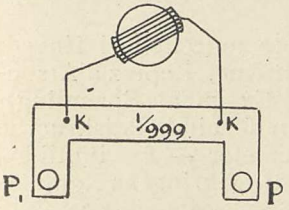


Fig. 20.

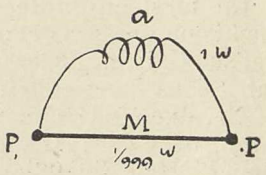


Fig. 21.

Er saaledes f. Eks. Ankeret beviklet med Traad, der højst kan taale $^1/_{20}$ Ampère og som ialt har en Modstand af 1 Ω, og hvis man skal have et Ampèremeter, hvis Skala gaar til 50 Amp., da forbinder man Polskruerne P P_1 (se Fig. 20) med en Modstand paa $^1/_{999}$ Ω og af saadanne Dimensioner, at den kan taale 50 Ampère. Tilledningstraadene til Ankeret fastloddes til to Punkter

K K af denne Modstand (Shunten), idet Modstanden i K K justeres til nøjagtig $^1/_{999}$ Ω.

Ledes nu en Strøm, i, gennem Instrumentet fra P til P_1 (Fig. 21), saa vil denne Strøm dele sig saaledes, at største Delen gaar direkte fra P til P_1, medens kun en lille Brøkdel vil gaa igennem Ankeret.

Forholdet mellem de to Grenstrømme kan findes paa tilsvarende Maade som ved det i § 11 anførte Eksempel. Ledningsevnerne af de to Grene M og a ere henholdsvis 999 og 1, hvorfor Strømmen i a vil blive $^1/_{999}$ af Strømmen i M. Er den samlede Strøm i, bliver Strømmen i a derfor $^1{}_{1000}$ i og Strømmen i M $^{999}/_{1000}$ i.

Det ses saaledes, at der i dette Tilfælde altid vil gaa $^1/_{1000}$ af den samlede Strøm igennem Ankeret, og da dette kan taale $^1/_2$ Ampère, kan man altsaa igennem hele Instrumentet sende 1000 × $^1{}_{20}$ = 50 Ampère.

Paa samme Maade kan man indrette Ampèremetre til at maale Strømme af alle Størrelser. I Almindelighed er Modstanden indlagt i Instrumentkassen, men man har dog ogsaa Ampèremetre, hvortil der hører løse Shunter, som kunne ombyttes. Haves saaledes f. Ex. til det ovennævnte Ampèremeter en Kasse med Shunter paa $^1/_9$, $^1/_{99}$, $^1/_{999}$, $^1/_{9999}$ Ω, saa vil man, eftersom man forbinder Instrumentet til den ene eller den anden af disse, kunne maale Strømme paa indtil 0,5, 5, 50 og 500 Ampère.

18. **Voltmetre.** Som anført i Indledningen benyttes Voltmetre til Aflæsning af Spændingen mellem to Punkter, idet man ved tynde Tilledningstraade forbinder Instrumentets to Polskruer til de to Punkter, hvis Spændingsforskel søges.

De mest anvendte Voltmetre ere indrettede i Hovedtrækkene ligesom det ovenfor beskrevne. Deprez d'Arsonval'ske Galvanometer. Vil man f. Ex. maale Spændingstabet i en Smeltesikring, kan man forbinde Polskruerne af det exempelvis nævnte Ampèremeter — for indtil $^1/_{20}$ Amp. og med 1 Ω Modstand — til Sikringens Kontaktflader. Hvis Spændingsforskellen mellem disse er v Volt, vil der igennem Ampèremetret gaa en Strøm, som i Følge Ohms Lov er $i = \frac{v}{1} = v$ Amp.

Det viser sig altsaa, at Ampèremetret direkte angiver den søgte Spænding, eller med andre Ord ogsaa kan kaldes et Voltmeter.

Da det imidlertid kun kan maale indtil $^1/_{20}$ Ampère, saa kan det heller ikke maale mere end $^1/_{20}$ Volt. Det kan dog let indrettes for højere Spændinger ved at sætte

en stor Modstand for. Ønskes f. Ex. et Voltmeter, der kan maale indtil 500 Volt, sættes en Forlagsmodstand paa 9999 Ω for. Naar Polskruerne P P_1 (Fig. 22) da forbindes med Polskruerne af f. Ex. en 400 Volts Dynamo, saa vil Strømmen gennem Voltmetret blive $i = \frac{400}{10000} = 0{,}04$ Amp.

I Almindelighed er Forlagsmodstanden indlagt i Instrumentkassen, og Skalaen er inddelt direkte i Volt, men

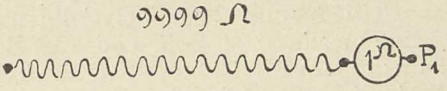


Fig. 22.

der haves dog ogsaa Voltmetre med løse Forlagsmodstande. Hvis man saaledes til 0,05 Volts Voltmetret har Forlagsmodstande paa 9, 99, 999 9999 Ω, da kan man variere Følsomheden, saa at man faar henholdsvis et 0,5, 5, 50 og 500 Volts Voltmeter.

Man maa altid ved Anvendelse af et Voltmeter passe paa, at dettes Modstand er saa stor at den Strøm, som Voltmetret tager, praktisk set ikke faar nogen Indflydelse paa den Spænding, der maales.

Haves f. Ex. et Batteri (Fig. 23) paa 20 Volt, og forbindes Polerne ved Hjælp af en Ledning, hvoraf den ene Del, AB, er 1 Ω og den anden, BC 999 Ω — altsaa ialt 1000 Ω —, saa vil Strømmen gennem Ledningen blive $i = \frac{20}{1000} =$ 0,02 Amp., og Spændingsforskellen fra A til B vil blive $v = i \times 1\ \Omega = 0{,}02$ Volt. Dette kan dog ikke maales ved Hjælp af det ovennævnte $^1/_{20}$ Volts Voltmeter; thi forbindes dettes Polskruer med A og B, vil den kombinerede Modstand AB blive kun $^1/_2$ Ω, og Strømstyrken bliver da $i_1 = \frac{20}{999{,}5}$ eller praktisk talt det samme som før. Spændingsforskellen AB bliver kun $v = i_1 \times {}^1/_2 = 0{,}01$ Volt, hvilket Voltmetret altsaa vil vise.

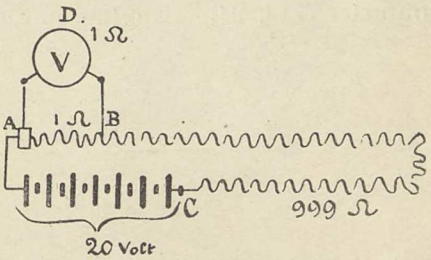


Fig. 23.

Man kan dog til Dels komme ud over den her viste Ulempe ved at bevikle Rammen med meget tynd Traad, saaledes at Modstanden i selve Ankeret bliver stor. Var i det ovenstaaende Eksempel anvendt et Voltmeter til 0,05 Volt, men med en Modstand paa 6 Ω i Stedet for 1 Ω, vilde den kombinerede Modstand fra A til B (Fig. 23) være bleven $\frac{1}{1 + {}^1/_6} = {}^6/_7\ \Omega$, og Spændingsforskellen AB (som Voltmetret angiver) bliver da: $v = i \times {}^6/_7 = 0{,}02 \times {}^6/_7 = 0{,}0171$ Volt, altsaa betydelig nærmere ved den oprindelige Værdi, 0,02 Volt, end ved Benyttelse af Voltmetret med 1 Ω's Modstand. Ved de hyppigst forekommende Maalinger ved Husinstallationer ville de almindelige Weston Voltmetre give tilstrækkelig nøjagtige Resultater.

Helt ud over den anførte Ulempe kommer man ved Anvendelse af de saakaldte statiske Voltmetre. Da disse imidlertid ikke ere saa let haandterlige som de ovenfor beskrevne, anvendes de som Regel kun, hvor man af en eller anden Grund ikke kan benytte et strømforbrugende Voltmeter, altsaa f. Ex. hvor den af Instrumentet forbrugte Strøm vilde forandre den Spænding, som skulde maales.

Vil man saaledes fra Elektricitetsværket maale Spændingen i fjærne Punkter af Ledningsnettet, da gøres dette ved Hjælp af to tynde (ca. 1 qmm.) Traade h, udgaaende fra Punkt P til Værket, E, hvor de forbindes med et Voltmeter (Fig. 24) Benyttes imidlertid et strømforbru-

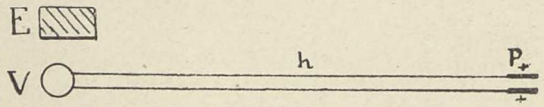


Fig. 24.

gende Voltmeter, faas en Fejl paa Grund af Modstanden i Tilledningerne h. Er f. Ex. Voltmetrets Modstand 2000 Ω, Spændingen, som skal maales, 100 Volt og Afstanden P — V = 2000 m., saa vil Modstanden i Tilledningerne blive $\Omega = \frac{4000}{1} \times 0{,}0172 =$ c. 69 Ω, og Strømstyrken gennem Voltmetret bliver da $i = \frac{100}{2000 + 69} = 0{,}0483$ Amp. Spændingstabet i Tilledningerne bliver $e = 69 \times 0{,}0483 = 3{,}33$ Volt. Voltmetret vil derfor vise 3,33 Volt for lidt.

Et statisk Voltmeter vilde derimod vise Spændingen korrekt.

Naturligvis kan man dog ogsaa benytte et strømforbrugende Voltmeter, naar man tager Hensyn til den indkomne Fejl.

Et af de mest anvendte statiske Voltmetre er det af Lord Kelvin konstruerede saakaldte Multicellular Voltmeter. Dette skal kort omtales i det følgende.

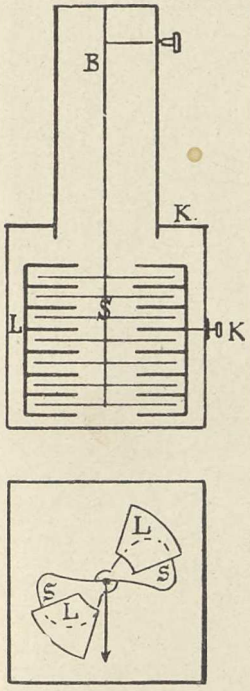


Fig. 25 a.

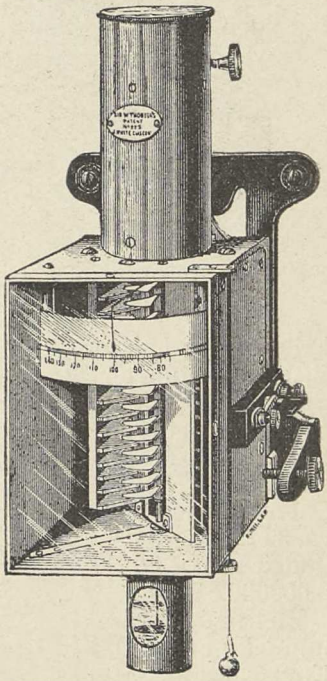


Fig. 25 b.

I en Metalkasse, K (Fig. 25 a og b) er der ved Hjælp af et Broncebaand, B, ophængt et System, S, dannet af flere over hinanden liggende tynde Aluminiumsskiver. I Kassen er der anbragt to faste Kulisser, L, hvorimellem Systemet S kan bevæge sig horisontalt. Naar det bevægelige System S og det faste System L forbindes til to Punkter, der have forskellig Spænding, ville de tiltrække hinanden, og S vil derfor søge at dreje sig hen imod L, indtil der er Ligevægt mellem den tiltrækkende Kraft og Snoningen i Baandet B.

Da den tiltrækkende Kraft vokser med Spændingsforskellen mellem S og L, vil S dreje sig mere, jo større Spændingsforskellen er. En til S befæstet Viser angiver paa en særlig inddelt Skala Spændingsforskellen.

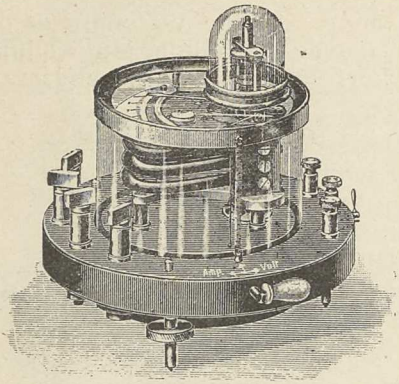


Fig. 26.

19. **Galvanometre.** Man skal ofte maale meget smaa Strømme; de dertil anvendte Ampèremetre kaldes i Almindelighed Galvanometre. De kunne udføres nøjagtig efter samme System som det ovenfor beskrevne Milli-Ampèremeter. Skal Følsomheden dog være større end 1° = ca 0,00001 Amp., ophænges Traadrullen i et tyndt Metalbaand for at undgaa Friktionen i Lejerne. Fig. 26 viser et Hartmann & Brauns Visergalvanometer efter Deprez d'Arsonvals System og med Traadrullen ophængt i et Metalbaand. Modstanden i dette Galvanometer er ca. 35 Ω, Følsomheden 1° = 0,0000002 Amp.

En anden almindelig anvendt Konstruktion af Galvanometre er følgende (Fig. 27 a og b). Omkring en i en Messingdaase anbragt Ramme, R, er viklet en tynd isoleret Kobbertraad i mange Vindinger. I Hulrummet i Midten af Rullen er paa en Staal-

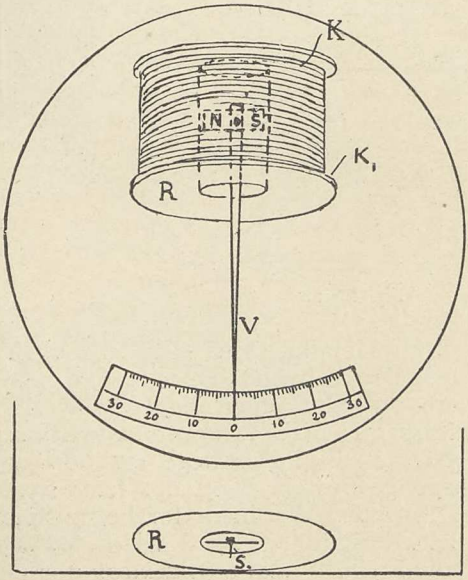


Fig. 27 a.

stift, S, ophængt en lille Staalmagnet, til hvilken der er befæstet en lang Viser, V, vinkelret paa Magnetnaalen; hele dette bevægelige System maa være afbalanceret, saaledes at det kan bevæge sig frit i et horisontalt Plan. Stilles Instrumentet vandret, vil Magnetnaalen, N S, svinge ind i den magnetiske Meridian.

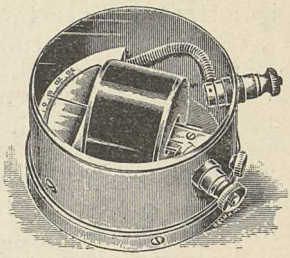


Fig. 27 b.

Før der sendes Strøm gennem Galvanometret, drejes dette saaledes, at Viseren staar paa Skalaens Nulpunkt, hvilket vil ske, naar Traadrullens Akse vender i Retningen Øst—Vest. Ledes nu en svag Strøm igennem Traadrullen, da vil Strømmen søge at bringe Magneten til at slaa ud og stille sig i Retning vinkelret paa Traadrullen. Jordmagnetismen vil søge at holde Magneten tilbage i Meridianen, og Magneten vil derfor indtage en Ligevægtsstilling imellem en af disse nævnte to Yderstillinger. Jo større Strøm der sendes gennem Traadrullen, desto mere Overvægt faar den Kraft, der bringer Magneten ud af Meridianen, og jo mere slaar derfor Viseren ud. Da Udslaget imidlertid ikke vokser i samme Forhold som Strømmens Styrke, vil en Skala, som direkte skal angive Strømmens Styrke i f. Ex. Hundrede Tusindedele Ampère, faa finere og finere Inddeling ud ad fra Nulpunktet.

Paa Grund af Jordmagnetismens Variation og ligeledes paa Grund af, at Magnetens Magnetisme svækkes med Tiden, vil Instrumentets Følsomhed ikke være ganske konstant, men vil forandres noget med Tiden og Stedet. Forlanges derfor nogenlunde nøjagtige Maalinger, maa dette Galvanometer ofte kontrolleres.

Skal man have større Følsomhed, benyttes en saakaldet astatisk Magnetnaal, en Magnet dannet af to over hinanden anbragte omtrent lige stærke Magneter, som ere indbyrdes fast forbundne, saaledes at Polerne vende til modsat Side. (Fig. 28). Dette System ophænges i et Silke-

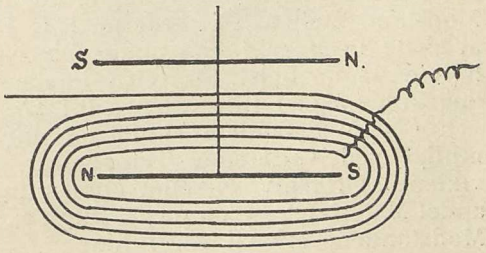


Fig. 28.

spind saaledes, at den nederste Magnet svinger midt i Hulrummet af en Traadrulle som ovenfor, medens den øverste Magnet svinger oven over Traadrullen.

Jordmagnetismens Virkninger paa de to Magneter vil da omtrent ophæve hinanden, hvorved den Kraft, der søger at holde Systemet tilbage i Nulstillingen, altsaa svækkes. Derimod vil den elektriske Strøms Virkning paa Magnetsystemet være større end paa en enkelt Magnetnaal. Instrumentet vil derfor give meget større Udslag for samme Strøm end et Galvanometer med enkelt Naal.

20. **Apparater til Maaling af elektrisk Modstand.** Ved Maaling af Modstand benyttes meget ofte Normalmodstande, som en Gang for alle ere nøjagtig justerede En meget anvendt Form af saadanne Normalmodstande er den i Fig. 29 viste Reostat. I en Trækasse med Ebonit-

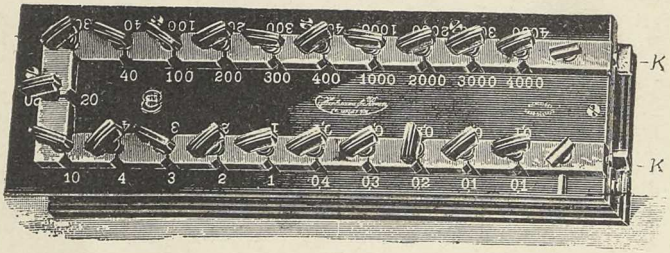


Fig. 29.

laag er til dette fastgjort Traadruller beviklede med isoleret Traad; Traadrullernes Modstand er nøjagtig justeret til 0,1, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 1, 2, 3, 4, 10 ..... 1000, 2000, 3000, 4000 Ω. De to Ender af en Traadrulle ere forbundne til to paa hinanden følgende af de ovenpaa Laaget i Række anbragte Messingklodser. Disse ere iøvrigt isolerede fra hinanden ved et Luftmellemrum, men kunne forbindes ved at sætte en Messingprop ned i Mellemrummet.

Naar alle Propperne ere tagne ud, bliver den samlede Modstand mellem Polskruerne K K 11111,1 Ω, men ved at sætte Propper i kan man faa en Modstand af en hvilken som helst Størrelse imellem 0 og 11111,1 Ω, dog kun med et Interval paa 0,1 Ω.

For at Modstandene skulle forandre sig saa lidt som muligt ved varierende Temperatur, ere Traadrullerne viklede af Nysølv, Nikelin, Manganin, Konstantan eller andet Materiale med en meget lille Temperaturkoefficient. Modstandene ere viklede bifilar.

Almindeligst benyttes til Maaling af mindre elektriske Modstande en saakaldt Wheatstones Bro.

Trækkes mellem Punkterne A og B (Fig. 30) to Traade, AMB og AM_1B af forskelligt Tværsnit, og sendes ved Hjælp af Batteriet C en elektrisk Strøm fra A til B, saa vil (saafremt Spændingsforskellen mellem A og B er e og Modstandene AMB og AM_1B ere henholdsvis r og r_1) Strømmen i

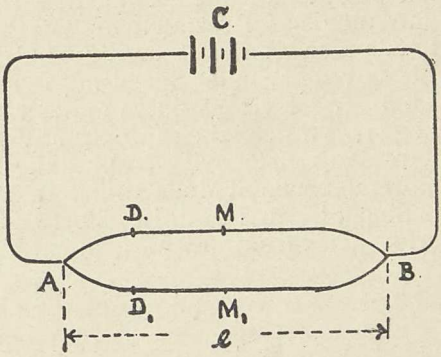


Fig. 30.

AMB blive $i = \frac{e}{r}$ og Strømmen i AM_1B blive $i_1 = \frac{e}{r_1}$ (Ohms Lov) Spændingsforskellen fra A til et Punkt, D, af AMB vil vokse jævnt, naar D bevæges fra A henimod B. — Midt paa Traaden vil Spændingen AM være $^1/_2$ e, i $^1/_{10}$ Afstand fra A vil Spændingen være $^1/_{10}$ e o. s. v. Vælges nu paa Traaden AM_1B et saadant Punkt, D_1, at Modstanden AD_1 ligeledes er $^1/_{10}$ af Modstanden AM_1B, saa vil Spændingen AD_1 ligesom AD blive $^1/_{10}$ e; Punktet D_1 har altsaa samme Spænding som D.

Denne Omstændighed, at to Punkter D og D_1, som dele Modstandene AMB og AM_1B i samme Forhold, faa samme Spænding, benyttes ved Wheatstones Bro.

Skal man saaledes finde Modstanden i Traadrullen x, (Fig. 31) kan man tage 2 lige store Modstande, r og r_1,

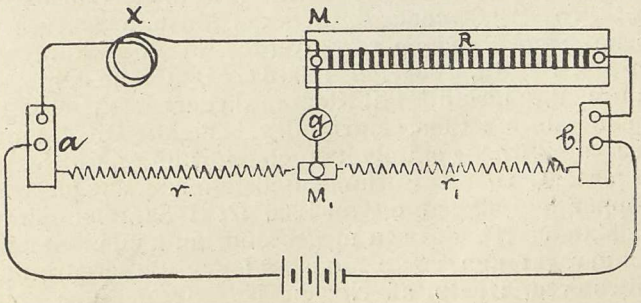


Fig. 31.

og forbinde dem efter hinanden; som den anden Gren i Broen benytter man en Reostat R (f Ex. den i Fig. 29 viste) og Traadrullen x ligeledes forbundne i Række. Saafremt der i Reostaten er sat Propper i, saaledes at Modstanden R netop er lig Modstanden x, saa vil (i Følge ovenstaaende) Spændingen i M være den samme som i M_1. Hvis et Galvanometer derfor forbindes til M og M_1, vil der ikke gaa nogen Strøm igennem Galvanometret, og dette vil derfor ikke gøre noget Udslag. Saafremt derimod Modstanden R f. Ex. er større end x, vil Spændingen i M blive større end i M_1, og der vil derfor gaa Strøm fra M gennem Galvanometret til M_1.

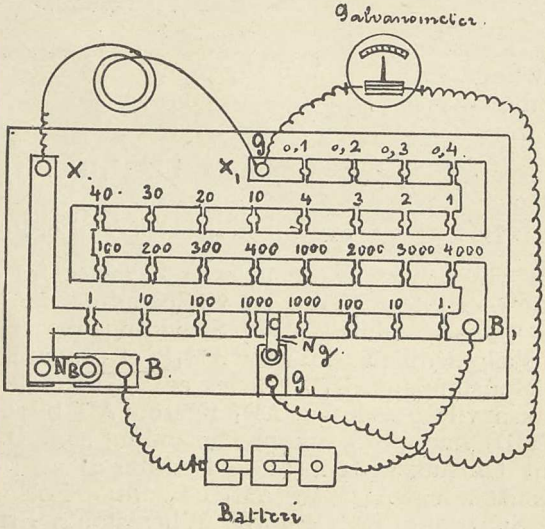


Fig. 32.

I Fig. 32 er skematisk vist en samlet Wheatstones Prop-Bro. Den nederste Række Modstande svarer til Forholdsmodstandene r r_1 ovenfor, og disse kunne altsaa gøres 1, 10, 100 eller 1000 Ω. Den Modstand, som skal maales, forbindes til Klemmeskruerne x x_1, et Batteri paa nogle faa Celler forbindes i Række til Klemmeskruerne B B_1, og et Galvanometer forbindes til Klemmeskruerne G G_1. I Forholdsmodstandene r sættes alle Propper i undtagen de to 1000 Ω; i Sammenlignings-modstanden R lades saa meget Modstand ude, som man skønner, at den søgte Modstand er. Batteristrømmen sluttes ved Hjælp af Nøglen N_B, og derefter sluttes

Galvanometerstrømmen et Øjeblik ved Nøglen N_g, og man ser efter, til hvilken Side Galvanometernaalen slaar ud. Man slipper nu N_B, forandrer paa Modstanden R og foretager de samme Manipulationer, idet man iagttager, om Galvanometernaalen slaar stærkere eller svagere ud end før. Ved derefter at prøve sig frem kan man finde, hvor megen Modstand der skal være i R, for at Galvanometret skal gøre mindst Udslag.

Saafremt Modstanden x er større end 11111 Ω vælger man Forholdsmodstanden $r = 10\,r_1$, $100\,r_1$, eller $1000\,r_1$; naar Broen da er afbalanceret, saa vil ogsaa x være henholdsvis 10 R, 100 R eller 1000 R; udover ca. 11 Millioner Ohm kan man saaledes ikke maale med denne Bro.

For at maale smaa Modstande nøjagtigt kan man paa samme Maade vælge Forholdsmodstandene saaledes, at $r = {}^1/_{10}\,r_1$, ${}^1/_{100}\,r_1$ eller ${}^1/_{1000}\,r_1$; da bliver x = henholdsvis ${}^1/_{10}$ R, ${}^1/_{100}$ R eller ${}^1/_{1000}$ R.

For at faa det nøjagtigste Resultat skal man vælge r og r_1 saaledes, at alle 4 Modstande x, R, r og r_1 blive saa nær som muligt lige store.

I Wheatstones Bro kan man bytte Galvanometer og Batteri om, men man faar det nøjagtigste Resultat, naar Galvanometret forbindes fra det Punkt, hvor de to største af Modstandene støde sammen, til det Punkt, hvor de to mindste Modstande støde sammen.

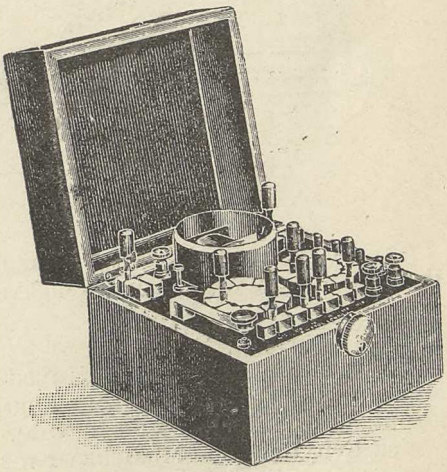


Fig. 33.

I Fig. 33 ses en lille Maalebro, hvor alle Modstande, Tørelementer, Galvanometer og Kontaktnøgler ere monterede i samme Kasse; med denne Bro kan der maales fra 0,1 til 100000 Ω.

En anden Form for en Wheatstones Bro er den saakaldte Traadbro, Fig. 34.

Paa et Brædt er imellem Messingstykkerne M M_1 udspændt en ca. 1 m. lang Nysølvtraad, langs hvilken en

Skyder S kan glide; paa denne findes en Klemmeskrue K samt en Nøgle, ved hvilken der kan bringes Kontakt fra K til det Punkt af Traaden, der er midt udfor Skyderen. Paa en Skala kan aflæses Kontaktpunktets Afstand fra M og M_1. De to Dele, hvori Traaden deles ved S, er her de to Forholdsmodstande; Sammenligningsmodstanden R er ligesom før en almindelig Reostat, men der behøver i dette Tilfælde kun at findes Traadruller paa 1, 10, 100 og 1000 og muligen 10000 Ω. Batteri og Galvanometer ere forbundne som vist paa Figuren.

Maalingen foretages ved at sætte den Modstand i R, som man antager er nærmest af samme Størrelse som x; man flytter derpaa paa Skyderen S, indtil man ikke faar noget Udslag paa Galvanometret, naar man (efter at have sluttet Batteristrømmen) trykker Nøglen ned til Kontakt med Traaden.

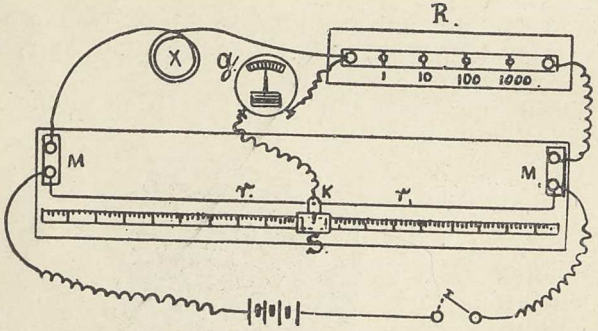


Fig. 34.

Ere de to Længder, hvori Traaden er delt ved Skyderen S, r mm. og r_1 mm., saa vil den søgte Modstand være $x = \frac{r}{r_1}$ Gange R.

Foruden de her viste 2 Hovedformer gives der en stor Mængde Variationer, som dog alle i Hovedtrækkene kunne føres tilbage til de nævnte.

Ved Benyttelsen af Maalebroer maa man saavidt muligt aldrig slutte eller bryde Batteristrømmen, medens Galvanometernøglen er sluttet, da der derved kan opstaa Selvinduktionsfænomener, som kunne skade Galvanometret.

21. **Isolationsmaaling** er jo i Virkeligheden ikke andet end Maaling af store Modstande; man kunde derfor benytte en almindelig Wheatstones Bro til Maalingen. Da denne imidlertid saavidt muligt bør foretages ved

Driftsspændingen (f. Ex. 220 Volt), og da Apparaterne desuden ere ret omstændelige at transportere og stille op, anvendes i Almindelighed andre Metoder, af hvilke et Par skulle nævnes.

Under Forudsætning af, at man kan faa Strøm fra en Stikledning i den Ejendom, hvor en Installation skal prøves, og hvis Stikledningens + Ledning har en Spænding paa ca. 220 Volt over Jorden, kan man benytte et 300 Volts Voltmeter med f. Ex. 60000 Ω's Modstand. S (Fig. 35) antages at være en positiv Ledning fra Elektricitetsværket, Dynamoens anden Pol antages at være sat i Forbindelse med Jorden, L er Ledningen, hvis Isolationsmodstand (f) til Jord søges. Voltmetret V forbindes til S og L; der er da dannet et lukket Strømløb

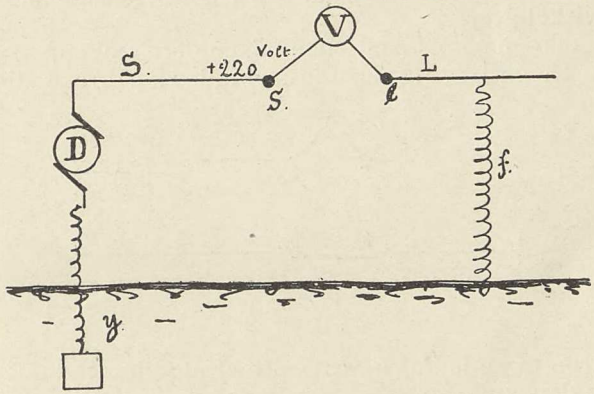


Fig. 35.

fra Dynamoens ene Pol gennem S, V, L, f, Jorden til Dynamoens anden Pol, og der vil gaa en Strøm, som i Følge Ohms Lov bliver i = 220 Volt divideret med den samlede Modstand. Den samlede Modstand vil derfor være w = 220 divideret med i.

Spændingen mellem s og l, som Voltmetret vil vise, bliver e = i × Voltmetrets Modstand = 60000 × i

$$\text{Strømstyrken } i = \frac{\text{Udslaget e}}{60000}$$

Kredsløbets samlede Modstand faas altsaa ved at dividere 220 med $^1/_{60000}$ af Udslaget i Volt, eller $w = \frac{60000 \times 220}{e} = \frac{13200000}{e}$ Ω. Naar man fra den saaledes fundne Modstand trækker Voltmetrets Modstand 60000 Ω,

faas den søgte Isolationsmodstand f, idet Strømkredsens øvrige Modstande ere betydningsløse. Faas saalede f. Ex. 60 Volts Udslag, saa findes heraf $w = \frac{13200000}{60} = 220000\,\Omega$ og $f = 220000 - 60000 = 160000\,\Omega$. Er e = 200 Volt, faas $w = 66000\,\Omega$ og heraf $f = 6000\,\Omega$.

Man kan forøvrigt paa et saadant Voltmeter sætte en Skala, der svarer til en Spænding af 220 Volt, og som direkte angiver Modstanden i Ohm.

Man maa ved en saadan Maaling passe vel paa, at der ikke er nogen Overgang fra s direkte til l, da man i saa Fald faar meget fejlagtige Resultater. Er der f. Ex. en Isolationsmodstand mellem s og l af samme Størrelse som Voltmetrets Modstand, altsaa her 60000 Ω, vil man finde Isolationsmodstanden f dobbelt saa stor, som den virkelig er.

Vil man maale Isolationsmodstanden mellem to Ledninger L_1 og L_2, Fig. 36, saa forbindes L_2 direkte til den

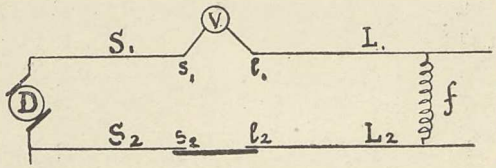


Fig. 36.

ene strømførende Pol, s_2, og Voltmetret sættes ind imellem L_1 og den anden strømførende Pol s_1 (de to Poler s_1 og s_2 forudsættes at have en Spændingsforskel paa 220 Volt).

Kredsløbets samlede Modstand findes nu ligesom før

$$w = \frac{13200000}{e}\ \Omega \text{ og } f = w - 60000\ \Omega.$$

Her er naturligvis det samme at iagtage med Hensyn til mulig Lækage fra s_1 til l_1.

Kan man af en eller anden Grund ikke benytte Driftsspændingen fra Elektricitetsværket — f. Ex. hvis Dynamoens ene Pol ikke er forbunden til en Jordplade —, kan man anvende et Batteri af Tørelementer; skal dette imidlertid være paa 220 Volt, vil det blive ret uhaandterligt og vanskeligt at holde i Orden.

Forskellige Fabrikker har derfor konstrueret en Isolationsprøver, hvor der i samme Kasse findes en lille Haanddynamo, som ved 180 Omdrejninger pr. Minut giver 220 Volt. Da det imidlertid er vanskeligt at holde

denne Hastighed nogenlunde konstant, kan man ikke faa meget nøjagtige Resultater med dette Apparat.

Derimod fabrikerer Evershed & Vignoles og Hartmann & Braun et saakaldet Ohmmeter, hvor der ligeledes benyttes en lille 220 eller 500 Volts Haanddynamo; men her er Ohmmetret saaledes indrettet, at Aflæsningen er praktisk set uafhængig af Dynamoens Spænding og altsaa af Omdrejningshastigheden.

Skemaet for Ohmmetret ses i hosstaaende Figur 37.

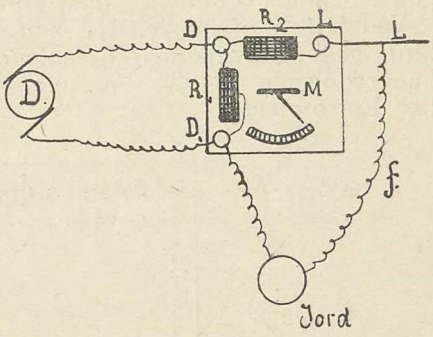


Fig. 37.

Mellem de to Klemmeskruer D D_1 findes en flad Traadrulle R_1 af meget tynd Traad og meget stor Modstand; mellem Klemmeskruerne D og L findes en anden flad Traadrulle R_2 med mindre Modstand i. De to Traadruller staa vinkelrette paa hinanden og ligge forøvrigt med vandrette Axer. I Skæringen mellem R_1 og R_2's Akser er ophængt en Magnetnaal M, som kan svinge frit i et vandret Plan, og til denne Magnet er fastgjort en Viser, der peger paa en inddelt Skala.

Dynamoens Poler forbindes til Klemmeskruerne D D_1, Klemmeskruen L til den Ledning, der skal prøves, og endelig forbindes Klemmeskruen D_1 til et Vandrør eller anden god Jordforbindelse. Drejes Dynamoen rundt, vil en Del, i_1, af Strømmen gaa igennem R_1 og en Del, i_2, igennem R_2, Fejlen f og Jorden til D_1.

Strømmen i Traadrullen R_1 søger at dreje Magnetnaalen ud i Retningen vinkelret paa R_1's Plan, medens Strømmen i R_2 vil søge at dreje Naalen ud vinkelret paa R_2's Plan.

Naalen vil derfor indtage en Hvilestilling imellem en af disse Yderstillinger, og denne Hvilestilling vil kun afhænge af Forholdet mellem de to Strømme i_1 og i_2. Dette Forhold vil imidlertid være uafhængig af Dynamoens Spænding, men kun afhænge af Modstandene r_1, r_2 og f. For enhver Værdi af f vil Naalen altsaa indtage en ganske bestemt Hvilestilling, og det er derfor muligt at inddele Skalaen til direkte at angive den søgte Modstand i Ohm.

Saafremt det ikke anses for nødvendigt at maale

Isolationen ved saa høj Spænding, kan man bekvemt benytte et Apparat, der er skematisk fremstillet i Fig. 38. Fra Klemmeskruen J er et Batteri af Tørelementer B forbundet til et Galvanometer G, der igen er forbundet til Nøglen N, hvorved det kan sættes i Forbindelse enten med Modstanden M paa 10000 Ω eller med den Ledning L, som skal prøves. Den anden Ende af Modstanden er forbundet til Klemmeskruen J, som er sat i god ledende Forbindelse med Jorden.

Ved Hjælp af Nøglen N_1 kan der sættes forskellige Shunter for Galvanometret, saaledes at dettes Følsomhed kan reduceres til $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ eller $^1/_{1000}$ af dets oprindelige Følsomhed.

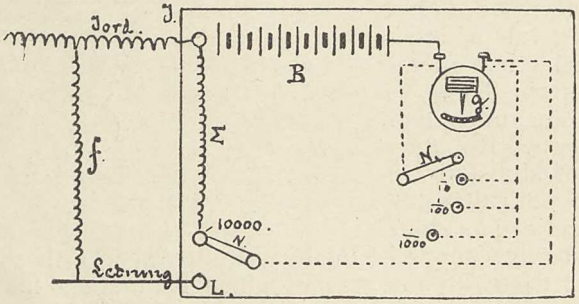


Fig. 38.

Nøglen N_1 drejes ned til $^1/_{1000}$ og Nøglen N stilles paa 10000. Der vil da gaa en Strøm fra J gennem G, N og M til J, og Galvanometret vil slaa ud (g^0). Nøglen N drejes derefter ned til L, og Galvanometrets Følsomhed forøges saa meget som muligt ved Hjælp af Nøglen N_1. Der vil da gaa en Strøm fra J gennem B, G, L, Fejlen f, Jorden og tilbage til J, og Galvanometret vil altsaa atter slaa ud ($g_1{}^0$). Den søgte Isolationsmodstand er da

$$f = \frac{10000 \times 1000 \times g}{g_1} = 10000000 \times \frac{g}{g^1}.$$

Saafremt Galvanometret slaar ud over Skalaen ved den sidste Maaling, maa Følsomheden svækkes til $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ eller maaske $^1/_{1000}$; i saa Fald vil Fejlens Modstand findes af henholdsvis

$$f = 1000000 \frac{g}{g_1},\ f = 100000 \frac{g}{g_1} \text{ eller } f = 10000 \frac{g}{g_1},$$

22. **Elektricitetsmaalere.** Foran Installationerne findes der som Regel en Elektricitetsmaaler, der maa være saaledes indrettet, at den optegner Elektricitesforbruget i Installation.

Maaleren kan f Ex. optegne, hvor mange Ampèretimer der passerer; man har da en Ampèretimemaaler. For af Aflæsningerne at finde Energiforbruget i Watt-Timer maa man multiplicere med Spændingen, altsaa ved et 220 Volts Anlæg med 220.

Er der saaledes i et 220 Volts Anlæg forbrugt f. Ex.:

$^1/_2$	Amp. i	6	Timer =	3 Amp. Timer
2	- -	$^1/_2$	- =	1 —
8	- -	$4^1/_2$	- =	36 —

skal Maaleren vise ..... 40 Amp. Timer

Energiforbruget har været 40 × 220 = 8800 Watttimer = 88 Hektowattimer.

Saafremt Maaleren derimod direkte registrerer Wattforbruget, hvorved altsaa ogsaa tages Hensyn til de smaa Variationer, som altid findes i Spændingen, kaldes Maaleren en Wattimemaaler.

Da Elektricitetsmaalernes Opsætning og Pasning i Kjøbenhavn udelukkende sker ved Belysningsvæsenets Funktionærer, skal der ikke gives nogen detailleret Beskrivelse af Maalerne, men kun nævnes Hovedprinciperne, hvorefter de almindeligst anvendte ere konstruerede.

Pendulmaalere.

Arons Ampèretimemaaler. I en Kasse er der anbragt to Penduluhre, der ere regulerede til nøjagtig at gaa lige hurtigt. Det ene Pendul bestaar af en Staalmagnet, under hvilken der er anbragt en Traadrulle af tyk isoleret Traad, som passeres af den Strøm, der skal maales. Pendulet til venstre (Fig. 39) svinger under Paavirkning af Tyngdekraften alene, medens det til højre, saa snart der gaar Strøm, tillige paavirkes nedad af den under Magneten anbragte Traadrulle, hvorved Pendulet vil svinge hurtigere. Jo stærkere Strøm der gaar igennem Traadrullen, desto større vil Paavirkningen blive, desto hurtigere vil Uhret til højre altsaa gaa, og jo

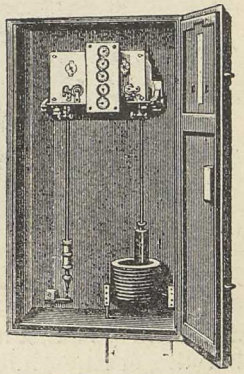


Fig. 39.

længere Tid Strømmen vedvarer, desto mere vil Uhret til højre vinde fra det andet.

Hvis der f. Ex. passerer 1 Ampère i 10 Timer, og hvis 1 Ampère bringer Magnetuhret til at vinde 2 Minutter i Timen, vil Uhret altsaa i denne Tid have vundet 20 Minutter. Saafremt der derimod var gaaet 5 Ampère i 2 Timer, vilde Uhret vinde 10 Minutter i Timen og altsaa i 2 Timer 20 Minutter. I begge Tilfælde har 10 Ampèretimer passeret Maaleren.

Det ses saaledes, at man i den Tid, som Magnetuhret har vundet fra det andet Uhr, har et Maal for det Antal Ampéretimer, der har passeret Maaleren.

Tandhjulsudvekslingerne i de to Uhrværker ere imidlertid saaledes forbundne, at det paa Forsiden viste Tælleværk kun angiver Forskellen i de to Uhres Gang.

Før Opsætningen maa det undersøges, hvor mange Ampèretimer en Delestreg paa Tælleværket betyder (Konstanten), og denne Konstantprøve maa gentages en Gang imellem, da Magneten i Tidens Løb svækkes, hvorved Konstanten jo maa forhøjes. Uhrværkerne maa trækkes op hver 14de Dag, de to Uhre maa holdes nøjagtig ens regulerede, og i det hele kræve disse Maalere megen Pasning.

Arons Wattimemaaler (Fig. 40). I Stedet for en Staalmagnet bestaar her den ene Pendulvægt af en meget fin Traadrulle, som er forbundet til den positive og negative Ledning, og som altsaa passeres af en Strøm, som er proportional med Spændingen mellem den positive og negative Ledning. Naar baade den tynde Rulle (Spændingsrullen) og den svære Rulle (Strømrullen) passeres af Strøm, vil de tiltrække hinanden, og Uhret vil altsaa komme til at gaa hurtigere end det andet Uhr.

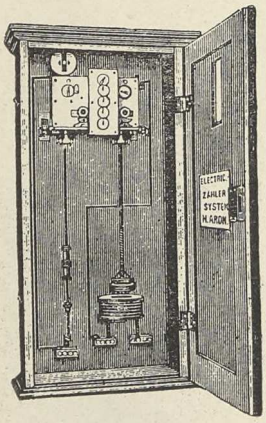


Fig. 40.

Da Uhrets forøgede Hastighed baade vokser jævnt med Spændingen og med Strømstyrken, vil det saaledes registrere Wattforbruget. Selv om der ikke passerer Strøm i Strømrullen, vil der dog altid gaa Strøm igennem Spændingsrullen, hvilket betyder et Energitab, men ved at lægge tilstrækkelig Mod-

stand i Spændingsrullen og den foran samme forbundne Forlagsmodstand kan dette Tab reduceres til meget lidt.

Denne Maaler kræver den samme Grad af Pasning og Regulering som Ampèretimemaaleren, men Konstanten holder sig bedre, da den ikke beror paa Magnetismen i en Staalmagnet. Der maa ikke anbringes Jernmasser i eller tæt ved Maaleren, da de paavirke dennes Gang.

Arons selvregulerende Maaler. Her er saavel Strømrullen som Spændingsrullen delt i to Dele, en for hvert Pendul (Fig. 41 a), men medens Strømmene i det ene Penduls Strøm- og Spændingsrulle gaa i modsat Retning, og altsaa frastøde hinanden, gaa de ved det andet Pendul i samme Retning og tiltrække altsaa hinanden.

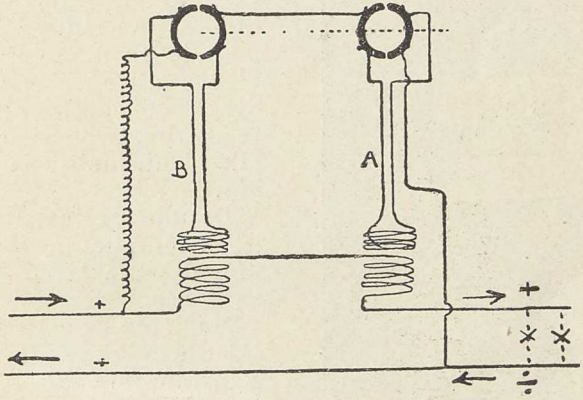


Fig. 41 a.

Gaar der ingen Strøm i Strømrullerne, ville begge Uhre gaa lige hurtigt; gaar der derimod en Strøm, vil f. Ex. Uhret til højre begynde at gaa langsommere, og det andet Uhr lige saa meget hurtigere. Forskellen i de to Uhres Gang vil lige som i den ovennævnte Watttimemaaler være et Maal for den passerede Elektricitetsmængde.

Uhrværket er imidlertid saaledes indrettet, at det for hvert 12te Minut automatisk vender Strømmen i de to Penduler. Derved vil det Uhr, som før vandt, nu komme til at tabe og omvendt, og hvis der ikke var truffen andre Forholdsregler, vilde derfor Viserværket begynde at gaa baglængs. Samtidig med Strømvendingen foretages der imidlertid automatisk i Uhrværket en Udvekslingsforandring, hvorved Viserværkets Omløbsretning bibeholdes konstant.

Ved hele denne Ordning opnaas, at en mindre Fejl i Reguleringen af de to Penduler ingen Indflydelse vil faa. Hvis f. Ex. Pendulet A paa Grund af fejl Regulering gaar hurtigere end B, saalænge der ingen Strøm passerer Maaleren, saa vil Viserværket gaa et bestemt Stykke frem i en Periode imellem to Strømvendinger. I den derpaa følgende Periode vil imidlertid Viserværket gaa ligesaa langt et Stykke tilbage, saaledes at Fejlen ophæves.

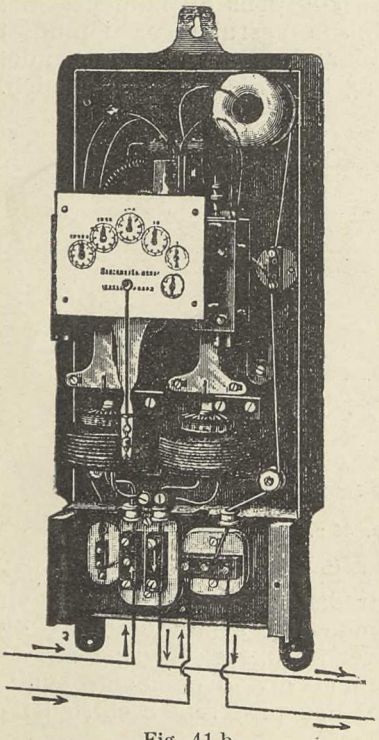


Fig. 41 b.

Passerer der Strøm igennem Maaleren, vil det gaa paa samme Maade, idet Viserværket i den første Periode vil gaa et vist Stykke for meget frem, men i den næste Periode vil gaa lige saa stort et Stykke for lidt frem; Fejlreguleringen er saaledes i alle Tilfælde uskadeliggjort.

Desuden er Maaleren saaledes indrettet, at den automatisk trækkes op hvert 22de Sec.

Maaleren kræver derfor i det hele ikke saa stort et Betjeningsmandskab som den tidligere nævnte Maaler, men til Gengæld er den noget mere indviklet i sin Bygning.

Den automatiske Strømvending, Udvekslingsforandring og Optræk udføres derved, at nogle med Uhrværket følgende Skiver med visse Mellemrum slutte Kontakt for Strømmene i nogle Elektromagneter, hvis Ankere da trækkes til og udføre det ønskede Arbejde.

I Fig. 41 b ses en saadan Maaler med aftaget Hætte.

Motormaalere.

O. K. Maaleren (Fig. 42) er bygget som en lille Magnetmotor (se under Dynamoer og Motorer).

Den Strøm, der skal maales, eller en vis Brøkdel af den, føres igennem Beviklingen af et imellem en stærk permanent Magnets Poler anbragt Anker, paa hvis Aksel der sidder en lille Kommutator med nogle faa — f. Ex. 3 — Lameller. Paa Kommutatoren hviler tynde, fjedrende Børster, igennem hvilke Strømmen føres til den af tynd Traad fremstillede Ankerbevikling.

Ved Indvirkningen af Magnetens Felt paa de strømførende Ankertraade vil Ankeret rotere, og hvis Frik-

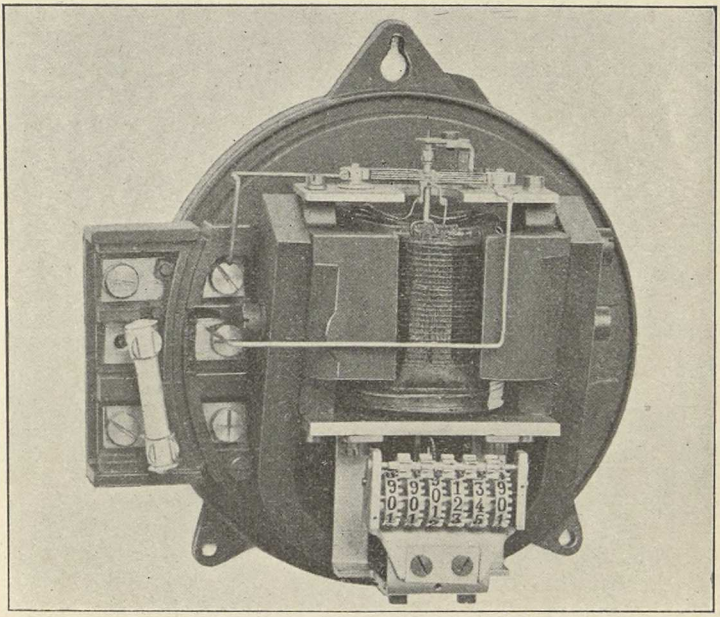


Fig. 42.

tionen i Ankerets Lejer og Børsternes Friktion imod Kommutatoren reduceres til det mindst mulige, vil Omløbshastigheden forholde sig ligefrem som Strømstyrken, der passerer Ankeret.

En paa Ankerets Aksel anbragt Snekke overfører Omdrejningen til et Tælleværk. Ankerets Aksel ender for neden i en Staaltap, der hviler i et Agatleje, eller Tappen ender i en lille Staalskaal, der hviler paa en i en Saphir liggende Staalkugle.

Ved Maalere for mindre Strømstyrker — f. Ex. op til 10 Amp. — kan man lade hele den Strøm, der skal

maales, passere Ankeret, medens man ved Maalere for større Strømstyrke og undertiden ogsaa ved de mindre Maalere kun lader en bestemt Brøkdel af Strømmen passere Ankeret. Ved den sidste Art af Maalere — de saakaldte Sidestrøm-Maalere eller Shunt-Maalere — lader man Hovedstrømmen passere igennem en i Maaleren udspændt eller opviklet forholdsvis tyk, blank Modstandstraad, og Ankeret er da indskudt som Shunt til — i Parallel til — denne Modstandstraad. O. K. Maaleren er simpel i sin Konstruktion, billig i Anskaffelse,

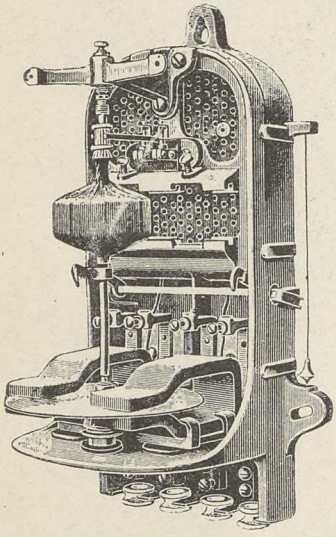


Fig. 42 a.

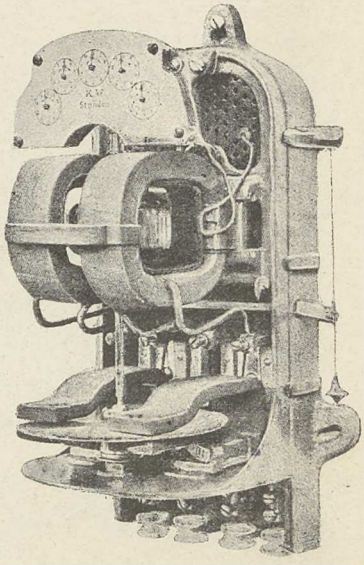


Fig. 42 b.

kræver ikke meget Tilsyn og holder sin Konstant ret godt, hvorfor den finder stor Anvendelse, men den kan ikke tilnærmelsesvis maale sig med Pendulmaalerne i Retning af Følsomhed ved smaa Strømstyrker.

Desuden kan den daarligt taale stærke Kortslutninger uden at Modstandstraaden eller Børsterne brænder over.

Thomsons Watttimemaaler (Fig. 42 a og b) er ligeledes en Motormaaler.

Den Strøm, som skal maales, ledes igennem to Traadruller af tyk Traad, hver Rulle paa sin Side af Ankeret. Hovedstrømmen vil derved danne det magnetiske Felt, som i Styrke bliver proportionalt med Strømstyrken. Ankeret er viklet af meget tynd Traad, og dets Børster

ere forbundne med den positive og negative Ledning, saaledes at Strømmen i Ankeret bliver proportional med Spændingen mellem + og ÷ Ledningen. Ankeret vil nu blive paavirket til Drejning af en Kraft, som er proportional baade med Feltets Intensitet og med Ankerstrømmen, d. v. s. baade med Hovedstrømmen og med Spændingen eller med det igennem Maaleren passerede Antal Watt.

Under Ankeret er der paa dettes Aksel anbragt en tynd Kobberskive, som drejer sig mellem Polerne af to Hesteskomagneter. Derved vil der under Ankerets Drejning opstaa Hvirvelstrømme, som ville søge at hæmme Bevægelsen. Den Kraft, hvormed saadanne Hvirvelstrømme bræmse Kobberskiven, er proportional med Omdrejningshastigheden.

Naar Maaleren for en vis Belastning har naaet den dertil svarende Omløbshastighed, vil der (bortset fra Friktionen) være Ligevægt mellem den bræmsende Kraft og den fremdrivende Kraft. Da som ovenfor nævnt den bræmsende Kraft er proportional med Omdrejningshastigheden og lig med den fremdrivende Kraft, som er proportional med det passerende Antal Watt, vil Omdrejningshastigheden blive proportional med det passerende Antal Watt.

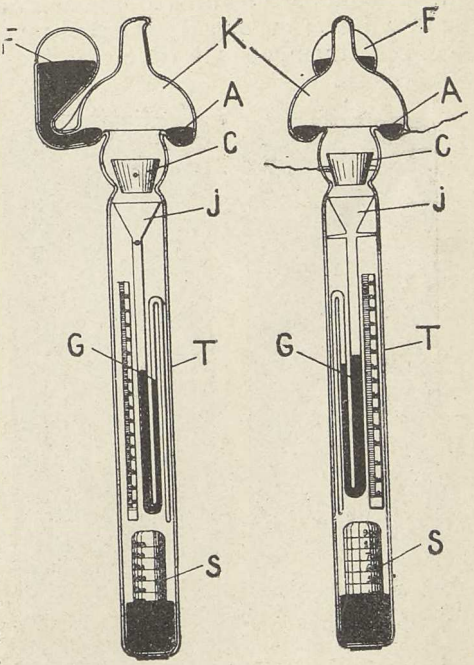


Fig. 43 a.

Der maa ikke anbringes Jernmasser indeni eller tæt op ad denne Maaler, da de ville paavirke dens Gang.

Denne Maalertype har fundet udstrakt Anvendelse her i Kjøbenhavn; dens væsenligste Mangler ere, at den ikke registrerer helt nøjagtigt ved smaa Belastninger

samt at der til Ankerstrømmen, som jo er sluttet hele Døgnet, forbruges forholdsvis megen Energi.

Elektrolytiske Maalere.

Wrights Maaler (Fig. 43 a og b). I en stærk Jernkasse findes en lukket Glasbeholder, der i Hovedtrækkene bestaar af en øvre Kuppel K, der nedad forløber til et tykt Rør T.

Kuplen K danner i Bunden en ringformet Beholder A, indenfor hvis Rand der findes en amalgameret Platintragt C.

Hvis man fylder Ringen A med Kvægsølv og derefter fylder Resten af Glasbeholderen med en Kvægsølvsalt-Opløsning og endelig lader en elektrisk Strøm passere fra Kvægsølvet igennem Opløsningen til Platintragten, da vil der i Følge det i § 13 nævnte vedrørende Strømmens kemiske Virkning opløses Kvægsølv ved A og afsættes lige saa meget Kvægsølv ved C. Den udskilte Kvægsølvmængde vil være direkte Maal for den Elektricitetsmængde, der har passeret. Kvægsølvet falder efterhaanden fra Platintragten ned i Glastragten J, som forneden ender i et tyndt hævertformet Rør G.

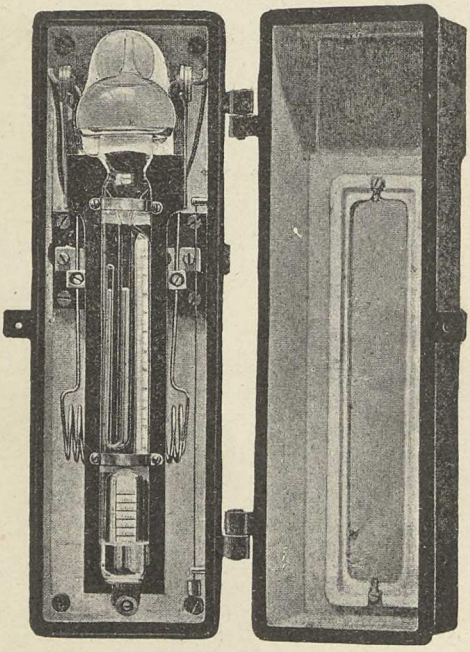


Fig. 43 b.

Kvægsølvsøjlens Højde i dette Rør angiver da paa den ved Siden anbragte Skala, hvor stor en Elektricitetsmængde der har passeret Maaleren.

Naar Kvægsølvsøjlen naar op til Skalaens Top, vil Hævertvirkningen trække alt det i Hævertrøret samlede

Kvægsølv ned i Bunden af det svære Rør, og her findes da atter en Skala S, der angiver, hvor mange Gange Hævertrøret er tømt

Har Hævertrørets Skala saaledes f. Ex. 100 Delestreger, da vil den nedre Skalas enkelte Streger hver betyde 100.

Efterhaanden som Kvægsølvet ved A opløses, erstattes det ved Efterfyldning fra Fødebeholderen F. Dennes Munding i A befinder sig netop i en saadan Højde, at Kvægsølvet i Ringen stadig vil staa i et Niveau, der er lidt lavere end Ringens indvendige Rand.

Efterhaanden som Kvægsølvet tømmes ud af Fødebeholderen F, vil denne fyldes med Kvægsølvsaltopløsningen.

Naar Maaleren er løbet ud ɔ: naar Kvægsølvet i den nedre Beholder staar ved Skalaens Top, vendes der op og ned paa Beholderen, saaledes, at Kvægsølvet igen løber op i Fødebeholderen, hvorefter Maaleren kan registrere forfra.

For at man bekvemt skal kunne vende op og ned paa Beholderen, naar Maaleren er udløbet, er Glasbeholderen ophængt ved Hjælp af to foroven anbragte Hængsler.

Da den ovenfor beskrevne elektrolytiske Celle kun kan maale ved Strømstyrker op til ca. $^1/_{20}$ Amp., indskydes den i Shunten til en Hovedstrømsmodstand, saaledes at kun en Brøkdel af Strømmen passerer Cellen.

Ved en 10 Ampères Maaler anbringes saaledes i Jernkassen en Hovedstrømsmodstand paa f. Eks. 0,1 Ohm og en Shuntmodstand — incl. Cellen — paa 20 Ohm; da vil kun $^1/_{200}$ af Hovedstrømmen passere Cellen.

Elektriske Maskiner og Akkumulatorer.

23. **Dynamoer.** Medens man for kun faa Aar siden udelukkende var henvist til at benytte galvaniske Elementer som Strømkilde, saa benytter man sig i vore Dage, saasnart der er Tale om at frembringe blot nogenlunde stærke Strømme og Spændinger, af elektriske Maskiner. Disse bestaa i det væsentlige af en eller flere Magneter, gennem hvis Felt eller Felter man ved Maskinkraft drejer et System af Ledere (Ankeret), og den derved i Lederne opstaaende elektromotoriske Kraft benyttes til den forønskede Strømproduktion. I de første elektriske Maskiner anvendtes altid permanente Staalmagneter; senere gik man over til Elektromagneter, der fik Strøm fra Elementer eller en mindre elektrisk Maskine med permanente Magneter, men nu til Dags

tager man ved Jævnstrømsmaskiner Magnetiseringsstrømmen fra selve Maskinen. Denne kaldes i saa Fald for en dynamoelektrisk Maskine eller kortere en Dynamo.

De Ankere, der benyttes ved Dynamoer til ensrettet Strøm, konstrueres paa flere forskellige Maader; her skal kun behandles de saakaldte Ringankere og Trommelankere, idet disse ere de almindeligst brugte.

Ringankeret bestaar af en Jernring, om hvilken der er viklet en i sig selv tilbageløbende isoleret Kobbertraad. Vi ville undersøge, hvorledes et saadant Anker forholder sig, naar det drejes rundt i et stærkt magnetisk Felt, f. Ex. mellem Polerne af en Elektromagnet, som vist i Fig. 44. Kraftlinierne ville gaa fra Magnetens Nordpol til dens Sydpol og ville passere Ankerringen som vist i Figuren. Drejes Ankeret derfor rundt i Pilens Retning, ville alle de udvendige Traade bevæges gennem Feltet, saaledes at de overskære Kraftlinierne, og der vil da ifølge det i Stykke 16 viste induceres elektromotoriske Kræfter i Traadene. De smaa paa Tegningen anbragte Pile angive de elektromotoriske Kræfters Retninger. Den punkterede Linie AB, der halverer Magnetfeltet, kaldes den neutrale Linie, og man vil se, at paa den ene Side af denne Linie have de elektromotoriske Kræfter alle en bestemt Retning, medens de paa den anden Side af den neutrale Linie alle gaa i modsat Retning. Alle de inducerede elektromotoriske Kræfter ville altsaa søge at forhøje Potentialet henimod a (se Fig. 44) og sænke det henimod b. Ved a og b findes derfor de to Punkter af Kobbertraaden, der, naar Ringen drejes rundt, faar størst Potentialforskel, altsaa de to Punkter, mellem hvilke Spændingen er størst. Man kan

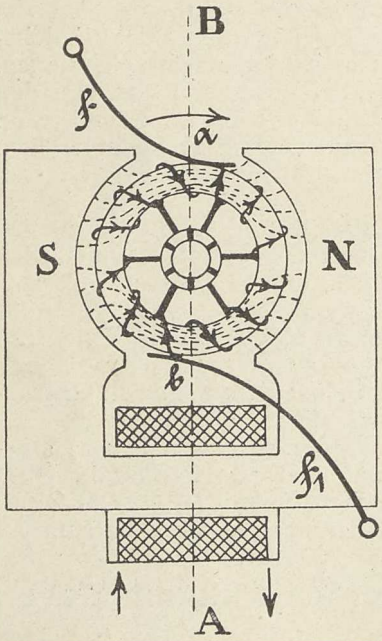


Fig. 44.

tage Strøm fra dette i Bevægelse værende Anker, hvis man afskraber Traadenes Isolation paa Ankerets udvendige Side (dog saaledes at Isolationen mellem Traadene indbyrdes ikke forstyrres) og under Omdrejningen lader to Fjedre, f og f_1, gnide paa de blottede Traade, bedst i Nærheden af Punkterne a og b, da Spændingen som sagt her er størst.

Vi have altsaa her i Fig. 44 en skematisk Fremstilling af en elektrisk Maskine med Ringanker. Strømmen i hver Ankerhalvdel er lig Halvdelen af den samlede Ankerstrøm.

Trommelankeret bestaar af en Jerntromle, om hvilken der er viklet en i sig selv tilbageløbende isoleret Kobbertraad. Lad os tænke os, at vi se lige ind paa en Tromle, der paa sin Overflade skal have 16 Traade (Fig. 45). Viklingen udføres da paa følgende Maade: Vi gaa ud fra Punkt 1 paa den mod os vendende Endeflade, følge en af Tromlens Frembringere (en Linie paa Tromlens Overflade parallel med Tromlens Axe) indtil vi naa den anden Endeflade, her følge vi den punkterede Linie 1—1', bøje om og følge atter en Frembringer, indtil den forreste Flade er naaet; her følges Linien 1'—2 og saaledes videre, som vist paa Figuren, hvorved vi efterhaanden naa tilbage til 1. Dreje vi Tromlen med Beviklingen rundt i Feltet fra Magneten N—S i den ved Pilen angivne Retning, faa vi induceret elektromotoriske Kræfter i de i Figuren angivne Retninger. Et Kryds betyder, at Retningen gaar fra os, en Prik, at den gaar imod os, forøvrigt er der som sædvanligt anvendt Pile. Det ses, at ogsaa her findes der to Punkter a og b, ved hvilke Spændingen er størst, og det gælder da ogsaa her om at aftage Strømmen i Nærheden af disse Punkter ved Hjælp af Fjedre. I Virkeligheden lader man som Regel ikke Fjedre gnide paa selve Ankertraaden, men baade ved Ring- og Trommelankere bygges en saakaldet Kollektor eller Kommutator, der bestaar af blanke Metallameller, isolerede fra

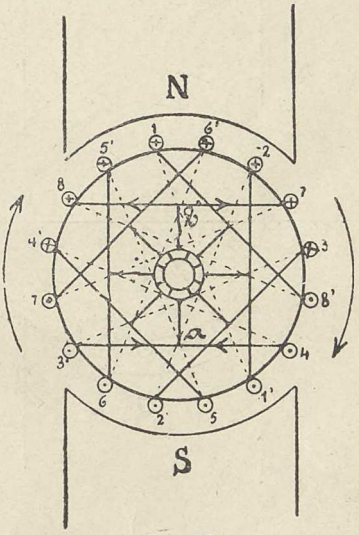


Fig. 45.

hinanden ved Glimmer, Luft eller en anden Isolator og anbragte omkring Ankerets Aksel, fra hvilken de ogsaa ere isolerede. Til disse Lameller forbindes da (se Fig. 44 og 45) de Punkter af Ankertraaden, man ønsker berørte af Fjedrene. Disse kaldes sædvanligt Koste eller Børster. De to ligeoverfor hinanden liggende Punkter, fra hvilke man tager Strømmen, flytte sig imidlertid, eftersom der aftages mer eller mindre Strøm. Dette har sin Grund i, at det magnetiske Felt drejer sig under Indflydelse af de Strømme, der passere Ankerets Vindinger. Betragte vi Fig. 46, og antage vi, at der tages Strøm fra Ankeret, da se vi, at Strømmene i den øverste Halvdel af Ankeret flyde fra os, i den nederste Halvdel mod os. Heraf vil følge, at Strømmene søge at danne et Felt, antydet ved Pilen M, gaaende vinkelret paa det Felt, Maskinens Elektromagnet søger at fremkalde, og som er antydet ved Pilen H. De to Felter sætte sig sammen til et Felt, der har Retningen R, det vil sige: Maskinens magnetiske Felt drejer sig et Stykke i samme Retning, som Ankeret drejer sig. Staa Børsterne i den rigtige Stilling for strømløs Maskine, maa de altsaa, saa snart man tager Strøm fra Maskinen, drejes efter i samme Retning som Ankeret drejer sig, og mere og mere eftersom Strømmen vokser. Den rigtige Stilling findes meget let, idet Gnistdannelsen mellem Børster og Kommutator i denne Stilling bliver et Minimum. Børsterne skulle, medens de forskydes, stadig sidde diametralt overfor hinanden, de anbringes derfor paa et fælles Stativ, der ved Hjælp af et Haandgreb kan drejes i Forhold til Kommutatoren, og som sidder fast paa Maskinens Stel.

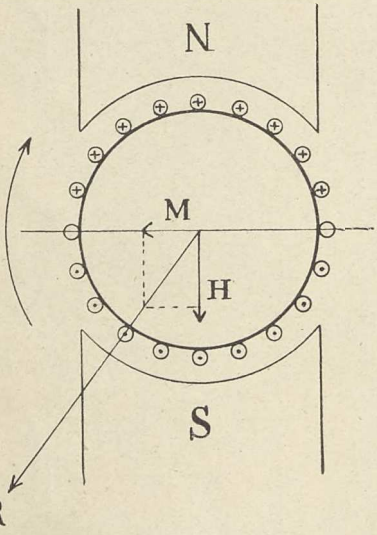


Fig. 46.

Naar den rigtige Stilling er naaet, ere Børsterne som Regel kommet endnu længere frem, end den omtalte Drejning af Feltet vilde kræve. At Gnistdannelsen skal

holde op, kræver nemlig yderligere et Stykke. Gnistdannelsen er en Følge af Selvinduktionen i Ankervindingerne. Lad os betragte Spolen A_2 af de tre Spoler A_1, A_2, A_3 i tre forskellige Stillinger under Ankerets Omdrejning, Fig. 47. I Stilling 1) gennemløbes Spolen af Strøm, i Stilling 2) kortsluttes den af Børsten, hvorved

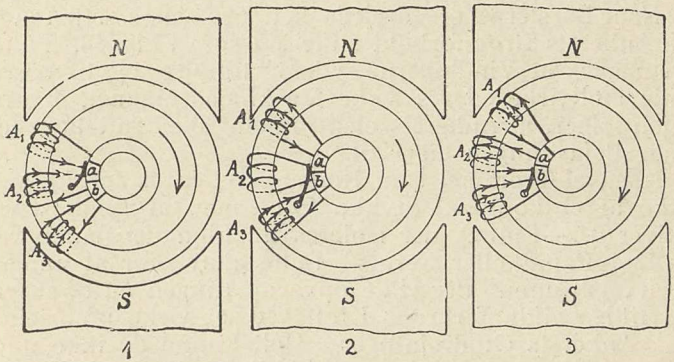


Fig. 47.

den skydes ud af Ankerets Strømløb. Strømmen holder altsaa pludselig op, og der opstaar en selvinduceret elektromotorisk Kraft i samme Retning, som Strømmen gik. Da Ankeret løber hurtigt rundt, har det i den korte Tid drejet sig saa langt som til Stilling 3), hvor Kommutatorlamellen a netop forlader Børsten, hvorved den Strøm, der paa Grund af Selvinduktionen er opstaaet i A_2, afbrydes, og hvis Selvinduktionen er tilstrækkelig stor, f. Eks. hvis Spolen har mange Vindinger, saa vil der springe en Gnist over mellem a og Børsten. Det vil ses, at et Øjeblik efter træder A_2 ind i et Felt, der vil inducere elektromotorisk Kraft i modsat Retning af Selvinduktionens,

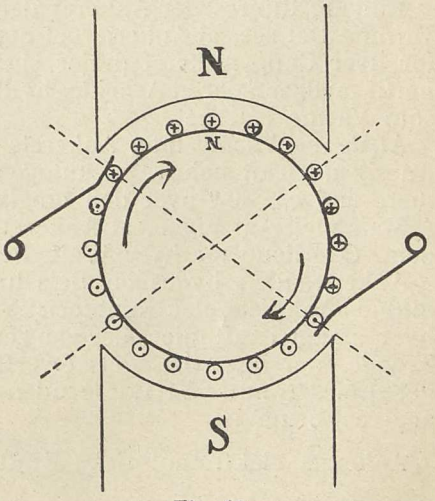


Fig. 48.

og ved at forskyde Børsten lidt, altsaa ved at forskyde det Punkt, hvor Spolen igen skydes ind i Strømkredsen, kan man finde et Sted, hvor Feltets Induktion netop ophæver Selvinduktionen, hvorved Gnisten undgaas. At man søger at undgaa Gnister har sin Grund i, at de dels foraarsage et Krafttab, dels beskadige Maskinen, saavel ved at varme som ved at ødelægge Kommutatoren.

Naar Børsterne ere drejede hen paa deres rette Plads, vil Ankerets Strømforhold stille sig som i Fig. 48, hvoraf fremgaar, at Vindingerne yderst tilhøjre og tilvenstre ville modvirke eller svække Maskinens Magnet, hvoraf igjen følger, at Ankerets elektromotoriske Kraft tager af, naar Belastningen tager til.

I saavel Trommel som Ringankeret laves Jernkærnen ikke af et kompakt Stykke Jern, men af tynde Jernskiver (0,5—1 mm.), der isoleres fra hinanden enten ved et Lag Papir eller Fernis. Dette gjøres for at undgaa Hvirvelstrømme, der vilde opvarme Ringen altfor stærkt og tillige vilde forbruge Kraft ved at virke bremsende paa Ankerets Omdrejninger. Helt kunne de ikke undgaas, og der tilføres derved altid Ankeret nogen Varme. Endvidere tilføres der Ankeret Varme ved selve Ankerstrømmen, nemlig Varmemængden $0{,}24 \cdot i_a^{\,2} \cdot W_a$, naar i_a er den hele Ankerstrøm og W_a den samlede Ankermodstand fra Kost til Kost.

Endelig tilføres der Ankeret den saakaldte Hysteresisvarme. Det ses, at Ankerjernet ommagnetiseres to Gange for hver Gang Ankeret drejer sig én Gang rundt, men hertil medgaar der et Arbejde, hvilket giver sig til Kjende som Varme i Jernet.

Al denne Varme maa Ankerets Overflade kunne give fra sig uden at behøve at antage en Temperatur, der er mere end ca. 40 ° over den omgivende Temperatur.

Man plejer at regne, at Ankeret maa have mindst 10 qcm. Overflade for hver Watt, beregnet af $i_a^{\,2} \cdot W_a$.

Ankertraaden bydes en Belastning af 2—7 Amp. pr. qmm. Ankerets elektromotoriske Kraft er afhængig af hvor mange Kraftlinier, der gaa gennem det, hvor mange Traade, der ligge paa dets Overflade, og hvor hurtigt, det drejes rundt. Vi skulle uden nærmere Kommentar angive Formlen

$$\text{Ankerets elektromotoriske Kraft} = \frac{N_0 \cdot n \cdot z}{100000000} \text{Volt.}$$

Her betyder N_0 Antallet af Kraftlinier, der passere Ankeret, n Antallet af Ankerets Omdrejninger pr. sec., og z Antallet af Ankerets virksomme Traade.

Ankerets Jernplader trykkes sammen af tykkere Endeplader eller Skiver, der enten holdes sammen ved Bolte, der gaa isolerede gennem Ankerpladerne, eller ogsaa skrues paa et paa Maskinens Aksel anbragt Gevind, hvor de fastholdes med Kontramøtrik eller med Kiler. Den færdig sammensatte Jernkærne afdrejes derpaa og omvikles med Isolerbændel og deslige forinden Ankertraaden anbringes. Denne er i Regelen isoleret med 2 à 3 Lag Bomuldsomspinding. Skal Maskinen anvendes til højere Spændinger end 500 Volt, maa der anvendes bedre Isolation.

I Stedet for at opvikle Ankertraaden paa Ankerets Overflade kan man lægge den ned i Noter eller endog i Huller i Ankeret. Ankeret kaldes da henholdsvis Not- eller Hulanker.

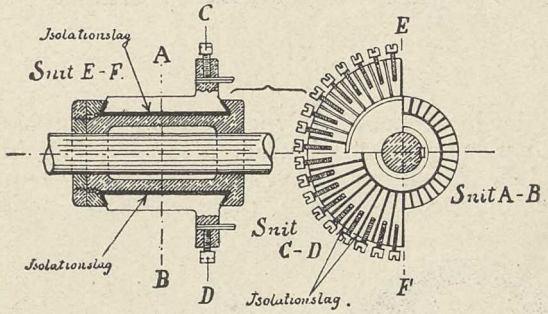


Fig. 49.

Kommutatorlamellerne ere nu til Dags som Regel af haardtrukket Kobber. Fig. 49 viser den almindeligste Konstruktion af en Kommutator.

De enkelte Lameller ere isolerede fra hinanden og fra Underlaget ved Glimmer, Presspan eller Vulkanfiber. Glimmer er bedst.

Traadene fra Ankeret forbindes til Kommutatorens Lameller enten som i Fig. 49 ved Hjælp af Skruer eller ved Lodning. Kommutatoren maa bygges rigelig stor i alle Retninger. Den maa kunne taale at drejes af flere Gange, uden at den bliver for lille til at føre Strømmen, d. v. s. Lamellernes radiale Højde maa være stor. Længden gjøres ikke under 40 mm. Ved større Maskiner regnes 30 mm. for hver 100 Ampère, der aftages gennem Lamellen.

Børsterne laves i forskellige Former og Konstruktioner. Der anvendes til Børsterne Kobbergaze, Kobbertraade,

tynde Kobberblade samt i de senere Aar meget Kul. Kulbørster angribe ikke Kommutatoren meget og gnistre i Reglen mindre end Børster af Kobber. Børsternes Udseende forudsættes almindelig bekendt.

Dynamomaskinernes Elektromagneter (Magnetstel) bygges som Regel af Støbejern eller blødt Støbestaal; de have i Aarenes Løb haft utallige Former. Fig. 50 - 52

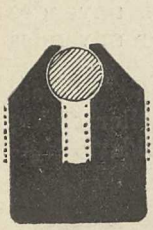


Fig. 50.

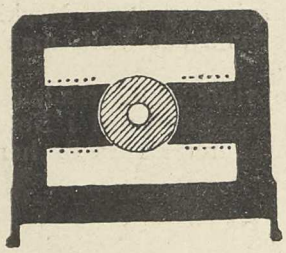


Fig. 51.

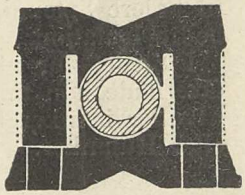


Fig. 52.

angive de mest kendte Typer for topolede Maskiner. For Tiden laves flest Maskiner af Typen Fig. 51.

Topolede Maskiner blive efterhaanden, som man kommer op med Størrelsen, mere og mere klodsede og

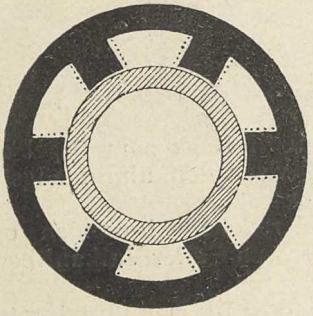


Fig. 53 a.

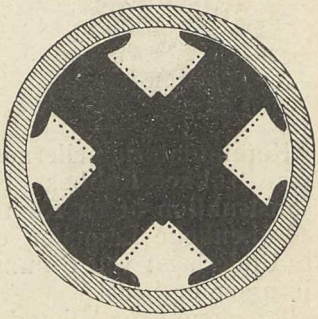


Fig. 53 b.

ville tilsidst indeholde uforholdsmæssig meget Jern; man bygger derfor større Maskiner flerpolede. Fig. 53 a og b viser de to Typer af flerpolede Stel, der bruges mest, b viser Stellet af en saakaldet Indenpolsmaskine Ankeret drejer sig udenom Magnetpolerne, og Ankertraadene paa den udvendige Side kunne tillige tjene som Kommutatorlameller. Fig. 54 viser en Indenpolsmaskine fra Siemens & Halske, Berlin.

Ankrene der anvendes i flerpolede Maskiner, vikles i Grundtrækkene efter de samme Principer som de allerede omtalte Trommel- og Ringankre; det vil dog her

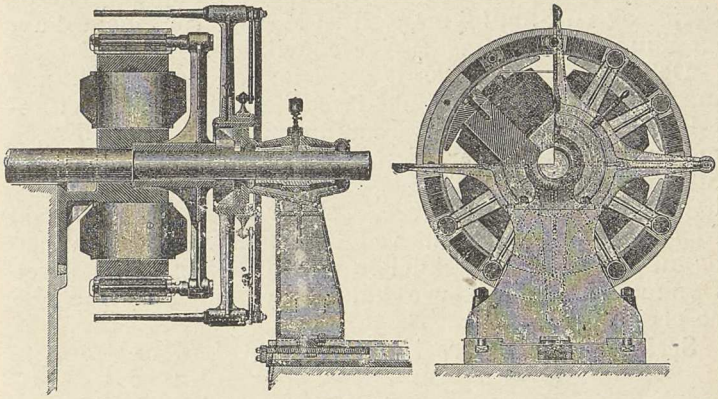


Fig. 54.

føre for vidt at komme nærmere ind paa de mange forskellige Viklingsskemaer for saadanne Ankere.

Ved Dynamomaskinerne benyttes som allerede omtalt Maskinens egen Strøm til at føde Magneterne. Dette kan ske paa flere Maader, og efter Maaden, hvorpaa det sker, inddeles Dynamoerne i Seriedynamoer, Shuntdynamoer og Kompounddynamoer.

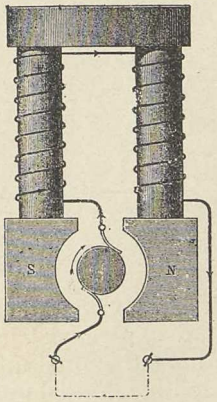


Fig. 55.

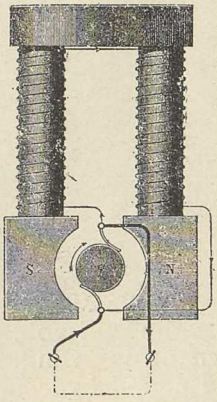


Fig. 56.

Ved Seriedynamoen føres af den Strøm, Ankeret afgiver, omkring Maneterne. Magnetbeviklingen bestaar derfor her af faa Vindinger af tyk Kobbertraad. Strømskemaet bliver som Fig. 55 viser.

Ved Shuntdynamoen føres kun en Del af Ankerstrømmen omkring Magneterne, idet Enderne af Magnetbeviklingen ere satte i Forbindelse med Shuntdynamoens to

Poler. Magnetbeviklingen har derfor ved disse Maskiner mange Vindinger og bestaar af tynd Kobbertraad. Shuntdynamoens Strømskema ses af Fig. 56.

Kompounddynamoen er egentlig en Blanding af en Serie- og en Shuntdynamo, idet Magneterne baade have en Shuntbevikling og en Seriebevikling.

Det er af særlig Interesse ved de forskellige Dynamomaskiner at kende Forholdet ved konstant Omdrejningstal mellem Maskinernes Klemmespænding (Spændingen mellem de Klemmer, fra hvilke Strømmen tages) og Strømstyrken i den ydre Strømkreds (den Strømkreds, hvor Strømmen udnyttes). Man plejer sædvanlig at fremstille dette Forhold ved Hjælp af Kurver, da saadanne ere mere overskuelige end Tabeller. Den til en Dynamo hørende Kurve kaldes Dynamoens ydre Karakteristik.

Seriedynamoens ydre Karakteristik. Lad os tegne to Linier vinkelrette paa hinanden, 0 A og 0 B, Fig. 57, og vedtage, at den paa 0 A afsatte Maalestok skal være Maalestok i Ampère for Strømstyrken i den ydre Strømkreds, altsaa her, hvor det drejer sig om en Seriemaskine, for Strømstyrken i al Almindelighed, samt at den paa 0 B afsatte Maalestok skal være Maalestok for Klemmespændingen i Volt. Lad os dernæst tænke os, at vi holde Dynamoens Omdrejningstal konstant, og at vi derpaa, ved at indskyde forskellige Modstande i Strømkredsen, faa Maskinen til at afgive forskellige Strømstyrker, hvilke vi maale tillige med de tilhørende Klemmespændinger. Vi antage, at vi, naar Maskinen giver 1 Amp., maale en Klemmespænding af 35 Volt,

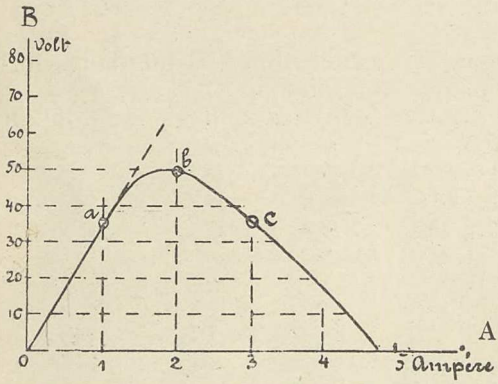


Fig. 57.

at 2 Ampère giver 50 Volt
3 — — 35 - o. s. v.

Vi kunne da repræsentere disse sammenhørende Vær-

dier af Ampère og Volt ved Punkterne a, b og c, der ligge respektiv 1, 2 og 3 (efter Ampèremaalestokken) og 35, 50 og 35 (efter Voltmaalestokken) fjærnede fra henholdsvis Linien 0 B og 0 A.

Dersom vi efterhaanden bestemme flere og flere sammenhørende Værdier af Volt og Ampère og afsætte de tilsvarende Punkter paa den nysnævnte Maade, saa faa vi tilsidst saa mange Punkter, at de blive til den i Figuren tegnede Kurve. Denne Kurve er da i Følge den Maade, paa hvilken den er blevet til, Seriemaskinens ydre Karakteristisk. Dersom Strømstyrken er Nul paa Grund af, at Strømkredsen er brudt (hvad atter vil sige, at Modstanden i Strømkredsen er uendelig stor), saa er der ingen Spænding ved Maskinens Klemmer, thi uden Strøm er Maskinen uden Magnetfelt. Dette viser Kurven ved, at den gaar gennem Maalestokkens Nulpunkt. Egentlig talt gaar Kurven ikke nøjagtigt gennem Nulpunktet, thi i Praksis vil der altid, naar Maskinen overhovedet har været benyttet, være nogen Remanens tilbage i Magnetstellet, saaledes at der for aaben Strømkreds alligevel er en Smule Spænding. Denne Remanens er af stor praktisk Betydning, thi var den der ikke, da kunde Maskinen ikke arbejde sig selv op.

Lad os antage, at vi herefter lader Modstanden aftage ganske jævnt. Vi faa da til en Begyndelse ingen nævneværdig Stigen i Strømmen; først naar Modstanden er kommet ned under en vis bestemt Størrelse, den saakaldte kritiske Modstand, arbejder Maskinen sig pludselig op til et Punkt af Kurven forbi Punktet a, det Punkt hvor Kurven holder op at være en ret Linie.

Gøres Modstanden i Strømkredsen herefter endnu mindre, vokser Spændingen og Strømstyrken, indtil et vist Punkt, b, er naaet, hvorefter Spændingen falder, medens Strømstyrken stadig vokser. Dette har sin Forklaring derigennem, at Magnetjernet praktisk talt er blevet mættet med Magnetisme, den forøgede Strømstyrke giver altsaa ikke stærkere Magnetfelt, og de tidligere omtalte Tilbagevirkninger fra Ankeret samt Spændingstabet i Anker- og Magnetbeviklingen gøre sig da stærkt gældende med den voksende Strøm. Det ses, at Spændingen mellem Klemmerne tilsidst bliver Nul, og at den dertil svarende Strømstyrke i det foreliggende Tilfælde er ca. 4,7 Amp. Denne Strømstyrke kan altsaa naas ved at slutte Klemmerne kort. Strømmen flyder i saa Fald udelukkende i selve Maskinen gennem Ankeret og Magnetbeviklingen. 4,7 Amp. er altsaa det meste

man ved det her brugte Omdrejningstal kan faa denne Maskine til at præstere. Men vi faa ingen Nyttestrøm ud af Maskinen. Hvis Maskinen er bygget saaledes, at den kan taale de 4,7 Amp., saa vil man altsaa ikke behøve at frygte for, at Kortslutninger paa Anlæget skulle kunne ødelægge Maskinen. I Praksis vil en Seriemaskine sædvanligt ikke være bygget saaledes, at den kan taale at kortsluttes.

Seriemaskinen benyttes i Reglen til Strømstyrker, der ligge ved Kurvens højeste Punkt og paa den Side, der vender mod A. Da Spændingen varierer stærkt for Variationer i Belastningen, søger man at holde Strømstyrken konstant ved at indskyde eller udskyde Hjælpemodstande i Parallel med Nyttemodstandene, alt eftersom der udskydes eller indskydes elektriske Brugsgenstande (f. Ex. Buelamper) Da de indskudte Modstande forbruge samme Energimængde som de Brugsgenstande, de skulle erstatte, ere Seriemaskiner ikke økonomiske naar det ikke netop drejer sig om at levere konstante Strømstyrker f. Ex. til Gadebelysning med Buelamper i Serie. Til Ladning af Akkumulatorbatterier ere de praktisk set uanvendelige.

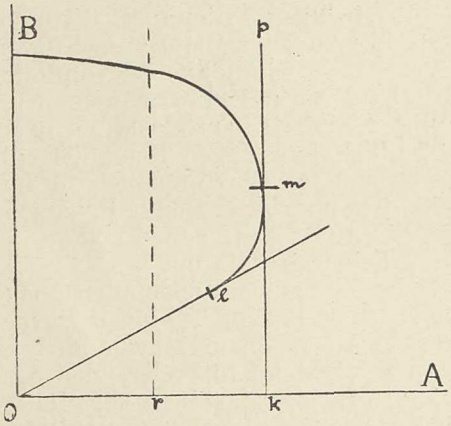


Fig. 58.

Shuntdynamoens ydre Karakteristik er fremstillet i hosstaaende Kurve, Fig. 58.

Strømstyrken kan her blive Nul paa to Maader.

1) Strømkredsen er brudt eller Modstanden mellem Klemmerne uendelig stor. Spændingen har da sin højeste Værdi, idet kun Magnetiseringsstrømmen gaar gennem Ankeret, hvorfor Spændingstabet i dette og dets Tilbagevirkninger paa Feltet ere meget smaa.

2) Klemmerne kortsluttede. Feltet bliver Nul (bortset fra Remanensen, der naturligvis ogsaa her spiller en Rolle, naar Maskinen skal oparbejde sig selv) derved, at der ingen Magnetiseringsstrøm gaar.

Gaa vi ud fra Tilfælde 1): Modstanden mellem Klemmerne uendelig stor, og gøre vi efterhaanden og jævnt Modstanden mindre og mindre, vil de sammenhørende Spændinger og Strømstyrker følge Kurven. Til en Begyndelse vil altsaa Strømstyrken vokse og Spændingen falde. Ved en ganske bestemt Modstand antager Strømstyrken en Værdi, repræsenteret ved Linien 0 k, og Spændingen en dertil hørende Værdi, repræsenteret ved k m, og gøre vi nu Modstanden endnu mindre, da vil ikke blot Spændingen men ogsaa Strømstyrken tage af, og gør vi Modstanden saa lille, at vi overskride Punktet l, da vil Strøm og Spænding hurtig forsvinde, følgende det sidste Stykke af Kurven, der omtrent er en ret Linie.

Shuntdynamoen benyttes til Strømstyrker fra Nul til r, idet man ved at benytte tilstrækkelig store Nyttemodstande holder sig paa den øverste Del af Kurven. Den egner sig fortrinlig til al mulig Anvendelse, men kræver at reguleres efter Belastningen. Denne Regulering foregaar yderst let og simpelt, derved at man i Magnetkredsløbet (i Shunten) indskyder en regulerbar Modstand (Regulermodstand). Falder Spændingen paa Grund af, at Belastningen stiger, saa udskyder man Modstand af Shunten; herved stiger Magnetiseringsstrømmen og dermed Feltintensiteten, hvoraf atter resulterer, at Spændingen stiger.

Da det imidlertid under givne Omstændigheder kunde være bekvemt at have en Dynamo, der praktisk set holdt sin Spænding konstant under varierende Belastninger, saa har man konstrueret

Kompounddynamoen, der, som allerede nævnt, egentlig kun er en Blanding af en Serie- og en Shuntmaskine, idet Magnetbeviklingen bestaar dels af Vindinger, gennem hvilke Hovedstrømmen gaar, dels af Vindinger, gennem hvilke der gaar en Strøm, der tages som Shunt fra Maskinens Klemmer.

Saasnart der gaar Strøm i det ydre Kredsløb, saa vil denne passere Magnetens Hovedstrømsvindinger og derved forstærke Feltet, saaledes at Spændingen holdes oppe. Ved rigtig Beregning og Konstruktion af Kompounddynamoen kan den bringes til at holde Spændingen saa nær konstant, at den fra Nul til fuld Belastning kun varierer 2 à 3 %.

Den ideale Kompounddynamos ydre Karakteristik er altsaa paa Stykket fra Nul til fuld Belastning, en ret Linie parallel med Maalestokken 0 A.

Dynamomaskinernes Nyttevirkning. Vi have i Stykket

16 set, at den Strøm, der induceres, derved at en Leder drages gennem et magnetisk Felt, virker hæmmende paa Bevægelsen Heraf kommer det, at der maa anvendes Arbejde for at dreje en Dynamos Anker rundt, og jo mere Strøm der tages af Ankeret, des mere Arbejde maa der anvendes. Det anvendte Arbejde omsættes altsaa til Elektricitet. Lad os antage, at vi have en Dynamo, der leverer Strøm, og at dens Klemmespænding er 220 Volt og Strømstyrken 100 Ampère. Maskinen vil da yde 100 × 220 eller 22000 Watt eller, da 736 Watt er lig 1 Hestekraft, paa det aller nærmeste 30 Hestekraft i Form af Elektricitet.

Lad os antage, at Dynamoen kræver en Ydelse af 30 H.K. af den Maskine, f. Ex. en Dampmaskine, der trækker den. Vi have da faaet al den Energi, Dampmaskinen leverer Dynamoen, omsat i elektrisk Energi. Det vil sige, Dynamoen arbejder med en Virkningsgrad = 1, idet man ved en Maskines Virkningsgrad forstaar Forholdet mellem den Mængde Energi, Maskinen leverer fra sig som nyttig Energi, og den Mængde Energi, der tilføres Maskinen Havde Dynamoen krævet 60 H.K. af Dampmaskinen, saa vilde Dynamoens Virkningsgrad kun have været $\frac{30}{60} = 0{,}5$ eller $^1/_2$. Man kan ogsaa udtrykke de her nævnte Forhold ved at sige, at Dynamoen har en Nyttevirkning af saa eller saa mange %, hvorved forstaas, at den Energi, Dynamoen leverer som nyttig Energi, er et vist Antal % af den Mængde, der tilføres Dynamoen. I førstnævnte af de ovenfor staaende Tilfælde har Dynamoen altsaa en Nyttevirkning af 100 %, i andet Tilfælde 50 %.

Dynamomaskiner med 100 % Nyttevirkning existerer ikke. Der gaar altid nogen Energi tabt. Vi have saaledes allerede omtalt de forskellige Tab i Ankeret, nemlig Tabene ved Strømvarmen i Ankertraaden, ved Hvirvelstrømme og det saakaldte Hysteresistab. Tages Maskinen under et, kommer hertil Tabet ved Varmen i Magnetvindingerne og endelig Tabene ved Gnidning i Lejerne og ved Luftmodstandene.

Alle disse Tab gøre, at man ikke kan faa al den Energi, der tilføres en Dynamo, omsat til Elektricitet eller rettere til elektrisk Energi.

Nyttevirkningen er størst for store Dynamoer og mindst for smaa, men afhænger forøvrigt af Dynamoernes mere eller mindre gode Konstruktion. For den enkelte Maskine er den tillige størst ved fuld Belastning

og tager derpaa af med faldende Belastning, hvad der er en Følge af, at flere af de nævnte Tab ikke tage af i samme Forhold som Belastningen. Ved fuld Belastning kan Nyttevirkningen for Dynamoer, der kræve 5—10 H.K, sættes til 75--82 %, for Dynamoer fra 15—50 H.K. 82—88 %, ved endnu større Dynamoer til 90 % og derover.

Da Dynamoer som Regel løbe hurtigt rundt, er det af stor Betydning, at deres Lejer holdes godt smurte. De fleste nymodens Dynamoer ere derfor forsynede med en saakaldet Ringsmøring, der giver en aldeles fortrinlig Smøring samtidig med, at den bruger et Minimum af Olie og næsten ingen Pasning behøver. Indretningen af et saadant Leje ses af Fig. 59.

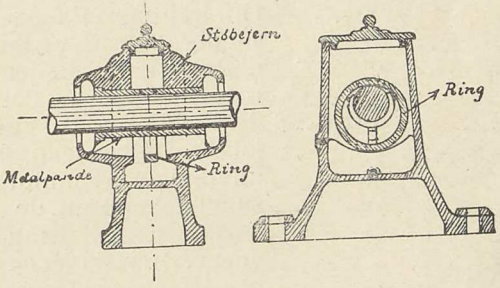


Fig. 59.

Der er lavet et Udsnit paa tværs i Lejets øverste Pande, saaledes at Axlen paa dette Sted er blottet, og der er anbragt en Ring saaledes, at den hviler med sin indvendige Side paa Akslen, medens den styres af Udsnittets Sider (se Fig.). Naar Akslen løber rundt, tages Ringen med, og da den med sin nederste Del dypper ned i den under Lejet værende Oliebeholder, tages Olie med op, saaledes at Lejet stadig holdes smurt. Naar der er gaaet en vis Tid, maa Oliebeholderen tømmes, og der maa hældes frisk Olie paa.

24. **Elektromotorer.** En Elektromotor er i Virkeligheden ikke andet end en Dynamo. Sender man nemlig Strøm ind i en saadan, saa vil Ankeret, i Følge det vi have set i Stykke 16, begynde at dreje sig. Betragte vi Fig. 44, og tænke vi os, at Strømmen sendes ind i Ankeret, saaledes at den forløber i Pilenes Retning, saa ville vi ved Anvendelse af den i 16 givne Haandregel finde, at Ankeret vil dreje sig mod den buede Pil i

Figuren. Altsaa Omdrejningsretningen for Motoren bliver, naar Strømretningerne i Ankeret skulle være de samme og Magnetpolerne tænkes uforandrede, modsat Dynamoens Omdrejningsretning.

Alt, hvad der i det foregaaende Stykke er sagt om Feltets Drejning, Børsternes Drejning, gnistfri Gang, der altsammen er en Følge af Strømmene i Ankeret, gælder altsaa ogsaa her, kun drejer Feltet sig mod Omdrejningen, og for at faa gnistfri Gang maa man saaledes dreje Børsterne et Stykke imod Motorens Omdrejningsretning.

Elektromotorerne kunne i Lighed med Dynamoerne være enten Seriemotorer, Shuntmotorer eller Kompoundmotorer.

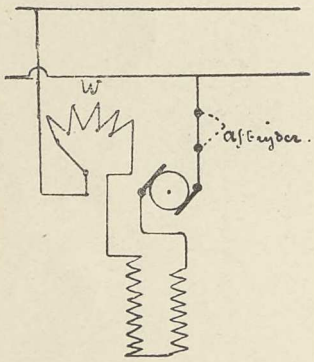


Fig. 60.

Seriemotorerne ændre deres Omdrejningstal meget ved forskellig Belastning og kræve derfor stadig Betjening. De reguleres ved, at der indskydes Regulermodstande i Strømløbet. Under Igangsætningen udvikle Seriemotorerne en stor Trækkekraft, de anvendes derfor især til Kraner, Sporvogne, Drejeskiver og lignende, der i Igangsætningsøjeblikket kræve stor Kraft.

Strømskemaet for en Seriemotor sat til et Ledningsnet ses i hosstaaende Fig. 60. Ved Igangsætningen af Motoren, der forudsættes belastet, maa hele Modstanden W (Igangsætningsmodstanden) være inde, for at Igangsætningsstrømmen ikke skal blive for stor i Motoren. Er Motoren først i Gang, kan Modstanden W efterhaanden udskydes, thi Ankeret udvikler da saa stor en elektromotorisk Kraft (se Stykke 16) virkende imod Nettets Spænding, hvorfor den ogsaa benævnes elektromotorisk Modkraft, at Strømstyrken kun bliver den, der svarer til det Arbejde, Motoren yder, plus Tabene i Motoren (de samme som ved Dynamoer). Som nævnt er der her forudsat, at Motoren stadig er belastet. Løber Motoren tom, eller er den kun svagt belastet, kan man ikke udskyde hele Modstanden W, idet Motorens Omdrejningstal i saa Fald vilde stige over det tilladelige. Ved aftagende Belastning bliver den Strøm, Motoren tager, nemlig mindre og mindre og derigennem

Motorens magnetiske Felt svagere og svagere, hvorfor Motoren maa gaa hurtigere og hurtigere for at skaffe tilstrækkelig elektromotorisk Modkraft tilveje.

Shuntmotorerne have ved en konstant Driftsspænding (Klemmespænding) omtrent den samme Omdrejningshastighed ved fuld Belastning som ved tom (ubelastet) Gang. Denne Egenskab gøre dem i høj Grad anvendelige, idet de i den Anledning ikke kræve Regulering, naar de først ere satte i Gang.

Det for Shuntmotorer almindeligst anvendte Strømskema ses i Fig. 61. Motoren sættes i Gang ved lang-

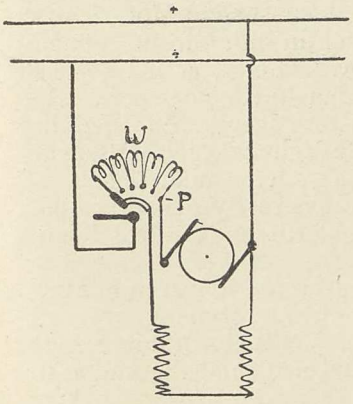


Fig. 61.

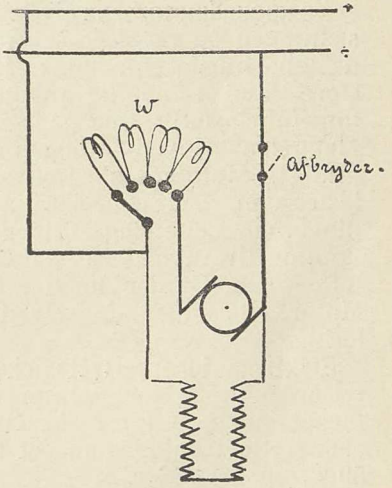


Fig. 62.

somt at dreje Afbryderarmen fra den paa Figuren viste Stilling hen til Knappen p. Herved indskydes Magnetkredsløbet, og Ankerstrømmen sluttes gennem W. W udskydes, efterhaanden som Motoren løber til. Skal Motoren standses, sker det ved saa hurtigt som muligt at dreje Afbryderarmen tilbage i den første Stilling. Idet Magnetstrømmen brydes, vil den Selvinduktion, der derved opstaar, ikke, naar Anordningen er som her, kunne skade Ankeret eller Magnetspolerne, thi det vil ses, at Anker, Magnet og W stadig danne en sluttet Strømkreds, og den opstaaede Spænding vil derfor udlade sig derigennem uden at foraarsage Skade. Er Igangsætningsmodstanden ikke af denne Konstruktion, men som vist i Fig. 62, maa man ved Standsning af

Motoren stoppe op paa W's første Knap og da afbryde Motorstrømmen ved Hjælp af Afbryderen.

Skal en Shuntmotors Hastighed kunne varieres, da anbringer man som Regel en Regulermodstand i Shunten. Ved at indskyde mere Modstand svækkes Magnetfeltet og derved den elektromotoriske Modkraft; Motoren tager da mere Strøm, som den omsætter til Arbejde, hvilket giver sig til Kende ved, at den løber hurtigere, indtil den elektromotoriske Modkraft har naaet tilnærmelsesvis den samme Værdi som før. Skal Shuntmotorens Omdrejningsretning ændres, da vendes Strømmen i Ankeret alene eller i Magnetvindingerne alene.

Kompoundmotorerne give stor Trækkekraft under Igangsætningen og regulere selv deres Hastighed, saaledes at de løbe hurtigt for smaa Belastninger og langsomt for store. Lad os nemlig antage, at en saadan Motor løber tom (ubelastet). Der gaar da kun lidt Strøm gennem Magnetens Hovedvindinger d. v. s. Feltet er det svagest mulige. Motoren løber altsaa saa hurtigt den kan. Belastes den, gaar der straks Strøm gennem Hovedvindingerne. Feltet tager til og Hastigheden af. Dette kan komme til Anvendelse ved Kraner, hvor man ønsker at løfte smaa Byrder hurtigt og svære Byrder langsomt. Motoren besørger da selv den dertil nødvendige Regulering.

Elektromotorers Nyttevirkning er for tilsvarende Størrelser omtrent den samme som for Dynamoer. Ved meget smaa Motorer, $^1/_8$ H.K., Ventilatormotorer o. l., gaar Nyttevirkningen meget langt ned, maaske endog til 50 % og derunder.

Energien, der tilføres en Motor, er, som tidligere nævnt, Strømstyrken multipliceret med Spændingen. Forbruger en Motor saaledes 10 Amp. ved 220 Volt, skulde den, hvis Virkningsgraden var 1, yde 2200 Watt eller ca 3 H.K., men Virkningsgraden for saa lille en Maskine kan imidlertid ikke anslaas højere end til 0,8; vi faa da i Stedet for 3 H K. kun 3 × 0,8 eller 2,4 H.K.

Elektromotorerne anvendes nu til Dags i store Mængder og fabrikeres i Virkeligheden ogsaa af de større Fabrikker aldeles som en Masseartikel og i alle mulige Størrelser.

Med Hensyn til Behandlingen af Dynamoer og Motorer skal bemærkes:

Kommutatoren maa jævnlig renses; dette kan med Forsigtighed ske, medens Maskinen løber rundt, ved Anvendelse af Linned- eller Bomuldsklude svøbt om en

Pudsepind. Kommutatoren maa især beskyttes mod Olie. Ved at Børsterne glide mod Kommutatoren, afrives stadig Kobberstøv. Dette kan trænge ind imellem Kommutatorlamellerne og imellem Ankertraadene og maa omhyggeligt fjernes enten med Puster eller en Støvpensel.

Alle Kontakter holdes rene, især efterses alle Skruekontakter hyppigt, da Skruerne let ryste løse.

Ringsmøretøjet bør efterses af og til, og Olien i Beholderen under Lejet bør fornyes mindst en Gang om Maaneden.

Foruden den ovenomtalte Rensning af Kommutatoren maa denne ogsaa af og til afslibes med Sand- eller Glaspapir. Smergelpapir er ikke saa heldigt, da Smergelpulveret leder Elektriciteten. Nytter Sand- eller Glaspapir ikke mere, kan man prøve at affile Kommutatoren, men sluttelig, naar denne bliver saa urund, at den stadig gnistrer, maa den afdrejes

25. **Elektriske Akkumulatorer** ere saadanne Apparater, hvori man paa en Maade kan opsamle og i nogen Tid lagre elektrisk Energi for saa senere at kunne benytte den igjen. Under Ladningen sender man en elektrisk Strøm igjennem Akkumulatoren, under Afladningen afgiver denne Strøm i modsat Retning.

Akkumulatorbatterier ere meget anvendte paa Elektricitetsværker, hvor der skal være Strøm til Disposition Nat og Dag, selv om Forbruget maaske kun er ganske ubetydeligt i en Del af Nattimerne.

Saafremt man ikke havde Akkumulatorer, vilde det være nødvendigt at holde i hvert Fald én Maskine gaaende ogsaa i Nattimerne, hvor Maskinen da næsten ingen Belastning vilde have. Dette vil imidlertid blive en meget kostbar Driftsmaade. Hvis man derimod har et passende Akkumulatorbatteri, kan man indstille Maskindriften om Natten og i denne Tid lade Akkumulatorbatteriet afgive den fornødne Strøm. Man kan da eventuelt benytte Formiddagstimerne, hvor der oftest ikke er noget stort Strømforbrug til at lade Batteriet, saaledes at dette atter staar til Raadighed om Aftenen eller Natten.

Et Akkumulatorbatteri bestaar af flere Celler, der ere forbundne efter hinanden (i Række) ligesom Cellerne i et Batteri af Leclanché Elementer. En Celle bestaar af en firkantet Kasse omtrent fyldt med fortyndet Svovlsyre hvori er nedsænket to Elektroder, nemlig en positiv og en negativ. Kassen er for smaa faststaaende Cellers

Vedkommende i Reglen af Glas, for større stationære Celler i Reglen af Træ, foret med Blyplade for at gjøre Kassen modstandsdygtig overfor Syrens Indvirkning. I transportable Batterier ere Kasserne ofte af Ebonit.

Elektroderne bestaar af en Række særlig behandlede Blyplader, der ere ordnede saaledes, at der afvexlende kommer en Plade, hørende til den positive Elektrode (en positiv Plade), og en Plade, hørende til den negative Elektrode. For at holde Afstanden mellem Pladerne, er der imellem disse lagt Strimler af Ebonit, Glas e. lign. Pladerne ere i Reglen for oven forsynede med Fremspring, hvormed de hvile paa Kassens Rand, saaledes at de ikke berøre Bunden. De positive Plader ere alle forbundne til Skinnen + E, de negative til Skinnen ÷ E. (Fig. 63).

Pladerne ere gennemhullede eller forsynede med dybe Riller, og de saaledes dannede Fordybninger ere fyldte med Fyldmasse, der bestaar af Blyilte. Hvorledes dette bringes paa Pladerne skal ikke omtales, da det altid sker paa Akkumulatorfabrikkerne. Paa Grund af Fyldmassens forskellige Beskaffenhed ere de positive Plader brune, de negative graa.

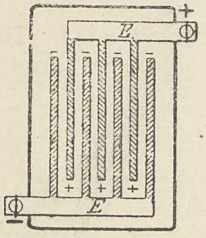


Fig. 63.

Sendes en elektrisk Strøm igjennem en saadan Celle fra de positive Plader igjennem Syren til de negative Plader, vil der ske en kemisk Proces, hvorved Fyldmassen forvandles til Blyoverilte ved de positive Plader og til porøs Blysvamp ved de negative Plader. Naar al Fyldmassen paa de negative Plader er forvandlet til Blysvamp, samtidig med at Blyilten ved de positive Plader er forvandlet til Blyoverilte, er Cellen »ladet«, hvilket viser sig derved, at der stiger Brint- og Iltbobler op gjennem Syren (Elementet koger). Efter Ladningens Ophør vil det vise sig, at den positive Elektrode har en Spænding, der er ca. 2,7 Volt højere end den negative Elektrodes, og hvis man forbinder Elektroderne ved Hjælp af en Modstand, vil der gaa en Strøm igjennem denne i modsat Retning af Ladestrømmen (Cellen siges da at være under Afladning).

I Begyndelsen af Afladningen vil Spændingen hurtigt aftage til ca. 1,93 Volt, men herefter vil den kun aftage meget langsomt, indtil Spændingen er kommet ned til ca. 1,85 Volt, hvorefter den vil aftage hurtigere og hurtigere, og (efter at 1.7 Volt er naaet) i Løbet af kort Tid

vil falde praktisk set til Nul. Afladningen bør dog aldrig fortsættes længere end til Spændingen er gaaet ned til ca. 1,82 Volt, da Cellen ellers hurtigt vilde ødelægges.

Under Afladningen vil den kemiske Proces ved Elektroderne gaa i modsat Retning af den Proces, der foregaar under Ladningen, saaledes at saavel Blyoverilten ved de positive Plader som Blysvampen ved de negative Plader atter forvandles til Blyilte. Cellen er altsaa efter Afladningen i akkurat samme Tilstand som før Ladningen begyndte, og man kan derfor gentage Processen.

Akkumulatorceller have ligesom andre Ledere en elektrisk Modstand; denne kan regnes at være ca. 8,4 Ohm for 1 qcm Overflade af positive Plader, og Modstanden vil naturligvis aftage, naar Pladearealet vokser. Haves saaledes f. Ex. en Celle med 9 positive Plader, der hver ere 40 cm. høje og 30 cm. brede, da er den samlede Overflade af de positive Plader $2 \times 40 \times 30 \times 9 =$ 21600 qcm. og Modstanden er $\frac{8,4}{21600} = 0,00039$ Ohm.

Under Afladningen kan man derfor ikke direkte maale Cellens elektromotoriske Kraft, idet Strømmen foraarsager et Spændingstab i selve Cellen. Hvis den ovennævnte Celle f. Ex. aflades med 300 Ampère, vil der i Cellens Modstand blive et Spændingstab paa ca. $300 \times 0,00039 = 0,117$ Volt, og den Spænding, man maaler med et Voltmeter, er derfor 0,117 Volt mindre end den elektromotoriske Kraft.

For at kunne lade Cellen med 300 Ampère fordres der derimod 0,117 Volt mere end den elektromotoriske Kraft i Cellen. Modstanden af Akkumulatorceller er dog ikke ganske konstant, men forandrer sig noget under Ladningen og Afladningen. Straks, naar Ladningen begynder, vil Cellens Polspænding stige til ca. 2,15 Volt, hvorefter den stiger meget langsomt til ca. 2,25, paa hvilket Tidspunkt Luftudviklingen ved Pladerne begynder; medens denne bliver stærkere og stærkere, stiger Polspændingen hurtigt til ca. 2,5 Volt, hvorefter Spændingen kun stiger ganske langsomt indtil 2,7 Volt, hvilket omtrent er den højeste Spænding der kan naas. Ladningen afbrydes imidlertid i Almindelighed, naar Spændingen har naaet ca. 2,6 Volt, da yderligere Ladning i Reglen kun gjør Skade.

Til Fyldning af Cellen benyttes fortyndet Svovlsyre, indeholdende 22 % koncentreret Svovlsyre; denne Blanding vil have en Vægtfylde af ca. 1,16 og vil maalt med Beaumés Flydevægt holde 20°. Efter at Cellen har været

ladet og afladet nogle Gange, er Syreholdigheden imidlertid gaaet ned til ca. 18 ° Beaumé (19,2 %), og den vil altid stige noget under Ladningen og falde under Afladningen, saaledes at den f. Ex. er 18 ° B. i afladet Tilstand og 20° B. i ladet Tilstand. Dette Forhold benyttes undertiden til at prøve, hvor langt Ladningen eller Afladningen er skredet frem, men Metoden er ikke meget tilforladelig, idet Syrens Koncentration kan være meget forskjellig i forskjellige Punkter af Cellen.

Ladestrømmens og Afladestrømmens Størrelse maa ikke overskride en vis Grænse, som dels afhænger af Pladernes Konstruktion, dels af deres Størrelse. I Almindelighed ligger denne Grænse omkring 1 Ampère pr. qdm. af den positive Elektrodes Overflade. Overskrides den tilladelige Værdi, kan Fyldmassen let revne og falde af, eller Pladerne kunne bøje sig. Dog kan man i Begyndelsen af Ladningen uden Skade gøre Strømstyrken en Del større, men til Gengæld maa man helst under Slutningen af Ladningen gøre Strømstyrken mindre end den ovenangivne Værdi. Ved Pufferbatterier — Akkumulatorbatterier, som benyttes ved Motoranlæg for at faa jævnere Belastning paa Dynamoen — benyttes dog oftest Plader, der kunne taale en større Strøm (2 Amp. og mere pr qdm. af den positive Elektrodes Overflade).

Ladningen af et Batteri vil, saafremt den maximale Ladestrøm holdes, sædvanlig vare 3—$3^1/_2$ Time, og Afladningen vil kunne ske i den samme Tid; kun ved Pufferbatterier og transportable Akkumulatorer, hvor der benyttes større Strømtæthed, vil Ladningen kunne ske hurtigere.

Ved en Akkumulators Kapacitet forstaar man Produktet af den maximale Afladestrøm og den Tid, som Afladning med denne Strøm tager. Kapaciteten udtrykkes i Ampère-Timer; en Celle, der kan aflades med 300 Amp. i $3^1/_3$ Time, har saaledes en Kapacitet af 1000 Amp. Timer. Kapaciteten af en Celle er ikke konstant, men forandrer sig meget, efter som Cellens Tilstand er. Jo større Lade- og Afladestrøm man tillader, desto mindre bliver Cellens Kapacitet.

Det Antal Ampère-Timer, der medgaar til Ladningen af Akkumulatorer, vil altid være større end det Antal Ampère-Timer, man faar ud af Akkumulatoren ved Afladningen. Man kan derfor tale om Batteriets Virkningsgrad m. H. t. Ampère-Timer, hvormed menes Forholdet mellem Antallet af udladede og indladede Ampère-Timer.

Vil man undersøge, hvor meget elektrisk Energi, man faar ud af en Akkumulator, maa man med lige store Mellemrum maale Polspændingen og saa multiplicere de udladede Ampère-Timer med Middelspændingen; Resultatet udtrykkes i Watt-Timer. Da Antallet af indladede Ampère-Timer er større end det udladede, og da Spændingen er større under Ladningen end under Afladningen, vil den indladede Energimængde være større end den udladede; man lider altsaa et Energitab i Akkumulatorer. Man kan nu ogsaa tale om Virkningsgraden m. H. t. Energien, og hermed menes Forholdet mellem den udladede og den indladede Energimængde.

Virkningsgraden m. H. t. Ampère-Timerne kan for gode vel vedligeholdte Akkumulatorer naa op til ca 0,9, medens Virkningsgraden m. H. t. Watt-Timer kun kan naa op til ca. 0,75. Dette er dog ved 3 Timers Afladning; saafremt Afladetiden gøres længere, vil Virkningsgraden stige indtil respektive 0,95 og 0,85.

Da den ved Kogningen medrevne Syre let driver ned ad Kassernes Sider og foraarsager Jordslutninger, anbringes under hver Celle af et Batteri Glas- eller Porcellænsfødder f. Ex. af den paa Fig. 64 viste Form

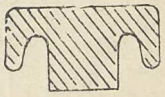


Fig. 64.

Batteriet maa for Pasningens Skyld anbringes saaledes, at der er let Adgang til at efterse hver Celle, og Akkumulatorrummet maa være tørt, ventileret og have rigelig Plads.

Syren, som anvendes, maa være meget ren og navnlig ikke indeholde Metalsalte, da Batteriet ellers hurtigt ødelægges; det til Fortyndningen anvendte Vand maa ligeledes være absolut rent, helst destilleret.

Efter at Batteriet er monteret op og Kasserne fyldte med Syre, paabegyndes straks den første Opladning, som maa foregaa uafbrudt i ca. 30 Timer. Under Opladningen iagttages, om nogen af Cellerne koger i væsentlig Grad mindre end de øvrige, da dette vilde være et Tegn paa, at der fandtes en Forbindelse mellem denne Celles positive og negative Elektrode. En saadan Fejl maa straks rettes, da den derved frembragte Kortslutning ellers ødelægger Cellen.

Under Driften er en meget omhyggelig Pasning af Batteriet nødvendig, da dettes Levetid ellers kun vil være kort. Ligesom ved den første Opladning maa Cellerne senere altid iagttages under Ladningen, og smaa Stykker Fyldmasse, som let rive sig løs og danne Kortslutning mellem to Plader, maa hurtigt fjærnes.

Syreholdigheden maa ofte maales ved Hjælp af en Flydevægt, og der maa fyldes efter, helst medens Batteriet er afladet. Afvigelser i Syreholdigheden paa over 2 % ere ikke tilladelige.

Omtrent hver anden Maaned skal Batteriet overlades ligesom ved den første Opladning. Batteriet maa saavidt muligt ikke henstaa i afladet Tilstand, og ved længere Tids Henstand maa det af og til lades op

Da Cellernes Spænding stadig aftager under Afladningen, maa man for at kunne holde rigtig Spænding paa Ledningsnettet være i Stand til at sætte flere og flere Celler i Række; ligeledes maa man være i Stand til under Ladningen at skyde Celler ud, efterhaanden som de ere opladede.

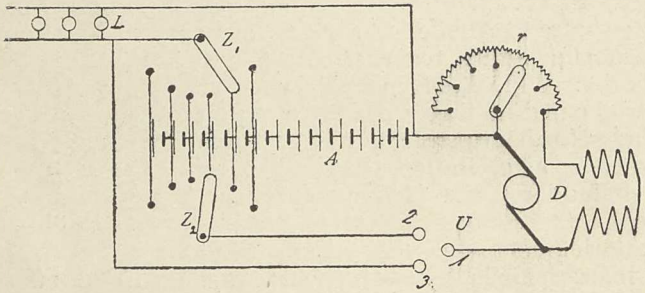


Fig. 65 a.

I Fig. 65 a ses Skemaet for en hertil anvendelig Dobbeltcelleskifter.

De sidste Celler ere foruden at være indbyrdes forbundne tillige forbundne til de forskellige Knapper, hørende til de 2 Omskiftere Z_1 og Z_2 Ved Hjælp af Z_1 kan man sætte flere eller færre Celler i Række imellem Ledningsnettets to Polskinner; ved Hjælp af Omskifteren Z_2 kan man under Ladningen skyde Celler ud eller ind af Ladestrømkredsen. Paa Skemaet ses tillige Dynamoen D med Regulermodstand r samt Omskifteren U, ved hvis Hjælp man kan forbinde Dynamoen enten direkte til Polskinnerne — Stilling 1—3 — eller til Akkumulatorbatteriet — Stilling 1—2. —

Da det ikke gaar an at afbryde Strømmen i det Øjeblik Skifterens Arm drejes fra den ene Knap til den næste, maa der træffes særlige Foranstaltninger for at gøre det muligt at skifte uden at afbryde Strømmen.

At benytte en saa bred Kontaktarm, at den, førend

den afbryder Forbindelsen med én Knap, slutter Kontakt med den næste, lader sig ikke gøre, da man derved vilde kortslutte den mellemliggende Celle.

Man benytter sig da af den Udvej at give Kontaktarmen en Extra-Kontakt E. (Fig. 65 b), som kun igennem Modstanden M har Forbindelse med Hovedkontakten H.

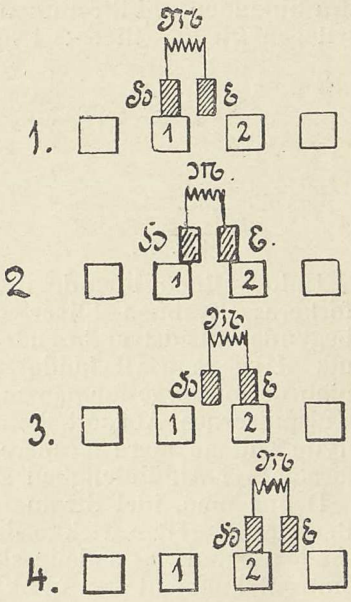


Fig. 65 b.

Naar Skifteren skal drejes fra Knappen 1 til Knappen 2, vil, under den første Del af Drejningen, E komme i Forbindelse med 2, forinden H's Forbindelse er brudt; derved dannes der igennem M en Forbindelse imellem den fra 1 til 2 indskudte Celle. M maa derfor være saaledes beregnet, at saavel Cellen som M kan taale den derved i et Øjeblik under Skiftningen opstaaede Strøm.

Under Drejningens Fortsættelse brydes H's Forbindelse med 1, og dermed ophører Cellens Poler at være forbundne igennem M. I dette Øjeblik sker Forbindelsen til Ledningsnettet fra 2 igennem E, M og H.

Under Slutningen af Drejningen vil H komme i Berøring med 2, og derefter vil endelig E bringes ud af Berøring med 2.

Naar en enkelt Celle eller faa Celler paa Serie skulle lades ved Hjælp af en Elektricitetskilde med bestemt given forholdsvis høj Spænding (f. Ex. fra det kommunale Elektricitetsnet i Kjøbenhavn), da kan det ske derved, at der foran Cellen eller Cellerne indskydes en passende Modstand. Den Energi, Modstanden forbruger, gaar da til Spilde.

Elektriske Brugsgenstande.

26. **Buelamper.** Har man en Strømkreds, indeholdende en elektromotorisk Kraft paa ca. 60 Volt, en pas-

sende Modstand M og to Stænger af ledende Kul, K+ og K÷, (se Fig. 66), saa vil der, idet de to Kulstænger bringes i Berøring med hinanden, gaa en Strøm igennem; naar Kullene derefter trækkes et Par Millimeter fra hinanden, vil Strømmen dog vedligeholdes, idet den vil gaa fra K+ til K÷ i Form af en vedvarende Gnist.

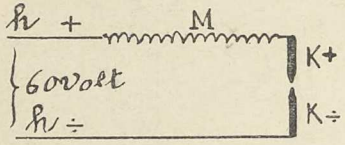


Fig. 66.

Denne, den saakaldte Lysbue, vil udstraale et meget intensivt Lys og benyttes derfor i stor Udstrækning, hvor der skal fremstilles stærkt Lys. De Apparater, hvori Buen bringes til at virke, kaldes Buelamper.

Holdes Buen brændende, ville Kullene efterhaanden fortæres, Lysbuen bliver derved længere og længere, begynder tilsidst at brænde uroligt og gaar endelig helt ud. Hvis man vil holde Buen brændende jævnt, maa man derfor sørge for paa en eller anden Maade at holde Kulspidsernes Afstand konstant ved lidt efter lidt at flytte Kullene mere og mere sammen. Denne Regulering foretages i Almindelighed automatisk af selve Lampen.

Denne maa, idet Strømmen sluttes, bringe Kullene i Berøring, derefter trække dem fra hinanden til en passende Afstand, og endelig skal den holde denne Afstand omtrent konstant ved at skyde Kullene sammen, efterhaanden som de brænde bort.

Forbindes et Voltmeter til de to Kul, vil det vise sig, at der er en Spænding paa ca. 40 Volt mellem disse, men efterhaanden som Kullene brænde bort, og Buen bliver længere og længere, vil Spændingen stige.

Strømstyrken, som vil gaa igennem Lampen, kan beregnes, naar Spændingen mellem Ledningerne h (Fig. 66) samt Størrelsen af Forlagsmodstanden M og Lysbuens Spænding ere kendte.

Hvis f. Ex. Spændingen +h÷h holdes konstant paa 60 Volt, og Modstanden M er 2 Ohm, og endelig Buens Spænding er 40 Volt, saa vil Spændingstabet i M være 60 Volt ÷ 40 Volt = 20 Volt. Da Modstanden i M er 2 Ohm, maa i Følge Ohms Lov Strømstyrken være $\frac{20}{2}$ = 10 Ampère.

Efterhaanden som Kullene brænde bort, og Buens Spænding vokser, vil Strømstyrken aftage; er saaledes i ovennævnte Exempel Buens Spænding steget til 45 Volt,

vil Spændingstabet i M blive 60 ÷ 45 = 15 Volt og Strømstyrken, $i = \frac{15}{2} = 7{,}5$ Amp.

En af disse to Omstændigheder, nemlig:
1) at Buens Spænding stiger,
2) at Strømstyrken aftager,
eller dem begge, kan man benytte sig af til at konstruere en selvregulerende Lampe.

I første Tilfælde kaldes denne en Shuntlampe, i andet en Serielampe og i tredie Tilfælde en Differentiallampe.

I Fig. 67 er fremstillet Skemaet for en Shuntlampe.

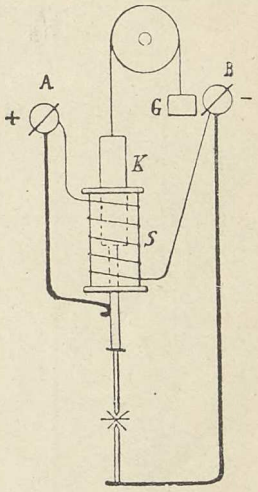


Fig. 67.

Det nederste Kul er tænkt fast. Det øverste er foroven befæstet til en Jernkærne, K, og ophængt ved en Snor, der gaar omkring en Tridse og bærer en Kontravægt, G.

Hovedstrømmen udgaar fra Klemmeskruen A, føres til det øverste Kul ved Hjælp af en Glidekontakt og gaar derefter gennem Lysbuen og Underkullet til den anden Polskrue B. Omkring den nederste Del af K er anbragt en Solenoide S, dannet af meget fin Traad, hvis Ender ere forbundne til A og den negative Klemmeskrue B.

Naar Lampen brænder med normal Spænding, vil der være en Spænding paa ca. 40 Volt mellem A og B, og der vil følgelig gaa en Strøm gennem Solenoiden S. Denne vil da søge at trække K ned, men Kontravægten G er saa stor, at den netop holder Ligevægt med Vægten af det positive Kul, Kulholderen, Jernkærnen K og Solenoidens Træk. Naar Spændingen A B nu paa Grund af Kullenes Bortbrænden stiger, vil Strømmen i S og derfor dennes Tiltrækningskraft ogsåa stige, og K vil derfor blive trukken nedad, indtil der atter er bleven Ligevægt. Dette vil der være, naar Kullet er trukket ned til normal Afstand, hvorved baade Spændingen og Solenoidens Træk gaar ned til deres normale Værdi.

Idet Lampen slukkes, ophører Trækket fra S, og K gaar derfor tilbage til sin øverste Stilling. Sluttes Strømmen igen, vil der blive en Spænding paa ca. 60 Volt

mellem A og B, S vil tage megen Strøm og derved trække Kullet ned til Berøring med Underkullet. Derved aftager Spændingen A B igen, K vil gaa til Vejrs og »slaa Bue«.

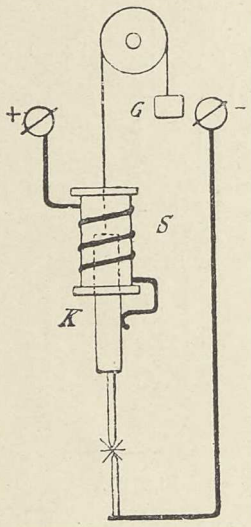


Fig. 68.

En Lampe udført efter dette Skema kan altsaa udføre alle de forlangte Funktioner.

Det ses, at Lampen kun søger at holde Buespændingen konstant; Strømstyrken afhænger, som vist ovenfor, alene af Forlagsmodstanden M's Størrelse. Ved at indstille paa denne kan man derfor faa Lampen til at brænde med en given Strømstyrke. Hvis Lampen ikke brænder med rigtig Spænding, maa man derimod forandre paa Regulerværkets Afbalancering.

I Fig. 68 ses paa samme Maade et Skema for en Serielampe.

Her er Solenoiden anbragt omkring den øverste Ende af Jernkærnen K, og den er beviklet med tyk Traad, der direkte optager Hovedstrømmen.

Naar Lampen brænder, vil S søge at trække K opad, men Kontravægten G er saa stor, at den, naar der gaar den normale Strøm igennem S, netop i Forbindelse med Solenoidens Træk afbalancererer Vægten af Kul og Kulholder. Aftager Strømmen paa Grund af Kullenes Bortbrænden, vil S's Trækkekraft formindskes, og Kullet vil derved synke, indtil Strømmen har naaet sin normale Størrelse.

Slukkes Lampen, synker Overkullet ned til Berøring med Underkullet; tændes Lampen igen, vil der i første Øjeblik gaa en meget stærk Strøm igennem S, og denne vil derved trække Overkullet op og slaa Bue. Da Serielampen vil søge at holde Strømstyrken konstant, vil kun Spændingen kunne varieres ved at forandre paa Forlagsmodstanden.

Er Lampen f. Ex. reguleret ind til 10 Amp. og der sættes en Forlagsmodstand paa 3 Ohm for, saa vil Spændingstabet i denne blive $3 \times 10 = 30$ Volt, og Lysbuens Spænding bliver $60 \div 30 = 30$ Volt.

Man maa altsaa ved Opsætningen af Lampen indstille Modstanden saaledes, at man faar en passende Bue-

spænding. Ønsker man at forandre Strømstyrken, da maa dette ske ved at forandre paa Regulerværkets Afbalancering.

I Fig. 69 ses Skemaet for en Differentiallampe. Det er en Kombination af begge de sidstnævnte Lamper, og den vil derfor søge at holde baade Strømstyrke og Spænding konstant.

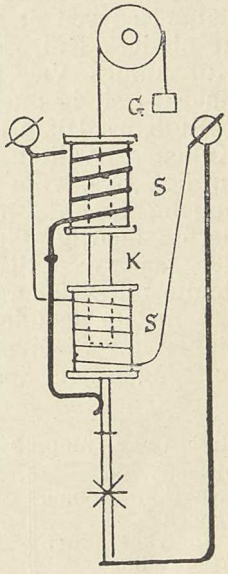


Fig. 69.

Disse Lamper give langt den bedste Regulering, og de kunne brænde et stort Antal i Række; dette kan Serielamper slet ikke og Shuntlamper kun i begrænset Antal. Forlagsmodstanden M maa ved Differentiallampen indstilles saaledes, at den regulerer for rigtig Spænding. Har M ikke sin rigtige Værdi, vil baade Strømmen og Spændingen enten blive for store eller begge blive for smaa.

Serielamperne benyttes næsten ikke; Differentiallamperne ere kostbarere end Shuntlamperne, og da disse desuden kunne konstrueres saaledes, at de regulere meget fint, og da de meget vel kunne brænde 4 i Række, er det de mest benyttede. Regulerværket er i Reglen anbragt øverst i Lampen og er dækket med Zinkhætte. Lamperne kunne være saaledes indrettede, at kun Overkullet bevæges, medens Underkullet staar fast; derved vil imidlertid Buen stadig flyttes længere ned i Lampen, jo længere Underkullet brændes ned.

Man foretrækker derfor ofte at lade baade Over- og Underkul regulere, saaledes at Buen stadig bliver paa samme Sted.

Kullene klemmes fast i de saakaldte Kulholdere, der i Reglen glide op og ned langs to fra Lampens Overdel nedgaaende Messingrør.

Da det Kul, som Strømmen først passerer — det positive Kul —, udsender forholdsvis mest Lys, anbringes det oftest øverst, saaledes at man faar Lyset kastet nedad. Da der forbrændes over dobbelt saa meget af det positive som af det negative Kul, gøres sidstnævnte tyndere end Overkullet i et saadant Forhold, at der brænder lige store Længder bort af begge Kullene.

Under Brændingen vil det negative Kul efterhaanden blive spidst, medens det positive Kul udhules saaledes, at der danner sig et Krater; da det navnlig er fra Krateret, at Lyset udgaar, søger man at understøtte Kraterdannelsen ved at forsyne det positive Kul med en Væge af blødere Kul, som lettere brænder bort. Saadanne Kul kaldes Vægekul. Det negative Kul er derimod haardt helt igennem og kaldes derfor Homogenkul.

Kullenes Diameter afhænger af Strømstyrken og af Kullenes Kvalitet. Daarlige Kul ville give daarligt og uroligt Lys, ville sode og tilsmudse Lampen og ville endelig brænde hurtigere ud end gode Kul. Det er derfor daarlig Økonomi at bruge daarlige Kul. Naar der gaas over til en ny Slags Kul i en Lampe, maa denne i Regelen reguleres om.

I nedenstaaende Tabel ses de passende Kuldimensioner for Siemens A Kul samt Forbrændingens Størrelse og Buens Spænding.

Strømstyrke. Amp.	2—2½	3—3½	4—5	6—7	8—9	10—11	12—15
Diameter af Overkul... mm.	8	11	12	14	16	18	20
Diameter af Underkul . mm.	5	7	8	9	10	12	13
Forbrænding pr. Time.. mm.	30	20	20	18	18	18	17
Buens Spænding..... Volt	37	37	38	39	40	41	43

Som alt nævnt, udstraales der mest Lys fra Krateret af det positive Kul; man vil derfor, naar det sidder øverst, faa mest Lys kastet nedad. Da det negative Kul imidlertid skygger for de Straaler, der kastes lodret ned, vil man dog ikke faa meget Lys lige under Lampen, men Lysstyrken vil vokse ud til Siderne og naa sin største Værdi i en Retning, der ligger omtrent midt imellem den lodrette og vandrette, Linierne H, (se Fig. 70). Herfra aftager Lysstyrken igen, jo højere man kommer op, og over den vandrette Linie V gennem Buen kastes næsten intet Lys.

Kuplen omkring Lampen vil dog bevirke, at Lysfordelingen bliver noget mere ensartet i alle Retninger.

Buens Middellysstyrke kan regnes at være omtrent halv saa stor som den største Lysstyrke i Retning H.

Nedenstaaende Tabel viser, hvorledes Middellysstyrken vokser med Strømstyrken.

Strømstyrken i Amp. ...	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Middellysstyrken ...	70	130	200	300	380	480	570	650	800	1100
Lys pr. Amp.*)	35	43	50	60	63	69	71	72	80	92

Det ses, at man faar mere Udbytte pr. Amp. ved større Strømstyrke.

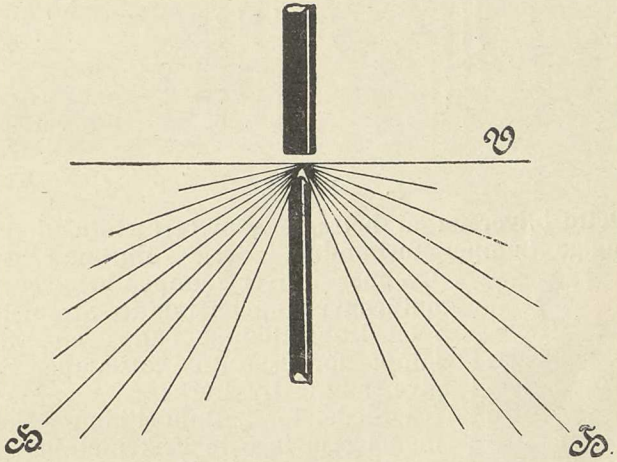


Fig. 70.

En enkelt Buelampe kræver for at kunne regulere mindst 60 Volts Spænding imellem de Ledninger, hvortil den forbindes. Hvor Drifsspændingen er 220 Volt, forbindes i Reglen 4 i Række efter hinanden; de kunne da have fælles Forlagsmodstand (se Fig. 71).

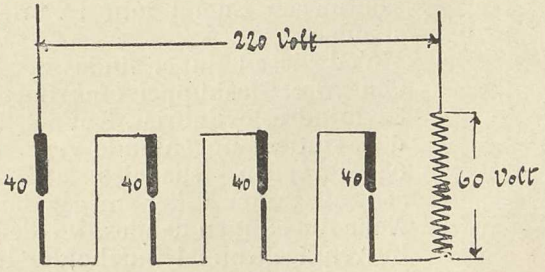


Fig. 71.

*) Hvor der nævnes Lys menes »Heffner Lys«, hvorom i Stykke 28.

Hvis man kun ønsker 2 Lamper, kan man benytte Dobbeltlamper, ɔ: saadanne, hvori der er indesluttet to Sæt Kul og to Regulerværker i hver Armatur (Fig. 72).

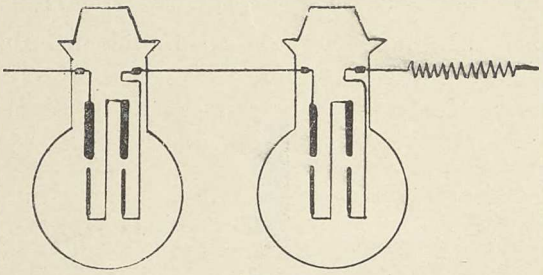


Fig. 72.

Dette bliver da at betragte som to af hinanden uafhængige Lamper forbundne i Serie. Da man har to Lysbuer i hver Lampe, behøver man naturligvis kun en mindre Strømstyrke i en Dobbeltlampe end i en Enkeltlampe, forudsat at de to Lamper skulle give samme Lysstyrke.

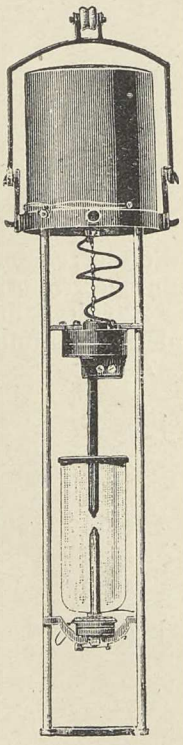


Fig. 73.

I Stedet for 2 Dobbeltlamper kunde man ogsaa tage to Enkeltlamper, men maatte da forøge Forlagsmodstanden, hvilket dog vil give et unødvendigt stort Energitab i Modstanden.

Der gives forøvrigt ogsaa en særlig Konstruktion af Enkeltbuelamper — Janduslamper eller lukkede Lamper —, som kunne brænde 2 Stk. i Række ved 220 Volts Spænding, uden at der gaar saa megen Energi tabt i Forlagsmodstanden.

Ved disse Lamper findes der foruden den ydre Glaskuppel omkring Kullene en mindre, cylindrisk Kuppel (Fig. 73), der slutter nogenlunde tæt foroven og forneden, saaledes at Fornyelsen af Luften sker meget langsomt. Naar Buelampen tændes, vil den i den indvendige Kuppel indeholdte Ilt snart være forbrugt, og der vil da kun være tilbage de ikke ildnærende Luftarter Kulsyre og Kvælstof. Kullene ville derfor ikke forbrænde — saaledes som

ved de aabne Lamper — men ville kun fordampe meget langsomt. Af denne Grund have disse Lamper en forholdsvis stor Brændetid, 100—200 Timer.

I Jandus Lampen kan Buens Længde forøges, hvorved Spændingen stiger til ca. 80 Volt, og man kan derfor ved 220 Volts Spænding brænde saadanne 2 Lamper i Række uden at faa et altfor uforholdsmæssigt Tab i Forlagsmodstanden. Buens Lysstyrke vokser med Spændingen, men dog ikke i samme Grad som denne. Man faar derfor nok mere Lys af f. Ex. 2 Stk. 5 Ampères Janduslamper end af 2 Stk. 5 Ampères aabne Lamper, men man faar ikke saa stort Udbytte som af 4 Stk. 5 Ampères aabne Lamper, til hvilke de 2 lukkede Lamper jo svare i Energiforbrug.

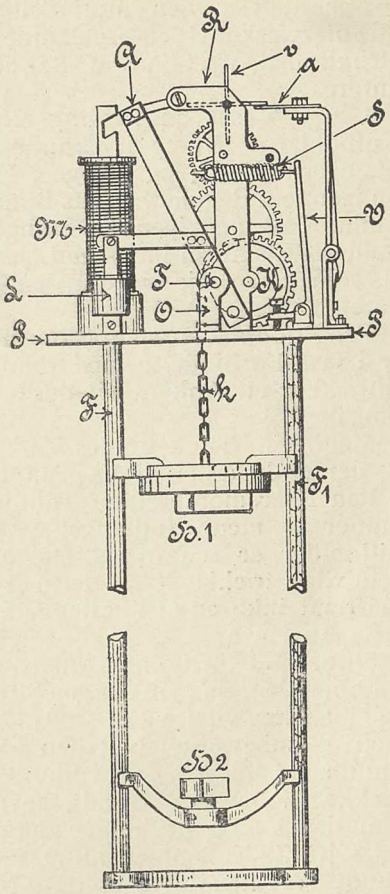


Fig. 74.

Til Sammenligning mellem Lysudbyttet af aabne Lamper, lukkede Lamper og Dobbeltlamper anføres, at en 3 Ampères Janduslampe giver en Middellysstyrke paa ca. 280 Lys, en 3 Ampères Dobbeltlampe giver ca. 260 Lys og en 6 Ampères Enkeltlampe ca. 380 Lys. Energiforbruget for alle 3 Lamper er 330 Watt. Tallene gælde for Lamper uden Kuppel.

I Janduslampen bruges lige tykke Over- og Underkul, og disse ere begge Homogenkul; der dannes intet Krater, men Lysbuen vil stadig vandre rundt imellem Kulspidserne. Derved opstaar et noget uroligt Lys.

Januslampen vil ikke kaste saa meget Lys nedad som aabne Lamper, hvorimod den vil kaste en Del Lys opad.

For at vise den almindeligste Maade, paa hvilken Regulerværket i en Buelampe funktionerer, skal Konstruktionen af et Par af de almindeligste Lampetyper anføres.

I Fig. 74 ses en Kørting & Mathiesens Shuntlampe. Kulholderne H_1 og H_2 kunne glide op og ned langs Stængerne $F-F_1$ og hænge i Kæden k, der gaar fra H_1 op igennem Regulerværkets Bundplade P, omkring Kædehjulet K og ned igennem Stangen F_1 til den anden Kulholder. K's Aksel har sine Lejer i den bevægelige Ramme R, som kan dreje sig om den faste Tap T paa Opstanderen O.

Paa Bundpladen staar Shuntmagneten M, hvis Anker A er i fast Forbindelse med Rammen R. Naar Magneten tiltrækker sit Anker, vil derfor hele Rammen dreje sig om T.

Magnetens Træk holdes i Ligevægt ved Spiralfjederen S, der er befæstet til Vægtstangen V.

Paa R er monteret en Tandhjulsudveksling, der forbinder K med Vindfanget v. Vægten af den øverste Kulholder er saa meget større end den nederstes, at den vilde trække K og dermed hele Løbeværket rundt, saafremt ikke en af Vindfangets Vinger laa an imod det faste Anslag a.

Sluttes nu Strømmen, medens Kullene staa et Stykke fra hinanden, saa vil der gaa Strøm igennem Shuntrullen, og Magneten vil trække sit Anker og dermed hele Rammen og Løbeværket helt hen i Yderstillingen til venstre; Vindfanget udløses, og Kulholderen H_1 vil da, idet den trækker Løbeværket rundt, bevæge sig nedad; samtidig gaar den anden Kulholder det samme Stykke opad. I det Øjeblik Kullene komme i Berøring indbyrdes, vil Shuntstrømmen blive omtrent Nul, M mister sin Magnetisme, Fjedren S trækker Rammen tilbage, hvorved Løbeværket standses. Samtidig drejes Kædehjulet tilbage sammen med Rammen, Kullene trækkes fra hinanden, og Buen dannes. Rammen vil indtage en saadan Hvilestilling, at der netop er Ligevægt mellem Magnetens og Fjedrens Træk. Efterhaanden som Kullene brænde bort, vil Buens Spænding stige, Shuntstrømmen vokse og Magneten trække sit Anker længere ind til sig. K drejes derved lidt sammen med Rammen og bringer Kullene tættere sammen. Til sidst vil Ankeret paa

denne Maade være trukket saa langt ind, at Vindfanget bliver frit, og Løbeværket gaar rundt. Efterhaanden som Kullene derved gaar sammen, svækkes Shuntstrømmen, og Ankeret gaar tilbage, indtil V fanger Anslaget og standser Kulgivningen.

Fra dette Øjeblik vil Ankeret staa og balancere, saaledes at v lige akkurat rører Anslaget; kun naar Buens Spænding er steget lidt, bliver v fri et Øjeblik og giver Kul.

For at dæmpe Ankerets Bevægelse er der til R befæstet en Luftdæmper, L.

Ved Hjælp af en Stilleskrue kan Vægtstangen V drejes lidt, hvorved Fjedren S strammes eller løsnes. Derved kan Buen indstilles til henholdsvis større eller mindre Spænding.

I Fig. 75 ses Skemaet af en saakaldet Schuckert Differentiallampe.

Denne Lampe indeholder intet Uhrværk.

Kulholderne ere befæstede til hver sin Jernkærne k og k_1, der bevæge sig i hver sin Solenoide, af hvilke den ene, H, fører Hovedstrømmen og den anden, S, Shuntstrømmen. Jernkærnerne hænge hver i sin Ende af en Snor, der er lagt omkring Tridsen T. Kulholderne ere afpassede saaledes i Vægt, at de, naar Lampen er strømløs, løbe sammen.

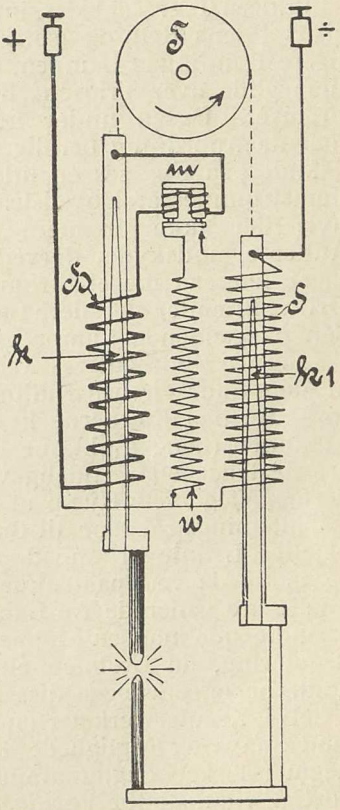


Fig. 75.

Jernkærnerne ere tilspidsede opadtil, hvorved opnaas, at de tiltrækkes lige meget af Solenoiderne, enten de befinde sig langt inde i Solenoiden, saaledes som k i Fig., eller længere ude, saaledes som k_1 i Fig.

Saasnart Strømmen sluttes, vil Solenoiden H have Overtag over Solenoiden S, den vil derfor tiltrække sin Kulholder og derved danne Buen.

Ved en bestemt Buelængde holde H's og S's Tiltrækninger i Forbindelse med Kulholdernes Vægt hinanden i Ligevægt, og Bevægelsen standser derfor. Kullene brænde nu efterhaanden bort, og Shuntsolenoiden faar derved Overtaget, hvorved Kullene atter nærme sig til hinanden, indtil der igen er Ligevægt og saaledes videre.

Tridsen T er saaledes indrettet, at den kun kan dreje sig i Pilens Retning (se Fig.); herved opnaas en roligere Tænding af Lampen, idet Snoren under Tændingen maa glide over Tridsen, hvorved Bevægelsen er stærkt bremset. Ogsaa under normal Brænding virker den nævnte Anordning beroligende paa Lampen.

Midt paa Fig. ses en lille Elektromagnet m, der gennemstrømmes af Hovedstrømmen. Brydes denne (f. Ex. hvis der ikke er mere Kul tilbage), slipper M sit Anker og indskyder derved en Modstand, w, der netop tager lige saa meget Strøm som Lampen under normal Drift. Brænder der flere Lamper i Serie, vil altsaa kun den paagældende Lampe gaa ud.

Lampen indreguleres ved at forandre paa Længden af den Snor, hvori Kulholderne hænge, eller ved at forandre paa Kærnerne k og k_1's Stilling i Forhold til hinanden (k og k_1 kunne forskydes i de Rør, hvori de ere fæstede) eller endelig ved at forandre paa Kulholdernes Vægt ved Hjælp af smaa Blylodder.

Tilledningstraadene til Buelampernes Kul kunne være bøjelige Ledninger, snoede af ganske tynd Kobbertraad og isolerede ved paatrukne Glasperler. Alle Ledningstraade ere isolerede fra Lampestellet. Naar Kullene ere brændte ud, maa en Stopper automatisk standse videre Regulering, da Lysbuen ellers vil dannes mellem Kulholderne og ødelægge disse.

Selve Regulerværket i en Buelampe er godt beskyttet mod Snavs og Fugtighed; derimod maa alle Dele under Regulerværket daglig afpudses, da Kulpartikler ellers hurtigt vil tilstoppe Føringerne og derved hindre Reguleringen.

Ved Isætning af Kul maa der paases, at Spidserne af disse sidde nøjagtig lige for hinanden.

Ved at tilsætte Buelampekullene forskellige Metalsalte kan opnaas, at det udkastede Lys antager et gulligt eller rødligt Skær, og at Buen breder sig flammeagtigt ud til Siden.

De for saadanne Kul indrettede Buelamper kaldes derfor Flammebuelamper; de kunne regnes at give ca. 1,5—2 Gange saa meget Lys for samme Strømstyrke,

men brænde ikke saa roligt som almindelige Lamper. Flammekullene give en Del mere Aske end andre Kul, og deres Anvendelse kræver derfor mere Pudsning. Endvidere brænde Flammekullene hurtigere end andre Kul, og man maa derfor benytte længere Kul i en Flammebuelampe end i en anden Buelampe med samme Brændetid.

En særlig Form for Flammebuelamper er den saakaldte Bremerlampe, hvor Buen brænder mellem Spidserne af skraat nedadvendte Kul; man faar herved Lyset fra begge Kulspidserne kastet nedad og opnaar saaledes en stor Lysstyrke i nedadgaaende Retning.

27. **Glødelamper.** Sendes en tilstrækkelig stærk elektrisk Strøm igennem en Leder, vil den gløde (se Stykke 12) og derved udstraale Lys. Jo stærkere Hvidglødhede Lederen opvarmes til, desto mere Lys vil den udstraale for en vis Mængde anvendt elektrisk Energi.

Naar Lederne komme op paa de Temperaturer, der ere nødvendige for at faa et nogenlunde økonomisk Resultat med Hensyn til Lysudbyttet, ville de imidlertid i Reglen i Løbet af kort Tid forbrænde, saafremt Glødningen ikke sker i lufttomt Rum. Til Glødelegeme maa endvidere vælges et Stof, der ikke fordamper for hurtigt, selv om det opvarmes til Hvidglødhede.

Glødelegemet i en Glødelampe bestaar af en tynd Kultraad anbragt i en lufttom Glasklokke. Enderne af Traaden ere førte ud igennem Glasset.

Fremstillingen af Glødelamper sker i Hovedtrækkene paa følgende Maade:

Ren Bomuld opløses i Svovlsyre og den derved dannede grødagtige Masse, Cellulose, udvadskes med Vand i 4 til 6 Uger; efter at Massen derefter er godt gennemæltet, presses den igennem et Mundstykke med et fint Hul, hvorved der dannes en tynd Traad, som omvikles paa Ruller, tørres, skæres i Stykker af passende Længde og anbringes paa Forme, der give Traaden den Bøjning, som ønskes.

Formene anbringes i Digler, der fyldes op med Grafitpulver og sættes ind i en Ovn, hvor Traadene forkulles. De udtagne Traade gennemgaa forskellige Processer, der tilsigte at give Traadene nøjagtig samme Tykkelse overalt, hvorefter de forsynes med Tilledningstraade af Platin. Disse omstøbes med en Glasskive (Fig. 76), og det hele anbringes i Glaspæren, der udpumpes for Luft gennem Røret R (Fig. 77) og tilsmeltes.

Ved Hjælp af Gibs befæstes Foden, som ved den i

Kjøbenhavn almindeligst anvendte Lampefatning »Edisonfatningen« bestaar af en Ring R af Messingblik (Fig. 78) samt en Messingplade P, isolerede fra hinanden ved Porcellæn og Gibs. I R er der trykket Gevind, hvorved Lampen kan skrues op i Lampeholderen. Den ene Platintraad er loddet til R og den anden til P.

Lamperne ere da færdige, hvorefter de prøves og stemples med den normale Lysstyrke samt den Spænding, ved hvilken nævnte Lysstyrke naas.

De af Kjøbenhavns Belysningsvæsen udleverede 220

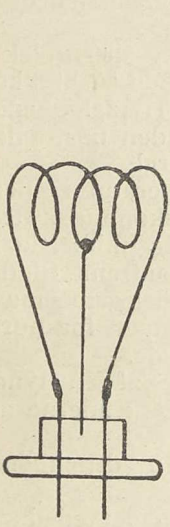


Fig. 76.

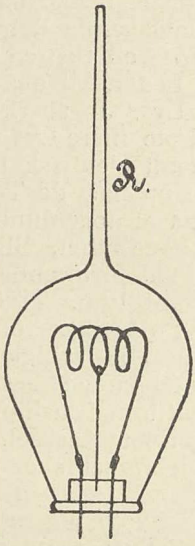


Fig. 77.

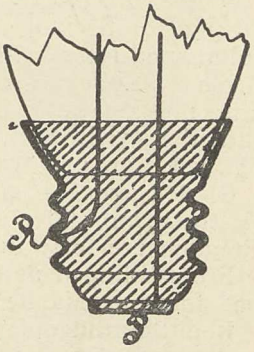


Fig. 78.

Volts Lamper have en normal Lysstyrke paa 10, 16, 25 eller 32 Lys.

220 Volts Glødelampernes Energiforbrug er i Almindelighed 3—3,6 Watt pr. Lys. En 3,5 Watts 16 Lys Lampe vil saaledes forbruge $16 \times 3{,}5 = 56$ Watt. Da Spændingen ved Lampens Poler er 220 Volt, vil Strømforbruget blive i $= \frac{56}{220} = 0{,}255$ Amp.

Kultraadene have i Reglen Form af en Spiral eller Slynge. Da Traaden i 220 Volts Lamper maa være meget lang og tynd, vil det være vanskeligt at give den tilstrækkelig Stivhed. For at ikke Traaden skal bøje sig ned mod Glasset, naar Lampen benyttes i vandret Stilling, er der derfor ofte anbragt Stivere af Glas eller Metaltraade (Fig. 79).

Har man en Glødelampe, som er bestemt for 220 Volt, og man varierer Spændingen f. Ex. fra 215 til 225 Volt, saa vil det vise sig, at denne forholdsvis ringe Forandring giver en meget stor Variation i Lysstyrken. 5 Volts Spændingsforandring (2,27 %) opad kan saaledes give en forøget Lysstyrke paa ca. 19 %.

Sættes Spændingen for en 220 Volts Lampe op til f. Ex. 280 Volt, vil Energiforbruget i Lampen forøges ca. 60 %, men samtidig forøges Lysstyrken med ca. 300 %, og Energiforbruget pr. Lys er gaaet ned til ca. 1,4 Watt.

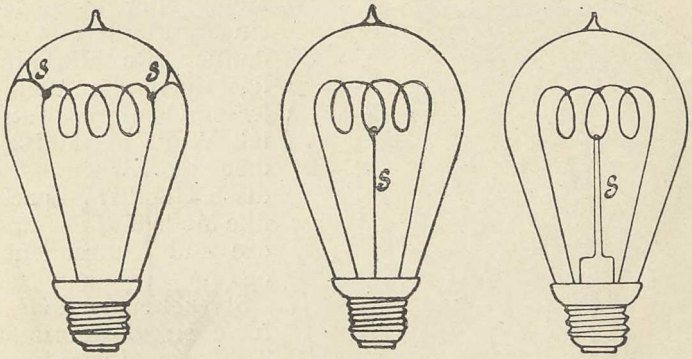


Fig. 79.

Imidlertid vil Lampen kun en kort Tid kunne taale den forøgede Spænding, idet Kultraaden paa Grund af den forøgede Temperatur hurtig vil fordampe og sluttelig springe.

En ringe Nedgang i Spændingen vil paa samme Maade formindske Lampens Lysstyrke i høj Grad, og dette er Grunden til, at Spændingen i Installationerne maa holdes meget nøje paa den normale Værdi.

Den ovenfor nævnte Fordampning af Kultraaden vil ogsaa — omend i langt ringere Grad — finde Sted ved en Glødelampe, der brænder ved normal Spænding. Traaden bliver derved i Tidens Løb tyndere. Modstanden større og Strømmen, der passerer Lampen, mindre. Samtidig vil imidlertid Lysstyrken aftage i forholdsvis endnu større Grad end Strømmen, hvorved Lampens Nyttevirkning altsaa formindskes. Det fordampede Kul sætter sig som et brunsort Lag paa Glasset og formindsker saaledes yderligere Lysstyrken. Lamperne erstattes i Reglen med nye, naar Lysstyrken er faldet ca. 25 %; Wattforbruget pr. Lys kan da regnes samtidig at være steget ca. 25 %.

Foruden de almindelige 220 Volts Glødelamper anvendes en Del saakaldte Mignonlamper, der ere mindre og have mindre Fod end de andre. Mignonlamper sættes oftest 2, 3, 4 eller 5 i Række over 220 Volt. De ere da udførte for henholdsvis 110, 73, 55 eller 44 Volt. Mignonlampernes Energiforbrug pr. HL er i Reglen større end almindelige Lampers.

Metaltraadsglødelamper er saadanne, i hvilke der i Stedet for Kultraaden findes en Traad af et tungt smelteligt Metal eller af Legeringer af flere saadanne. De almindeligst anvendte Metaller er Osmium, Tantal, Wolfram, Molybdæn og Zirkon. Da disse Metallers specifike Modstand er mindre end Kultraadens, og da Traadene af Styrkehensyn maa have en vis minimal Tykkelse, bliver Traadene i Metaltraadsglødelamper en Del længere end i Kultraadsglødelamper for samme Spænding. Dette medfører dels, at Traadene maa understøttes paa en særlig Maade, og dels at Lamperne lettest fremstilles for mindre Spænding eller for større Lysstyrke f. Eks. op til 150 Volt og for Lysstyrker fra 25 H. L.

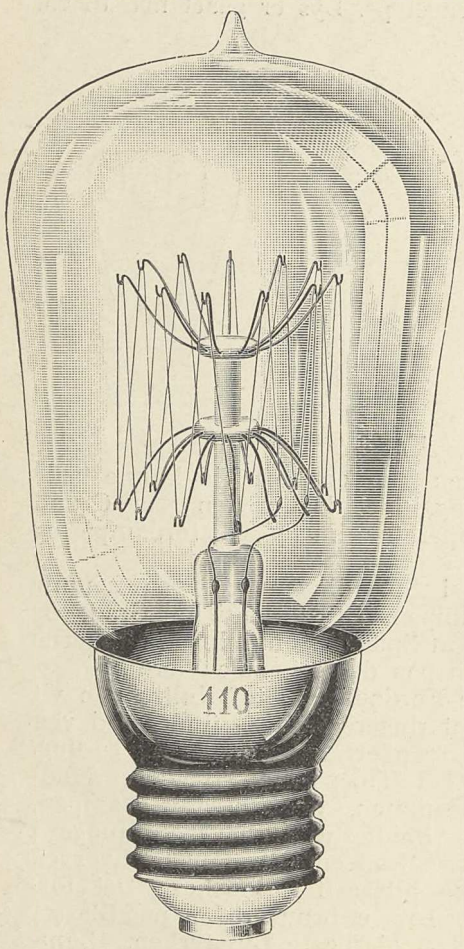


Fig. 79 a.

I Fig. 79 a ses en Tantallampe, hvor Traaden er afstivet ved, at den er trukket i Zigzag op og ned imel-

lem Spidserne af to over hinanden liggende, vandrette stjerneformede Stivere.

Metaltraadsglødelampernes Økonomi er betydelig bedre end Kultraadsglødelampernes, idet de kun bruger 1 à 1,5 Watt pr. H. L. Til Gengæld er Metaltraadsglødelampernes Pris noget højere end Kultraadsglødelampernes.

Nernst Lamper ere Glødelamper, i hvilke der som Glødelegeme benyttes en tynd Stang af et uforbrændeligt porcellænsagtigt Stof, der bl. a. er sammensat af Magnesia og Porcellænsjord.

Glødelegemet er ikke i kold Tilstand Leder for Elektricitet, men først naar det bliver opvarmet. Det taaler en meget høj Temperatur, og Lampens Energiforbrug pr. Lys er derfor lavt, kun ca. 1,5—1,75 Watt eller ca. Halvdelen af en almindelig Glødelampes Energiforbrug.

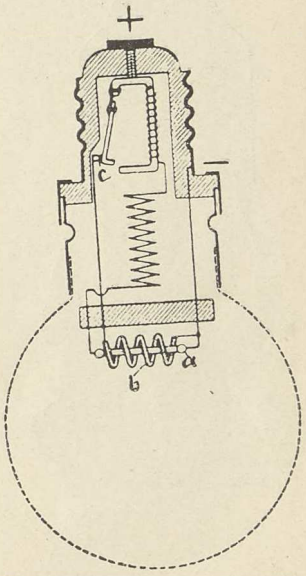


Fig. 80.

Da Glødelegemet ikke kan bevare sin ledende Evne i et lufttomt Rum, er Nernstlampen i Modsætning til den almindelige Glødelampe ikke lufttom.

Glødelegemet har den Egenskab, at dets Modstand aftager med voksende Temperatur; en lille Forhøjelse af Spændingen vil medføre en forøget Strømstyrke, som igen vil formindske Glødelegemets Modstand. Hvis der ikke var truffet særlige Forholdsregler, vilde Strømstyrken herved atter forøges o. s. v. og Glødelegemet sluttelig springe. For at undgaa dette, er der foran Glødelegemet indskudt en Forlagsmodstand af fin Jerntraad, der har den Egenskab, at Modstanden vokser med Temperaturen og altsaa her med Strømstyrken. Jerntraaden gives saadanne Dimensioner, at Modstandsformindskelsen i Glødelegemet ophæves af den samtidig optrædende Modstandsforøgelse i Forlagsmodstanden.

Den Opvarmning, som skal foretages, før Lampen kan tænde, sker automatisk. Omkring Glødelegemet er der lagt en Porcellænsspiral beviklet med fin Platintraad.

Naar Lampen indskydes, ledes Strømmen først igennem Platintraaden, som da vil gløde og derved opvarme Glødelegemet, indtil dette bliver ledende nok. Den Strøm, der da gaar gennem Glødelegemet, passerer Vindingerne af en Elektromagnet, der derved tiltrækker et Anker, som afbryder Strømmen i Platintraaden. Lampen udføres for Tiden for Spændinger op til 220 Volt og i 3 Størrelser, nemlig 0,25 Amp., 0,5 Amp. og 1 Amp. For 220 Volts Lamperne ere de hertil svarende Lysstyrker henholdsvis ca. 33, 65 og 130 Lys.

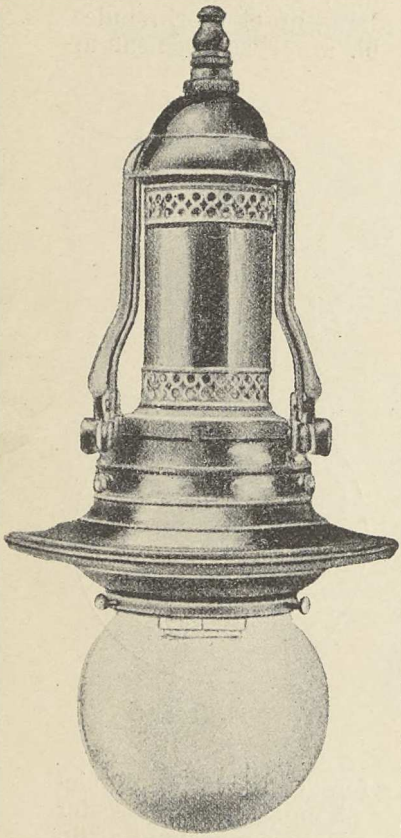


Fig. 81.

I Fig. 80 ses Strømskemaet og i Fig. 81 den 1 Ampères Lampes Ydre. Brænderen med Hedespiralen kan meget let tages af og erstattes med en ny. Ligeledes kan Forlagsmodstanden erstattes.

Glødelegemet vil efterhaanden forandre sin Struktur, blive skørt og tilsidst springe. Varigheden er under gunstige Forhold c. 300—500 Brændetimer, men Lampen taaler kun daarligt endog smaa Spændingsvariationer, og Glødelegemet springer derfor ofte hurtigere. Lysstyrken og Nyttevirkningen vil aftage jævnt med Brændetiden.

Da Glødelegemet helst altid skal have Strømmen igennem sig i én bestemt Retning, maa Polerne altid forbindes efter de Fortegn, hvormed Lampens Klemmer ere mærkede.

Den 0,25 Amp. Lampe og den 0,5 Amp. Lampe kan faas med Edison Fod og kan anbringes i almindelige Glødelampeholdere.

28. **Maaling af Lysstyrke.** De forskellige Lande have valgt forskellige Enheder for Lysstyrke. Den hos os almindeligst anvendte Enhed er det saakaldte Hefner Lys (H. L.) opkaldt efter v. Hefner-Alteneck, der har konstrueret en Normallampe, som, naar den brænder med en bestemt Flammehøjde, afgiver ét Hefnerlys.

Det Apparat, der bruges til Lysstyrkemaalinger, kaldes et Fotometer.

Bunsens Fotometer, der er meget anvendt, er baseret paa den Omstændighed, at en paa et Stykke Papir anbragt Fedtplet ved gennemskinnende Lys viser sig lys, ved tilbagekastet Lys mørk, medens den, naar Papiret belyses lige stærkt fra begge Sider, tilsyneladende forsvinder (det ser ud, som om Papiret slet ingen Plet havde).

Fotometret bestaar af en Kasse (Fig. 82), som er delt midt over ved det Stykke Papir P, paa Midten af hvilket Fedtpletten findes. To Spejle S og S_1 ere saaledes anbragte, at man fra Aabningen A kan se Papirets ene Side i Spejlet S og samtidig i Spejlet S_1 den anden Side.

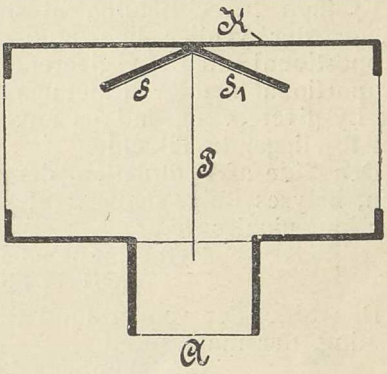


Fig. 82.

Fotometret anbringes paa en Slæde, der kan skydes frem og tilbage paa Vangerne af den saakaldte Fotometerbænk. Vangerne ere forsynede med en inddelt Skala, og Længden er i Almindelighed $2^1/_2$ eller 3 Meter (Fig. 83).

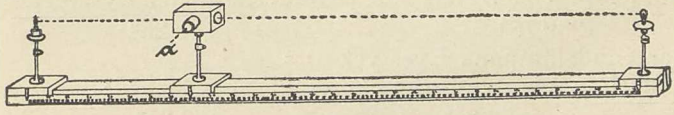


Fig. 83.

Lad os antage, at vi have en Fotometerbænk med en Skala paa 3 Meter og ønske at maale Lysstyrken af en eller anden Lysgiver, f. Eks. en 16 Lys Glødelampe. Vi anbringe da en Hefnerlampe lige over Fotometerbænkens Nulpunkt og den Lampe, vi ønske at maale, over Skalaens Mærke cm., 300 idet vi passe, at Hefnerlampens Flamme, Fotometrets Fedtplet og Glødelampen ligge i samme rette Linie, altsaa i samme Højde over Fotometerbænken.

Vi anbringe nu Øjet i Aabningen a (se Fig. 83) og skyde Fotometret frem og tilbage, indtil de to Billeder

af Fedtpletten synes at forsvinde eller, da de to Lyskilder næsten aldrig have samme Farve Lys, indtil de synes lige stærkt lysende (lige stærkt schatterede). Vi aflæse da det Punkt, over hvilket Fotometret befinder sig. Lad os antage, at dette Punkt er ved 60,25 cm. Afstanden fra Hefnerlampen til Fotometret er altsaa 60,25 cm., og Afstanden fra Glødelampen til Fotometret 300 ÷ 60,25 = 239,75 cm.

Af disse Afstande og Hefnerlampens bekendte Lysstyrke (1 H. L.) kan Glødelampens Lysstyrke beregnes.

Fysiken lærer nemlig, at den Styrke, hvormed en Flade, der vender lige mod en Lysgiver, belyses, er proportional med Lysgiverens Styrke, men omvendt proportional med Kvadratet paa Afstanden mellem Fladen og Lysgiveren, og lad os anvende denne Sætning paa det foreliggende Tilfælde.

Den Side af Fedtpletten, der vender mod Hefnerlampen, belyses ifølge den nævnte Sætning med en Styrke, der kan maales ved

$$\frac{\text{Hefnerlampens Lysstyrke}}{60{,}25 \times 60{,}25}$$

Den Side, der vender mod Glødelampen, faar en Belysning, der maales ved

$$\frac{\text{Glødelampens Lysstyrke}}{239{,}75 \times 239{,}75}$$

Men, da vi have indstillet Fotometeret saaledes, at Fedtpletten forsvinder, saa maa de to Belysninger være lige store eller

$$\frac{\text{Glødelampens Lysstyrke}}{239{,}75^2} = \frac{\text{Hefnerlampens Lysstyrke}}{60{,}25^2}$$

eller Glødelampens Lysstyrke =

$$\frac{\text{HefnerlampensLysstyrke} \times 239{,}75^2}{60{,}25^2} = \frac{1 \times 239{,}75^2}{60{,}25^2} = 15{,}8.$$

Altsaa, den 16 Lys Lampe, vi maale, har en Lysstyrke af 15,8 Lys.

Da man sædvanlig tillader Fabrikkerne at have en Afvigelse fra den paa Lamperne anførte Lysstyrke af af 6 %, maa den her omhandlede Lampe anses for god.

Skal man maale større Lysstyrker, kan man i Stedet for Hefnerlampen anvende f. Eks. en Petroleumslampe, hvis Lysstyrke først bestemmes ved Hjælp af en Hefnerlampe.

I Stedet for denne Lysstyrke, maa der da i Formlen regnes med Petroleumslampens maalte Lysstyrke.

29. **Elektriske Opvarmningsapparater.** Som allerede nævnt under Stykke 12 benyttes den af den elektriske

Strøm udviklede Varme i den daglige Husholdning f. Ex. ved Kogekar, Ovne, Strygejern, Cigartændere.

De almindeligst anvendte elektriske Kogekar ere saaledes indrettede, at der udvendig paa Karret vikles Traadspiraler, der indsmeltes i Emaille, saaledes at Traaden bliver fuldstændig isoleret.

Naturligvis maa et saadant Kogekar ikke sættes under Strøm, naar det er tomt, da Emaillen derved vil ødelægges.

En anden Maade at indrette et elektrisk Kogekar paa, er at bevikle Karret med en særlig Varmetraad, der ev isoleret med et uforbrændeligt Isolationsmateriale. Paa den blanke Traad er der f. Ex. trukket ganske tynde Perler af Glas, Emaille, Porcellæn eller lignende, og derefter er Traaden dyppet i Vandglas, saaledes at alle Huller og Mellemrum udfyldes.

I Kogekar kan man ikke vente at faa al den udviklede Varme udnyttet, idet en Del af Varmen vil afgives til Omgivelserne, og en Del vil medgaa til Opvarmning af selve Kogekarret.

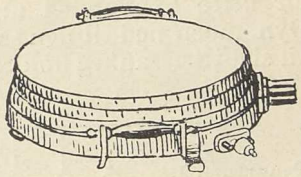


Fig. 84.

Mere end 80 % af den virkelig udviklede Varmemængde kan man ikke gøre Regning paa at faa til Nytte selv i de bedst konstruerede Kogekar.

Med Hensyn til Beregningen af den udviklede Varmemængde henvises til Stykke 12.

Kogeapparater udføres ofte saaledes, at der inde i en flad Daase, Fig. 84, anbringes Varmetraad, bestaaende af en Asbetstsnor beviklet med Platintraad; hele Varmetraaden monteres paa en Ler- eller Porcellænsplade.

Efter samme Princip kunne elektriske Ovne, Strygejern, Loddebolte, Cigartændere etc. være indrettede.

Der findes forøvrigt en stor Mængde forskellige Fabrikata af alle disse Ophedningsapparater, og om næsten dem alle gælder, at de vanskeligt kunne repareres eller omvikles uden af den Fabrik, der har sendt dem i Handelen.

Forskellige Systemer for Fordeling af elektrisk Energi.

30. **Serieforbindelsen.** Fig. 85 fremstiller skematisk et Antal Bue- eller Glødelamper, der forbundne i Serie forsynes fra Dynamoen D. Det ses, at alle Lamperne

maa gennemstrømmes af den samme Strøm. Systemet kan altsaa kun bruges, naar det drejer sig om at forsyne en Række Lamper eller andre elektriske Brugsgenstande, der alle arbejde med samme Strømstyrke. Skydes en af Lamperne ud af Strømkredsen, da gaar Resten ud, hvis man ikke sørger for i Stedet for den udskudte Lampe straks at indskyde en Leder for Elektriciteten. Dersom Lederen har samme Modstand som Lampen, arbejder Systemet videre, men Modstanden konsumerer da en til Lampens Forbrug svarende Energimængde. Det er derfor mere økonomisk at kortslutte Lampen og regulere Dynamoen ned til den samme Strømstyrke som før. Det vil sige i Serieanlæg holdes Strømstyrken konstant, medens Spændingen varierer med Belastningen. Systemet finder kun Anvendelse ved langstrakte Buelampe- eller Glødelampeanlæg.

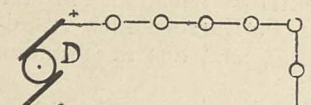


Fig. 85.

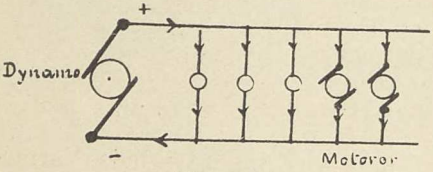


Fig. 86.

31. **Parallelforbindelsen.** Her ere alle elektriske Brugsgenstande og Strømgivere koblede parallelt imellem + og ÷ Ledningssystemet. Fig. 86 fremstiller Systemet i sin simpleste Skikkelse. I Modsætning til Serieforbindelsen holdes her Spændingen konstant, medens Strømstyrken vokser med Belastningen. Ved større Anlæg vælger man som Regel Spændingen 110 Volt eller 220 Volt. Buelamper sættes da 2 og 2 eller henholdsvis 4 og 4 i Serie, idet en Buelampe som før nævnt bruger ca. 40 Volt. Resten af Spændingen bortages ved Hjælp af Modstande. Motorer og andre Brugsgenstande konstrueres til den forhaandenværende Spænding.

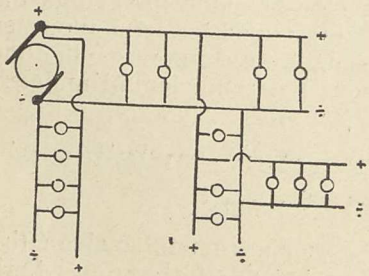


Fig. 87.

Fra Strømkilden kan man tage flere parallele Strømkredse, som atter kunne forgrenes videre, se Fig. 87.

32. **Blandede Forbindelser.** Ved disse Forbindelser kobler man enten parallelt forbundne Grupper i Serie (se Fig. 88) eller serieforbundne Grupper parallelt (se Fig. 89).

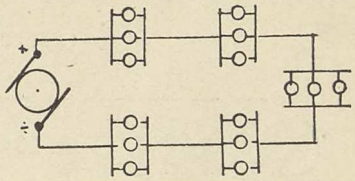


Fig. 88.

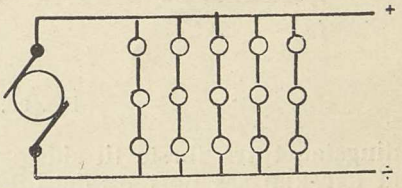


Fig. 89.

En Anordning som førstnævnte kræver ikke en Elektricitetskilde med saa høj Spænding, som hvis de forekommende Lamper alle vare forbundne i Serie. Sidstnævnte Anordning kræver ikke saa stor Strømstyrke, som hvis alle Lamperne vare forbundne parallelt, der kan altsaa anvendes tyndere Kobberledninger i Anlæget. De blandede Systemer lide alle ligesom Serieforbindelsen af den Ulempe, at flere Lamper ere afhængige af hinanden.

Alle de her nævnte Systemer kaldes 2-Leder Systemer, idet der i Hovedledningerne kun findes 2 Polariteter.

Man anvender imidlertid ogsaa andre Systemer, hvor Elektriciteten fordeles igennem flere end to Ledninger, de saakaldte Flerledersystemer. Her skal kun omtales det Flerledersystem, der er kommet til Anvendelse i København. Dette System har tre Ledere og kaldes derfor Treledersystemet.

33. **Treledersystemet.** Vi ville se, hvorledes og hvorfor man er kommet ind paa den Tanke at anvende tre Ledere i Stedet for to til Fordeling af Elektriciteten.

Lad os antage, at vi skulle forsyne 100 Stk. 220 Volts Glødelamper, hver à 0,25 Amp., med Strøm. Afstanden mellem Strømgiveren og Lamperne er 1000 Meter, og der maa i Tilledningerne ikke tabes mere end højst 10 % af den Spænding, der er ved Strømgiverens Poler. Endvidere forlanges det, at Lamperne skulle være uafhængige af hinanden, saaledes at de kunne tændes og slukkes i Flæng.

Vi maa da vælge at forsyne Lamperne ved en Pa-

rallelforbindelse, og lad os antage et almindeligt 2-Leder System. Strømskemaet bliver som vist i Fig. 90. Spæn-

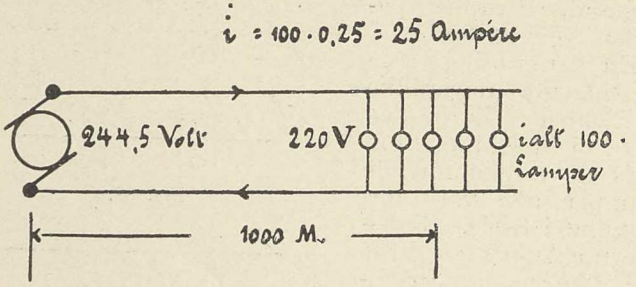


Fig. 90.

dingstabet fra første til sidste Lampe antages saa lille, at der kan ses bort fra det i denne Beregning. Vi sætte da Spændingen ved den første Lampe til 220 Volt.

Spændingen ved Dynamoen bliver ca. 244,5 Volt, svarende til, at der er tilladt et Spændingstab af 10 %. Vi kunne nu benytte Formlen i Stykke 10:

$$\text{Spændingstabet} = i \cdot 2\,w$$

til at finde Kobbertværsnittet af den Ledning, vi maa anvende for netop at faa Spændingstabet 244,5 ÷ 220 = 24,5 Volt.

Man har

$$245 = \overbrace{100 \cdot 0{,}25}^{i} \cdot 2\,w$$

$$\text{eller } 2\,w = \frac{24{,}5}{100 \cdot 025} = 0{,}98\ \Omega$$

hvilket vil sige, at Kobbertværsnittet maa være saa stort, at en Traad af Længden 2000 Meter har en Modstand af 0,98 Ω. Kaldes det søgte Tværsnit q, faaes i Følge Stykke 11 og den deri givne Tabel over specifik Modstand

$$\frac{2000 \cdot 0{,}0172}{q} = 0{,}98$$

$$\text{hvoraf } q = \frac{2000 \cdot 0{,}0172}{0{,}98} = 35{,}1 \text{ qmm.}$$

Lad os nu for et Øjeblik se bort fra den i Opgaven stillede Betingelse, at Lamperne skulle kunne slukkes og tændes uafhængigt af hinanden, og lad os forsyne dem

saaledes, at vi sætte dem i Serie to og to og derpaa forsyne disse Seriegrupper parallelt paa 440 Volt. Skemaet bliver som i Fig. 91. Strømstyrken bliver nu $50 \times 0{,}25 = 12{,}5$ Ampère eller det halve af, hvad den var før,

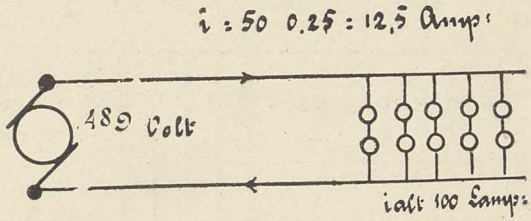


Fig. 91.

og Spændingstabet, der jo maa være 10 % af Dynamospændingen bliver ca. 49 Volt, eller det dobbelte af, hvad den var før.

Formlen for Spændingstabet giver altsaa

$$49 = 12{,}5 \cdot 2\ w$$

eller $2\ w = 3{,}92\ \Omega$ og Kobbertværsnittet q faas i dette Tilfælde af

$$\frac{2000 \cdot 0{,}0172}{q} = 3{,}92$$

$$\text{hvoraf } q = \frac{2000 \cdot 0{,}0172}{3{,}92} = 8{,}77 \text{ qmm.}$$

Det ses heraf, at man i dette Tilfælde kan forsyne Lamperne ved Hjælp af en Ledning, hvis Kobbervægt kun er $^1/_4$ af den i det foregaaende Tilfælde anvendte Lednings Kobbervægt. Ledningsanlægget bliver altsaa betydeligt billigere, men til Gengæld kunne Lamperne kun slukkes to og to. Kunde man overvinde denne Ulempe, da er det klart, at der er en stor Fordel ved at forsyne Glødelamperne ved Hjælp af en Elektricitetskilde, der giver Lampernes dobbelte Driftsspænding plus det uundgaaelige Spændingstab i Tilledningerne.

Treledersystemet overvinder netop den nævnte Vanskelighed.

Skemaet for de foreliggende 100 Lamper forsynede ved Hjælp af et Treledersystem ses i Fig. 92.

Strømkilden er to Dynamoer (eller to Elektricitetskilder af en hvilken som helst Art, f. Ex. to Akkumulatorbatterier) koblede i Serie, og fra den Ledning, der forbinder den ene Dynamos Pluspol med den andens Minuspol, er der ført en tredie Ledning til Lamperne,

saaledes som Figuren viser. Brænde alle 100 Lamper fører denne tredie Ledning, »Nulledningen«, ingen Strøm,

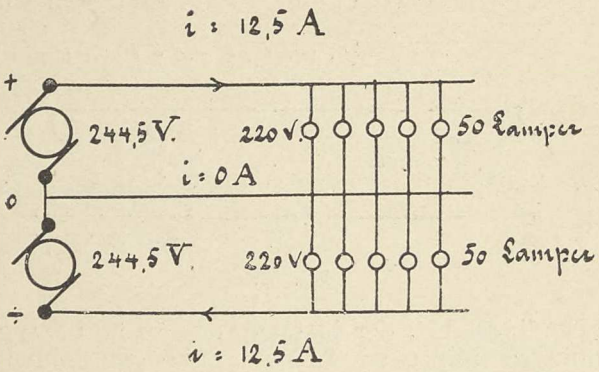


Fig. 92.

og de to andre Ledninger, »Yderledningerne« (Plus og Minusledningen), hver 12,5 Ampère. Det vil sige Strømføringerne ere ganske som i forrige Tilfælde, og Beregningen af Yderledningernes Kobbertværsnit vil ogsaa være den samme. Kobbertværsnittet altsaa 8,77 qmm.

Slukkes der lige mange Lamper i hver Side af Systemet, fører Nulledningen stadig ingen Strøm. Slukkes der derimod f. Ex. 20 Lamper i Plus Siden (paa + og 0), saa faas de i Fig. 93 viste Strømføringer. Nulledningen fører 5 Ampère og Minus-Sidens Dynamo maa levere 5 Ampère mere end en Plus-Sidens.

Det ses, at man ved at anvende et Treledersystem sparer Kobber i Sammenligning med, hvad der vilde medgaa, saafremt man anvendte et almindeligt Toledersystem med Parallelfordeling. Lad os nemlig antage, at vi give Nulledningen samme Tværsnit som Yderledningerne, saa ville vi i det foreliggende Tilfælde have 1000 Meter Ledning med et samlet Kobbertværsnit af $3 \times 8{,}77 = 26{,}31$ qmm. medens Toledersystemet vilde kræve 1000 Meter Ledning med et samlet Kobbertværsnit af $2 \times 35{,}1 = 70{,}2$ qmm. Anvendelsen af Treledersystemet giver altsaa et forholdsvis billigt Ledningsnet.

Naar Treledersystemet anvendes, fordeles de tilsluttede Lamper o. s. v. saa ligeligt som muligt paa Systemets

to Sider. Her i Kjøbenhavn, hvor Systemet anvendes, tillades det at anbringe Installationer paa indtil 100 Stk. 16 HL 220 Volts Lamper paa en af Systemets Sider.

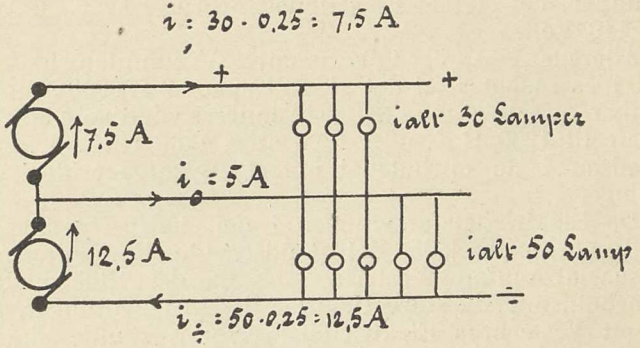


Fig. 93.

Den Side, paa hvilken en Installation skal anbringes, opgives af Belysningsvæsenet, idet der ved Fordelingen tages Hensyn til Installationernes Art, om det er Installationer i Butikker, Kontorer, Restauranter, Beboelser o. s. v. Installationer paa over 100 Lamper deles i 2 Dele, der faa hver sin Maaler, og som anbringes paa hver sin Side af Nettet.

Vi skulle i det følgende give en kort Beskrivelse af de kjøbenhavnske kommunale Elektricitetsværkers Udvikling samt af det til Værkerne hørende Ledningsnet.

34. **Kjøbenhavns kommunale Elektricitetsværker.** Det første kommunale Elektricitetsværk — Gothersgade-Værket — toges i Brug i Marts 1892. Det var den Gang baseret paa Strømlevering til ialt 14000 samtidig brændende Glødelamper, og til dette Øjemed var der installeret 3 Stk. Babcock & Wilcox Kedler og 3 Stk. Steinmüller Kedler til 10 Atm. Overtryk. I Maskinhallen fandtes 3 Stk. Dampdynamoer, paa tilsammen 1430 eff. H. K. og indrettede til at levere Jævnstrøm af 2×110 Volts Spænding til Ledningsnettet og indtil 2×170 Volts Spænding til Ladning af det i Akkumulatorkælderen installerede Akkumulatorbatteri. Dette bestod af to parallelforbundne Dele hver med 2×68 Stk. Tudor Celler, der hver havde en Kapacitet af 2400 Amp.-Timer.

Ledningsnettet omfattede kun Hovedgaderne i den indre By; det var som allerede nævnt lagt efter Treleder-

systemet og bestod dels af uarmerede Blykabler i Betonkasser, dels af jernbaandsarmerede Blykabler, hvorom senere. Forsyningslederne havde en samlet Længde af ca. 54 Km, og der var d. $\frac{1}{4}$ 1893 tilsluttet ialt 14800 Lamper; det største Elektricitetsforbrug var 3350 Amp. × 110 Volt.

Allerede i Aaret 1895 maatte Akkumulatorbatteriet udvides saaledes, at det fik en Kapacitet af 6000 Ampere-Timer og i 1896 maatte der installeres yderligere Maskinkraft til 1200 H.K. og i 1898 atter 1200 H.K., hvorved Pladsen i de oprindeligt opførte Bygninger blev fuldt optaget.

Da Elektricitetsforsyningen i den indre By slog saa godt an, overvejedes det at udstrække Forsyningen til ogsaa at omfatte Vesterbro, og da det vilde medføre uforholdsmæssig store Udgifter til Hovedledninger, saafremt Vesterbros Elektricitetsforsyning skulde ske fra Gothersgades Elektricitetsværk, besluttedes det at opføre et nyt Værk — Vestre Elektricitetsværk — paa en Grund paa Hjørnet af Ny Vestergades Forlængelse og Tømmerpladsgade.

Det nye Værk toges i Brug i Oktober 1898, og der var da installeret 3 Stk. Babcock & Wilcox Vandrørskedler til 10 Atm. Overtryk, 2 Stk. 400 H.K. Dampdynamoer for 225 à 300 Volts Jævnstrøm samt et Akkumulatorbatteri, bestaaende af 2 × 68 Stk. Tudor Celler med en Kapacitet af 2550 Amp.-Timer.

Vestre Elektriricitetsværk leverer siden Aar 1900 tillige Elektricitet til Drift af Sporvejene og har efterhaanden faaet Maskinkraften forøget med 3 Stk. ca. 600 H.K. Dampdynamoer med tilhørende Kedler og et større Akkumulatorbatteri, saaledes at de oprindelig opførte Bygninger derved er fuldt optagne.

I 1902 sattes Østre Elektricitetsværk i Drift til Forsyning dels af de elektriske Sporveje og dels af Øster- og Nørrebrokvarterne med Belysning. Paa Østre Elektricitetsværk var der oprindelig installeret 3 Stk. 800 H.K. Dampdynamoer med tilhørende Kedelanlæg og et Akkumulatorbatteri paa 2700 Ampere-Timer samt et Pufferbatteri for Sporvejene. I 1906 installeredes en 4de 800 H.K. Dampdynamo med tilhørende Kedel.

I 1903—04 opførtes et nyt Elektricitetsværk ved Siden af det ældre Værk i Gothersgade, og der er i det nye Værk efterhaanden installeret 4 Stk. 1500 H.K. Dampdynamoer med tilhørende Kedelanlæg, hvorved ogsaa de nye Bygninger er fuldt optagne.

I 1907—08 installeredes paa Østre Elektricitetsværk 2 Stk. 3500 H.K. Dampturbin-Dynamoer for 6000 Volts Trefase-Vekselstrøm, der skal føres dels til Byens ydre Distrikter, hvor den transformeres til 3 × 220 Volts Trefasestrøm, og dels til Vestre Elektrieitetsværk og Gothersgades Elektricitetsværk, hvor den omformes til Jævnstrøm.

Fra Begyndelsen var Gothersgades Elektricitetsværk og Vestre Elektricitetsværk som nævnt indrettede for Levering af Strøm af 2 × 110 Volts Spænding. I Aarene 1902—04 forandredes de nævnte Værker imidlertid saaledes, at der derefter leveredes Strøm af 2 × 220 Volts Spænding. Derved opnaaedes en væsentlig Besparelse paa Gadeledningsnettet, idet dette kan forsyne ca. 3 Gange saa mange Lamper ved 2 × 220 Volts Spænding som ved 2 × 110 Volt. Østre Elektricitetsværk er fra første Begyndelse anlagt for 2 × 220 Volt.

Den rivende Udvikling, som Elektricitetsforbruget og Elektricitetsværkerne have haft i de forløbne Aar, ses af nedenstaaende Tabel.

	Installerede 16 Lys Lamper eller deres Ækvivalent	Installerede Motorer ialt	Forbrugt Energi			Længde af Forsyningsledninger	Pris pr. K.W.T. for Elektricitet	
			til Belysning	til Motorer og Sporveje	til Gadebelysn		til Lysbrug	til Motorbrug
	Stk.	H.K.	K.W.T.	K.W.T.	K.W.T	Km.	Kr.	Kr.
1892..	14800	3	190700	900	18200	54	0,80	0,30
1893..	19700	24	361000	3700	31200	55	0,80	0,22—0,30
1894..	26200	49	440000	13300	35600	59	0,60	0,22—0,30
1895..	33400	85	554000	25800	40500	67	0,60	0,22—0,30
1896..	45600	187	733000	56500	43500	73	0,60	0,20
1897..	54400	294	915000	394000	48300	94	0,60	0,20
1898..	75100	522	1127000	668000	51800	132	0,50	0,15
1899..	95400	899	1319000	926000	50300	142	0,50	0,15
1900..	120000	1244	1564000	1277000	115800	153	0,50	0,15
1901..	140000	1507	1841000	1820000	138200	161	0,50	0,15
1902..	180000	2060	2288000	3960000	149600	216	0,50	0,15
1903..	216600	2789	2783700	6624700	204700	236	0,50	0,15
1904..	251300	3300	2978000	7662900	212200	245	0,50	0,15
1905 .	300200	3814	3461400	8098000	237300	276	0,50 og 0,35	0,15
1906 .	372900	4584	4220500	9202700	275500	312	0,35	0,15

I de Gader, hvor der kan ventes større Forbrug, er der i Fortovene lagt Forsyningsledninger, hvorfra Stikledninger kunne tages ind til de forskellige Ejendomme.

Forsyningsledningerne ere lagte som Treleder med Nulkablet af mindre Tværsnit end Yderlederne. Tværsnittene variere fra 16 □ mm. til 800 □ mm.

Forsyningsledningerne danne saavidt muligt et kontinuerligt Net uden lange Udløbere, for at de ved ujævn Belastning frembragte Spændingsdifferencer i forskellige Punkter skulle udjævnes igennem de forskellige Ledninger i Nettet.

Forbindelsen imellem Elektricitetsværkernes Fordelingstavler og Forsyningsnettet sker igennem de saakaldte Fødeledninger. Fra Gothersgade Værket udgaar saaledes 19 Fødeledninger, hvoraf nogle igen ere forgrenede, saaledes at de 19 Fødeledninger ere forbundne til ialt 36 Punkter — Fødepunkter — af Forsyningsnettet.

Fødeledningernes Tværsnit ere beregnede saaledes, at Spændingstabet i alle Fødeledninger er tilnærmelsesvis det samme under normal Belastning.

Spændingstabene i Fødeledningerne fra Gothersgades Elektricitetsværk ere i Vinteraftenerne under Maximum ca. 14 Volt i hver Side, altsaa 14 Volt i + Kablet og 14 Volt i ÷ Kablet (Driftstpændingen 2 × 110 Volt).

Ønskes Fødepunkternes Spænding — paa Grund af de smaa Spændingstab, der findes i Forsyningsledningerne samt Stik- og Maalerledninger — holdt paa 111 Volt i hver Side af Treledernettet, maa Spændingen paa Værkets Samleskinner under Maximum altsaa holdes paa 111 + 14 = 125 Volt i hver Side.

For at blive i Stand til stadig at kontrollere, at Spændingen i Fødepunkterne altid er ca. 111 Volt, ere alle Fødekablerne forsynede med en i Kobberkærnen indlagt isoleret Prøvetraad, som forbindes til Kablet ude ved Fødepunktet. Paa Værket aflæses da et Fødepunkts Spænding, idet man forbinder den tilsvarende Fødeledningens Prøvetraade til Klemmerne af et passende Voltmeter.

De fleste Fødeledninger fra Gothersgade-Værket ere lagte som 3 Leder.

For de Fødeledninger, som mangle 0 Kabel, maa den ved skæv Belastning fremkomne 0 Strøm gaa igennem Forsyningsledningernes Nulkabler til de nærmeste Fødepunkter, som ere forbundne til Værket ved Nulledninger, og derefter gennem disse til Værket.

Nulledningerne have som Regel ca. halvt saa stort

Tværsnit som hver Yderleder, og dette Tværsnit har ved passende Fordeling af de tilsluttede Lamper altid vist sig at være tilstrækkeligt til at føre den fra skæv Belastning hidrørende Nul-Strøm.

Ved Overgangen til 2 × 220 Volts Driftsspænding vil — forudsat at Energiforbruget bliver det samme som nu — Strømmen i Fødeledningerne gaa ned til Halvdelen, og Spændingstabet i Fødeledningerne vil derfor straks gaa ned fra 14 Volt paa 110 til 7 Volt paa 220 Volt eller med andre Ord fra 12,8 % til 3,2 %.

Fra Vestre Elektricitetsværk udgaar til Forsyning af Lysnettet 9 Fødeledninger, hvoraf de 7 ere forsynede med Nulledere. Fødeledningerne ere oprindelig beregnede til maximalt 10 % Spændingstab eller 11 Volt i hver Side ved 2 × 110 Volt.

Fra Østre Elektricitetsværk udgaar til Lysnettet 8 Fødeledninger, der ere beregnede for et maximalt Spændingstab af 10 %, altsaa 22 Volt i hver Side, Der findes ingen Nulledere i Fødeledningerne, hvorimod Forsyningsledningernes Nulledere ere forstærkede mere og mere, jo nærmere de ere Værket, og tilsidst er der fra de Punkter af Forsyningsnettet, der ligger Værket nærmest, ført et Par svære Nulledninger ind paa Værket. Skævheden i Belastning kan nemlig for største Delen udligne sig i selve Forsyningsnettet — et overvejende Forbrug i den positive Side af et Distrikt vil opvejes af et overvejende Forbrug i den negative Side af et andet Distrikt —, og det er saaledes kun nødvendigt at føre den fra den resulterende totale Skævhed hidrørende ringe Nulstrøm ind paa Elektricitetsværket.

Gadeledningerne i den indre By og paa Vesterbro bestaa nu udelukkende af jernbaandsarmerede Blykabler, nedlagte i Fortovet i en Dybde af ca. 0,8 m. og dækkede med et Lag Mursten.

De benyttede Kabler have følgende Konstruktion:

Omkring Kobberkærnen (Fig. 94). som er sammensnoet af 2,3—6 mm. fortinnet Kobbertraad (en af de ydre Kobbertraade er erstattet med den Side 112 nævnte isolerede Prøvetraad, som benyttes ved Spændingsmaalinger), findes det egentlige Isolationslag, som bestaar af en flerdobbelt Omspinding af imprægneret Jute eller Papir. Herover findes en Blykappe, der skal beskytte Isolationslaget imod

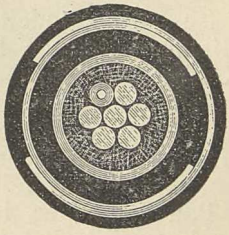


Fig. 94.

Fugtighedens Indtrængen. Blykappen er overstrøget med Kompound og derefter beviklet med japansk Papir, der er gennemtrukket med og atter overstrøget med Kompound.

Som mekanisk Beskyttelse for Blykappen findes endnu en Omspinding af imprægneret Jute og derover igen den egentlige Armatur, som bestaar af 2 spiralformet omviklede Staalbaand, hvoraf det øverste dækker Fugen i det nederste. Staalarmeringen er beskyttet mod Rust ved en Juteomspinding.

Da Jutens og Papirets Isolationsevne er betinget af, at det holdes fuldstændig tørt, vil den mindste Beskadigelse af Blykappen medføre Ødelæggelse af Kablets Isolation, og Skaden vil ved Fugtighedens Videretrængen hurtig udstrække sig over en større Længde Kabel. Beskadigelse af Blykappen kan ske ved Spadestik eller Hug med Hakker, og Kablerne beskyttes derfor mod saadan Vold ved et Lag Mursten, desuden er her i Byen al Opgravning i Fortovene uden Anmeldelse til og Tilsyn fra Belysningsvæsenet forbudt.

Alle Samlinger, Forbindelser og Afslutninger maa udføres vandtætte. Samlingerne foretages i Støbejerns Samlemuffer af Form som vist paa Fig. 95. De to Ender, der skulle samles, beskæres for den ydre Beviklings og Jernbaandenes Vedkommende paa en Længde, svarende omtrent til Samlemuffens halve indvendige Længde. De øvrige Lag aftrappes henimod Enden, saaledes at Kobberkærnen bliver fri paa en Længde tilstrækkelig til Anbringelse af en todelt fortinnet Messingklemme, der ved Hjælp af Skruer klemmes sammen om de to blanke Kobberender. Efter at Enderne af den ydre Bevikling er omvundet med Kompoundpapir eller Tjæregarn, samles Støbejernsmuffen om Kablet ved Hjælp af Bolte, og Muffen fyldes igennem et Hul i Dækslet med en særlig isolerende og vandtæt Masse — Kompound.

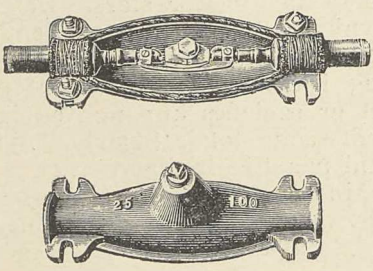


Fig. 95.

Paa de Steder, hvor flere Ledninger skulle forbindes — hver Polaritet for sig —, er der i Fortovet anbragt Kabelkasser. Paa hosstaaende Fig. 96 ses en 6-delt Kasse,

en Kasse, som kan optage 6 Ledninger eller 18 Kabler. Hvert Kabel forsynes med en Kabelsko, og Samlingen mellem denne og Kablet omgives med en Støbejernsmuffe — Stutzmuffe, S, (se Figuren) — udstøbt med Kompound ligesom de ovennævnte Samlemuffer. Kabelskoene holdes isoleret fra Mufferne ved Ebonitbøsninger. Stutzmufferne spændes ved Hjælp af Skruetappe fast til Kassen, saaledes at kun Kabelskoene naa ind i denne igennem de dertil anbragte Huller.

Disse Huller ere anbragte i 3 forskellige Højder, saaledes at alle + Kablerne komme ind øverst, 0 Kablerne

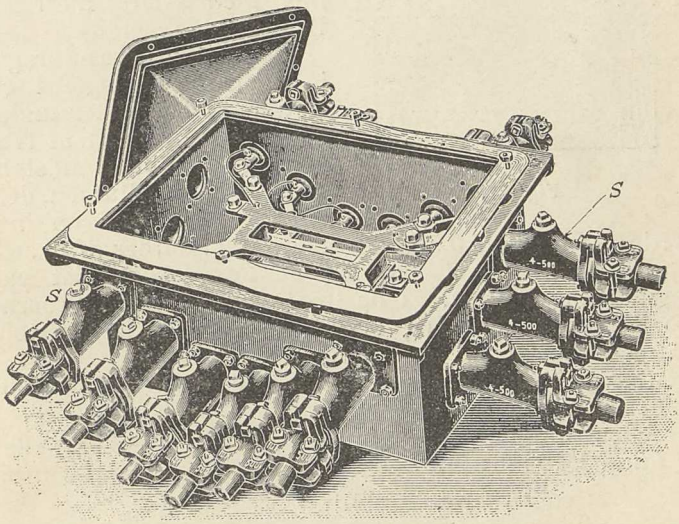


Fig. 96.

i Midten og ÷ Kablerne underst. I Midten af Kassen er i de samme 3 Højder anbragt 3 vandrette støbte Kobberstel, nemlig en + Skinne, en 0 Skinne og en ÷ Skinne. Skinnerne ere isolerede indbyrdes og fra Kassen.

De indførte Ledninger forbindes til Stellet ved Blysikringer. Kassen lukkes med et med Gummipakning forsynet Jernlaag, som spændes fast for at forhindre Fugtighedens Indtrængen.

Ledningsnettet paa Øster- og Nørrebro er ikke lagt af jernbaandsarmerede Blykabler. Der er anvendt de saakaldte »Bitumenkabler«, nedstøbte i Bitumen efter et

engelsk System: »solid system«. Kablerne bestaa ligesom de jernbaandsarmerede Kabler af en af fortinnede Kobbertraade sammensnoet Kærne, men som Isolation findes her et ompresset Lag af saakaldet vulkaniseret Bitumen. Dette er et gummiagtigt, vandskyende Stof, hvis Hovedbestanddel er raffineret Bitumen, men hvis Fabrikation forøvrigt bevares som en Hemmelighed.

Da den vulkaniserede Bitumens Isoleringsevne ikke ødelægges ved Fugtighed, findes der ingen Blykappe, men kun som ydre Beskyttelse en dobbelt Omvikling af Isolerbaand og derover igen en dobbelt Omvikling med svære Lærreds-Baand.

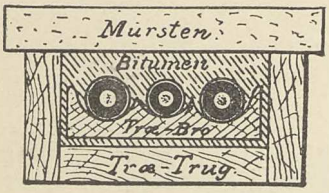


Fig. 97.

Ledningerne ere anbragte i Trætrug, nedlagte i en Dybde af 0,5 Meter under Fortovet. I Bunden af Trugene er der først udstøbt et Lag smeltet Bitumen, derefter er der med en indbyrdes Afstand af 0,5 Meter anbragt Træbroer af haardt bitumenimprægneret Træ og af Form som vist paa hosstaaende Fig. 97. I de tre Fordybninger i Broerne ere Kablerne lagte, og Truget er derefter lagvis støbt ud med Bitumen.

Efter at Trugene paa denne Maade ere helt udstøbte, er der ovenpaa Trugene anbragt et Lag Klinker.

Mellemrummene imellem Kablerne og Trugets Vægge er mindst 10–12 mm.

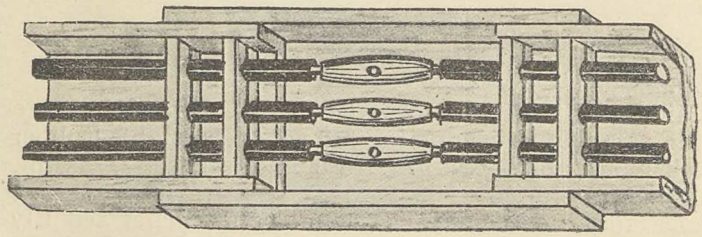


Fig. 98.

Paa de Steder, hvor der er foretaget Samling af to Kabellængder, er Truget bortskaaret i en Længde af ca.

20—25 cm., og der er paa dette Sted lagt en lille Trækasse udenom Trugenes Ender (Fig. 98). I denne Kasse foretages Samlingen ved Hjælp af paaloddede Messingmuffer, hvorefter det indre Rum fyldes med en særlig Isolermasse og Kassen dækkes med et paaskruet Trælaag og det sædvanlige Lag Mursten.

Samlingen af flere krydsende Ledninger foregaar ligesom ved de jernbaandsarmerede Kabler i Jernkasser.

I Fødeledningerne er der midt imellem Yderlederne lagt et særligt Prøvetraadskabel med 3 juteisolerede Prøvetraade. Hvor flere Sæt Fødeledninger løbe jævnsides, ere de lagte i ét Trug, det ene Sæt over det andet, idet dog den ovennævnte Afstand mellem Kablerne indbyrdes og mellem Kabler og Trug er overholdt.

Hovedfordelen ved dette System fremfor jernbaandsarmerede Kabler bestaar deri, at selve Isolationslaget og det Kablerne omgivende Bitumen ikke er vandsugende, saaledes at en paa Ledningen opstaaet Fejl ikke vil udbrede sig videre.

Her som overalt, hvor man anvender en Driftsspænding af 2 × 220 Volt, er Nettets Nulleder lagt til Jord. Derved opnaas, at de positive Kabler altid ligge 220 Volt over Jordens Potential og de negative Kabler 220 Volt under. Hvis ikke Nullederne sattes i intensiv Forbindelse med Jorden, vilde en eventuel Jordfejl f. Ex. paa det negative Kabel medføre, at hele Ledningsnettets Minus Side vilde komme til at ligge i Jordens Potential, medens hele Nettets Plus Side vilde komme til at ligge i Potentialet + 440 Volt over Jordens. Der vilde da være større Risiko for, at eventult svage Punkter i Isolationen i den positive Side af Husinstallationerne vilde blive gennembrudte.

35. **Stik- og Maalerledninger.** Den Ledning, der fra Forsyningsledningerne føres ind i en Ejendom, kaldes Ejendommens Stikledning.

Den lægges i Reglen helt paa Rekvirentens Bekostning, og Arbejdet udføres af Belysningsvæsenet. Ledningen føres til Ejendommens Hovedbly. Dette anbringes sædvanligt af en af de autoriserede Installatører efter Elektricitetsværkernes Anvisning. Tidligere indførtes alle tre Polariteter +, ÷ og 0 overalt. Nu indføres kun + og 0 eller ÷ og 0 i saadanne Ejendomme, om hvilke man med Sikkerhed kan antage, at Installationernes samlede Lampeantal ikke vil overstige 50

Stk. 16 H.L. Glødelamper eller et dertil svarende Strømforbrug.

Den Ledning, der fører fra Ejendommens Hovedbly til de forskellige Maalere, kaldes Ejendommens Maalerledning og udføres paa Rekvirentens Bekostning ved Belysningsvæsenets Foranstaltning.

Maalerledningen føres gennem de forskellige Maalere til den saakaldte første Fordelingstavle (første Polbrædt), hvorfra de egentlige Lys- og Motorinstallationer, med et fælles Navn Husinstallationerne, regnes.

Ved denne Bogs Slutning findes vedhæftet de almindelige Regler og Strømskemaer vedrørende Udførelsen af Maalerledninger.

Husinstallationer.

35. **Lysanlæg.** Belysningens Styrke, Installationens Inddeling og Anordning.

Vi ville antage, at der foreligger den Opgave at planlægge et elektrisk Lysanlæg i en eller anden Ejendom med tilhørende Gaardspladser og lignende. Strømmen skal tages fra de kommunale Elektricitetsværker. Det vil da først være nødvendigt at bestemme Antallet af og Pladsen for de Lamper, der maa installeres, for at alle de Rum, der overhovedet ønskes belyste med Elektricitet, kunne faa en til deres specielle Brug svarende Belysning.

I mange Tilfælde ville Brugernes Angivelser og Ønsker være det bestemmende, men ved Indlæg i nye, ubeboede Ejendomme maa der træffes Bestemmelser paa Grundlag af Erfaringer.

Til Bestemmelsen kan man benytte de følgende Tabeller. Den første gælder for Glødelampebelysning og angiver det Antal Hefnerlys, der under normale Forhold maa regnes pr. Kvadratmeter Gulvflade. Den anden gælder for Buelampebelysning og angiver det Antal Kvadratmeter Grundflade, der maa regnes for de forskellige Størrelser af Buelamper.

Tabel I.

Glødelampebelysning.

Lokalernes Art.	Antal H.L. pr. qm. Gulvflade.
Beboelser.	
Saloner	4 — 5
Dagligstuer	3 — 3,5
Soveværelser	1,5— 2
Gange, Korridorer o. l.	1 — 2
Forretningslokaler.	
Hovedkontorer	5 — 6
Butiker (uden Udstillinger)	4 — 7
Udstillingsvinduer	3—6 Glødelamper pr. 1 m.
Alm. Kontorer	3 — 4
Lagerrum	3 — 4
Hoteller og Restauranter.	
Festlokaler	9 —13
Selskabslokaler	5 — 7
Elegante Gæsteværelser	3 — 4
Almindelige —	2 — 3
Restaurationslokaler	5 — 7
Gange, Korridorer o. l.	1 — 2
Fabriksbygninger.	
Den alm. Belysning. Desuden hver enkelt Maskine mindst 1 Stk. 16 H.L. Glødelampe.	0,5— 1

Ved Gaardbelysning kan man regne almindelige 16 H.L. Lamper med en indbyrdes Afstand af 25 à 30 Meter.

Tabel II.

Buelampebelysning.

Buelampens Strømstyrke.	4	8	10	12 Ampére
Gaardspladser	500	1100	1500	2000 qm. Grundfl.
Banegaarde	—	500	650	850 » —
Fabrikslokaler	100	200	320	450 » —
Butiker, Restauranter, Koncertlokaler o. l.	25—45	65—95	100—130	

Antallet af Ampère angiver en Enkelt-Buelampes Forbrug, og der antages almindelige Buelampekul (der menes altsaa ikke Flammebuelamper eller lignende).

Man kan i Praksis regne, at en Flammebue med det halve Strømforbrug giver samme Lysstyrke som en almindelig Lysbue.

En Buelampes Højde over Terrænet retter sig efter Buelampens Størrelse.

4	Ampères	Lamper	anbringes	2,5— 6	M.	over	Grundfladen.
8	—	—	—	3,5—10	»	—	—
10	—	—	—	5 —12	»	—	—
12	—	—	—	6 —14	»	—	—

En almindelig benyttet Regel er den, at man anbringer Lampen lige saa mange Meter over Terrænet, som Lampens Strømstyrke er Ampère.

Anbringes Lamperne lavere end angivet, virke de ikke økonomisk.

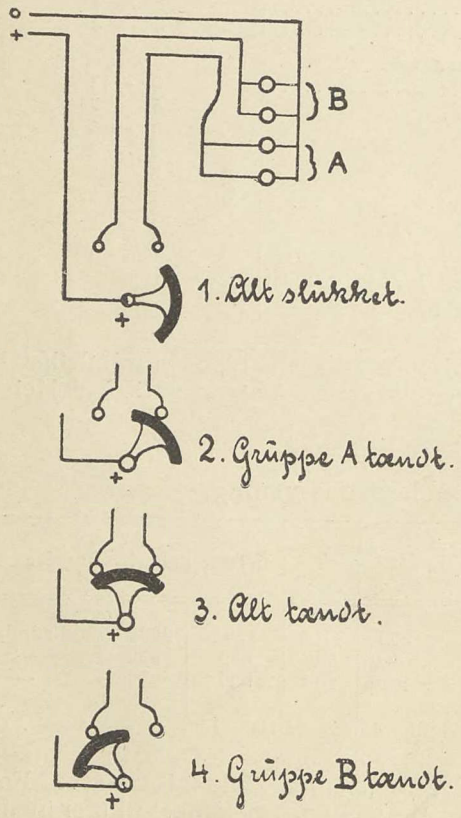


Fig. 99.

Dobbeltbuelamperne give forholdsvis noget mindre Lys end Enkeltbuelamper, saaledes vil en 4 Ampères Dobbeltlampe omtrent svare til en 6 Ampères Enkeltlampe, en 5 Ampères til en 8 Ampères.

Har man faaet bestemt Belysningens Størrelse og de forskellige Lampers Pladser, indtegnes de paa Planerne af Ejendommen, og det vil her være det bekvemmeste at benytte de af Belysningsvæsenet foreskrevne Signaturer, der findes angivne paa den ved Bogens Slutning indheftede Plan.

Dernæst bestemmes det til Anlægets Betjening fornødne Antal Afbrydere, disses Hovedkonstruktion og Pladsen for deres Anbringelse. — Ønskes i al Almindelighed en enkelt Lampe eller alle Lamperne i et Belysningslegeme tændte eller slukkede, anvendes en enkeltpolet Afbryder, i hvilken kun den ene Pol og altid ÷ eller + Polen (af 3Leder-Systemet) indføres.

Brydes Strømmen, ligger saa meget som muligt af Ledningerne i Potentialet Nul (Systemets Nulleder er jo lagt til Jord) og kan saaledes ikke give Anledning til Jordslutninger. Navnlig ved bevægelige Ledninger efter Stikkontakter spiller dette en stor Rolle, idet saadanne Ledninger ofte behandles meget skødesløst.

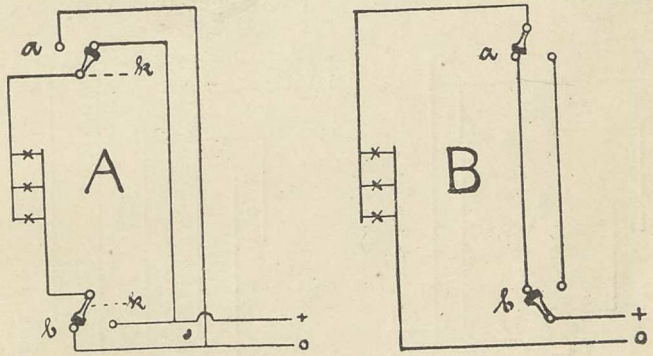


Fig. 100.

Ønskes Lamperne i et Belysningslegeme, f. Ex. i en større Lampekrone, tændte og slukkede gruppevis, maa der anvendes en saakaldet Gruppeafbryder. Fig. 99 viser skematisk Anordningen.

Ønskes en eller flere Lamper tændte og slukkede fra 2 Steder (Gennemgangslamper, Sovekammerlamper o. s. v), da anvendes de saakaldte Skiftere eller korresponderende Afbrydere.

Fig. 100 viser de to forskellige Skemaer, A og B, for denne Anordning. Man vil lægge Mærke til, at ved Skema A maa begge Polariteter føres direkte ind i begge Skifterne. Disse maa derfor konstrueres saa rummelige, at den Gnist, der, naar Lamperne slukkes, fremkommer ved den paagældende Skifters ene Knap, er fuldstændig brændt ud, inden den anden Knap berøres af Kontaktarmen k. Der vil ellers være Fare for, at

der danner sig en Lysbue mellem Armen k og første Knap og derigennem en Kortslutning mellem de to Polariteter.

Anvendes Skema B undgaas denne Fare, idet den Knap, man stiller Armen k over paa, naar Lamperne slukkes, altid er strømløs.

Skema A anvendes dog en Del, idet Anordningen i det Tilfælde, at der alligevel skal føres andre Ledninger forbi begge Skiftere, kræver færre Ledninger. Se Fig. 101.

Ved Trappegangsbelysninger vil det være bekvemt, om Belysningen, i Særdeleshed om Natten, kunde betjenes fra hver Lejlighed og fra Gadedøren eller Porten. Man har Afbrydere, der ere indrettede saaledes, at en saadan Anordning er mulig, men dels skal der anvendes mange Ledninger, saaledes at Anlæget bliver dyrt, dels

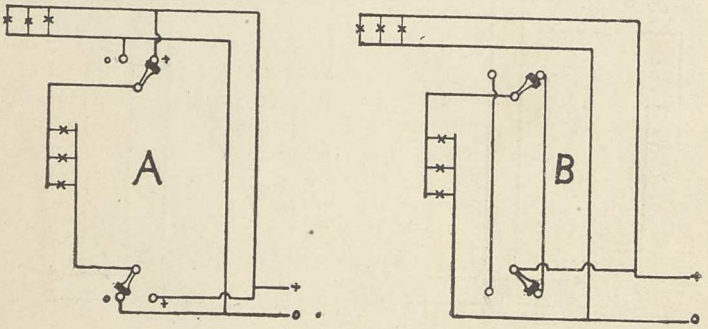


Fig. 101.

er det ikke ganske praktisk, i hvert Fald ikke økonomisk set, idet en eller anden Beboer let glemmer at slukke Belysningen, naar han har benyttet den, hvorefter den kan komme til at brænde en lang Tid til ingen Nytte. Man anvender derfor hellere de saakaldte Trappe- eller Trappegangsautomater.

En saadan Automat bestaar i det væsentlige af en elektromagnetisk Afbryder, der kan indskydes i Trappegangsbelysningen, og et Uhrværk. Afbryderen sluttes, naar der tilføres Elektromagneten Strøm, hvilket kan ske fra parallelt forbundne Trykknapper, én i hver Lejlighed eller hvor man ønsker det, og samtidig sættes Urværket i Gang for efter en vis Tid, sædvanlig 3 Minutter, at aabne Afbryderen igen. Samtidig stopper Urværket.

Foruden den elektromagnetiske Afbryder har Auto-

maten en Skifter med 3 Hovedstillinger. I) benyttes om Dagen og afbryder al Strømtilførsel, II) benyttes om Aftenen i den Tid, Trapperne skulle være oplyste, og slutter Strømmen udenom det automatiske Apparat, og III) benyttes om Natten og indskyder det automatiske Apparat.

Ere Afbryderne o. desl. indtegnede paa Planerne, inddeles det forhaandenværende Antal Lamper i »Installationer«. For hver Installation anbringes en Maaler.

Mindre Installationer udføres som 2-Leder Anlæg, og de forskellige Arter af saadanne Anlæg — Butiksbelysning, Privatboliger, Motorer etc. — fordeles hver for sig ligeligt mellem Treledersystemets to Sider saaledes, at Forbruget paa enhver Tid af Døgnet er saavidt muligt ens i begge Sider af Nettet.

Lysinstallationer paa over 100 Glødelamper eller deres Ækvivalent deles i to saavidt muligt lige store Toleder Anlæg, der forbindes hver til sin Side af Nettet. I særlige Tilfælde udføres større Lysinstallationer dog som et enkelt Treleder Anlæg med en enkelt Treleder-Maaler og eventuelt Treleder-Hovedledninger imellem Fordelingstavlerne. Det samme gælder Motorinstallationerne med baade 220 og 440 Volts Motorer. Saavidt muligt undgaar man dog Treleder Anlæg og i det hele taget at faa de to Yderpoler umiddelbart i Nærheden af hinanden. Grunden hertil er, at den højere Spænding — 440 Volt —, der er mellem Yderpolerne kræver Ledninger med bedre og derfor dyrere Isolation og i det hele taget bedre Materiel. Endvidere kræver den større Spændingsforskel betydelig mere Forsigtighed og Omhyggelighed ved Anlægets Udførelse og Benyttelse, idet 440 Volts Spænding under ugunstige Forhold kan medføre Fare.

Belysningsvæsenet angiver til hvilken Side af Ledningsnettet en Installation skal sluttes.

Efter Inddelingen i Installationer deles disses Glødelamper i Grupper paa højst 15, det højeste Antal, der tillades ved det af Kjøbenhavns Belysningsvæsen udstedte Regulativ for Udførelsen af 2 × 220 Volts elektriske Anlæg, som ønskes satte i Forbindelse med Ledningerne fra de kommunale elektriske Stationer (senere i Bogen kortelig kaldet »Regulativet«). Hver saadan Gruppe gives en Tilførselsledning, »Grenledning«, der skal sikres med en dobbeltpolet Smeltesikring. 15 Glød-

lamper skulle ifølge Regulativet regnes til 15 × 0,4 Ampère = 6 Ampère, og der anbringes altid for hver Grenledning en 6 Ampères Dobbeltsikring, uden Hensyn til, om den paagældende Grenlednings Tværsnit er saa stort, at den kunde taale at sikres ved en større Sikring. Man opnaar herved at faa saa lidt Strøm som muligt under en eventuel Kortslutning. — Ved denne Inddeling i Grupper opnaas det, at kun højst 15 Lamper slukkes, naar der paa en Grenledning indtræffer Kortslutninger eller et andet Uheld.

Er det af Vigtighed, saa vidt muligt, at sikre et Værelse eller et bestemt Lokale mod, at Lyset slukkes samtidig overalt, da maa der indføres mindst 2 Grenledninger i Lokalet. — Af Hensyn til senere Udvidelser vil det være heldigt ikke at gaa til de fulde 15 Lamper pr. Grenledning, men at vælge f. Ex. 12 à 13 og saa beregne Ledningsdimensionerne saaledes, at de resterende 3 eller 2 Lamper kunne anbringes i den yderste Ende af den paagældende Grenledning.

Hvad angaar Installationernes Buelamper, da udgør som Regel hver Buelampeserie en Gruppe med dobbeltpolet Afbryder og Sikring, der afpasses efter Buelampens Størrelse.

De enkelte Grenledningers Smeltesikringer skulle samles og anbringes paa centrale og let tilgængelige Steder og i let tilgængelig Højde over Gulvet.

I ældre Installationer ser man ofte Sikringerne anbragte oppe under Loftet og spredte ud over hele Anlægget, efterhaanden som de enkelte Grupper tages fra én gennem hele Installationen førende Hovedledning. At et saadant Anlæg ikke er let at overse og i Tilfælde af Uheld meget upraktisk, er indlysende.

I mindre Installationer (f. Ex. i Beboelseslejligheder paa indtil 5 Værelser) kan det centrale Punkt for Sikringerne passende vælges ved Maaleren, saaledes at Sikringerne danne første Fordelingstavle. Ved større Installationer bliver der som Regel flere Samlinger af Sikringer, flere Hovedfordelingstavler, der forbindes til Maaleren ved svære Hovedledninger. Hovedledninger afgive aldrig direkte Strøm til Lamperne. Fordelingstavlerne samles ofte af en Række »Hovedafbrydere«, hver bestaaende af en dobbeltpolet Afbryder og en dobbeltpolet Sikring, monterede paa samme Stel; i saa Fald faar hver Grenledning sin Afbryder, hvilket i mange Tilfælde (f. Ex. i Hoteller, Forretningslokaler) kan være af praktisk Betydning.

Har man efterhaanden paa passende Maade faaet inddelt Installationerne i Grupper og faaet bestemt Pladsen for de forskellige Fordelingstavler (Maalernes Pladser udvises af Belysningsvæsenet), projekteres og indtegnes Ledningerne (Grenledninger og Hovedledninger) ad de bekvemmeste, mindst iøjnefaldende og saa vidt muligt korteste Veje, ligesom det samtidig bestemmes, hvilke Lægningsmaader man bedst anvender paa de forskellige Strækninger. Da Ledningernes Længde herefter kan opmaales, staar der nu kun tilbage at beregne Ledningernes Tværsnit, hvorom senere. Skematisk vil en 2Leder-Installation komme til at se ud som Fig. 102. Mindre Anlæg vil kun have Fordelingstavle I med tilhørende Grenledninger; større ville desuden have Fordelingstavle II, eventuelt III eller maaske endog flere Fordelingstavler.

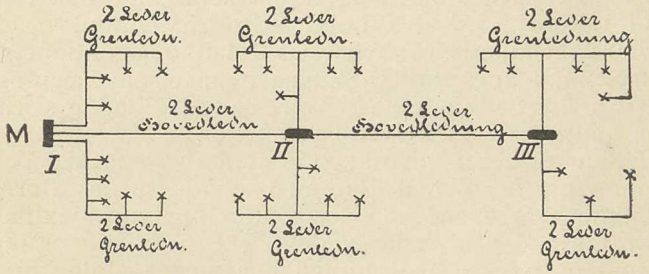


Fig. 102.

I Fig. 103 ses en Treleder Installation, hvis Hovedledninger er lagt som Treledere, medens alle Gruppeledningerne, der udgaar fra Fordelingstavlerne, er Toledere. Treledernes Nulledning har samme Tværsnit

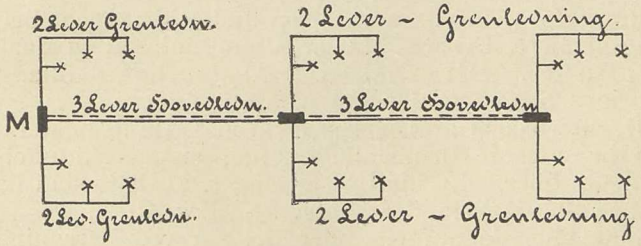


Fig. 103.

som hver af Yderlederne. Ved større Installationer spares der en Del Kobber ved at udføre dem med Treleder-

Hovedledninger i Stedet for at dele dem i to Toleder-Installationer.

Lamperne fordeles saa ligeligt som muligt paa hver af 3Leder-Systemets Sider. Belysningsvæsenet opgiver paa hvilken Side, der kan taales et Overskud.

36. **Motoranlæg.** Af Hensyn til, at Motorer under Igangsætningen tage betydelig mere Strøm end ved normal Gang, undertiden dobbelt saa meget og derover, er der for at undgaa de dermed følgende Stød i Ledningsnettets Spænding truffet følgende Bestemmelser. Motorer, der anvendes til Elevatordrift, skulle saafremt de overskride 1,5 Kilo-Watt (1,7 Hestekraft), være konstruerede til en Driftsspænding af 440 Volt. Andre Motorer skulle være konstruerede til en Driftsspænding af 440 Volt, saafremt de overskride 2,7 Kilo-Watt (3 Hestekraft). Heraf følger, at det i mange Tilfælde bliver umuligt at undgaa 440 Volt i selve Motorinstallationen. Denne maa i saa Fald udføres med den højeste Grad af Omhu, og det gældende Regulativ paabyder, at Detailkonstruktionen af Afbrydere, Igangsætning, Sikringer saavelsom Lægningsmaaden for Ledningerne i hvert enkelt Tilfælde særligt maa approberes af Belysningsvæsenet.

Bestaar Anlægget udelukkende af flere smaa 220 Volts Motorer, gælder det, at Summen af Motorernes Størrelser ikke maa overskride de ovenfor opgivne maximale Størrelser, uden at Anlægget deles i 2 Installationer med 2 Maalere og saa vidt muligt lige megen Motorkraft i hver. Findes der i samme Anlæg baade 440 Volts og 220 Volts Motorer, kan man nøjes med én Maaler for 2 × 220 Volt, og Motorerne paa 220 Volt fordeles da saavidt muligt ligeligt paa 3Leder-Systemets 2 Sider.

Da Motorelektricitet er billigere end Belysningselektricitet, anbringes der som Regel særskilte Maalere for Anlægene, kun ganske smaa Motorer, f. Ex. smaa Ventilatormotorer o. l., anbringes undertiden paa Belysningsmaalere, hvorved Maalerledningsanlægget og Maalerlejen spares. Det er ikke i al Almindelighed tilladt at anbringe Stikkontakter paa et Motoranlæg.

37. **Beregning af Ledninger.** Det Ledningsmateriale, der benyttes i Husinstallationerne, er næsten udelukkende Kobber. Regulativet forlanger, at dette skal have en specifik Modstand af højst $^1/_{57}$ eller 0,0175.

Som allerede anført drejer det sig ved Beregningen af Ledninger kun om at finde disses Tværsnit, idet Længderne altid kunne maales og saaledes betragtes som givne Størrelser.

Ledningernes Tværsnit maa bestemmes 1) saaledes, at Ledningerne ikke opvarmes for meget af den Strøm, der skal passere, og 2) saaledes, at Spændingstabet til en hvilkensomhelst Lampe ikke bliver større end tilladeligt (sammenlign Stykkerne 12 og 27).

Efterfølgende Tabel angiver de af Belysningsvæsenet fastsatte tilladelige maximale Belastninger for forskellige Ledningstværsnit. Med de anførte Belastninger ville Ledningerne faa en Temperaturstigning af højst 10 Grader C.

Kobbertværsnit i qmm	Strømstyrke i Ampére.
0,75	2
1,0	4
1,5	6
2,5	10
4,0	15
6,0	20
10,0	30
16,0	40
25,0	60
35,0	80
50,0	100
70,0	130
95,0	165
—	—
—	—
1000	1000

Det bemærkes dog, at Hovedledninger og Grenledninger i en Installation ikke maa have mindre Tværsnit end 1,5 qmm.

Ved meget korte Grenledninger, udgaaende fra første Polbrædt, er det tilstrækkeligt at bestemme Ledningernes Tværsnit efter Tabellen; ved længere Ledninger vil Tabellen give for smaa Tværsnit, det vil sige for stort Spændingstab. Lad os f. Ex. antage, at en Grenledning fører Strøm til en Lampekrone med 10 Glødelamper, og at Ledningens Længde fra Maaleren (første Polbrædt) til Kronen er 25 Meter. Regulativet fastsætter i al Almindelighed det max. Spændingstab fra Maaleren til en hvilkensomhelst Glødelampe i Installationen til 2 Volt paa 220 Volt, kun i enkelte Tilfælde, hvor Maaleren sidder ganske tæt ved det Sted, hvor Stikledningen føres ind, og hvor Installationen har en meget langstrakt Form, gives der Tilladelse til et max. Spændingstab af 3 Volt. En Glødelampe regnes ved Bestemmelsen af Ledningsdimensionerne til 0,4 Ampère (svarer til en 25 Lys Lampes Forbrug). Vi ville nu se, hvorledes Spændingstabet stiller sig ved den ovennævnte Ledning, hvis vi bestemme dens Tværsnit efter Tabellen for Strømbelastningen.

10 Lamper à 0,4 Ampère giver ialt 4 Ampère, og man vilde altsaa, naar der kun blev taget Hensyn til Strømbelastningen, kunne nøjes med en Ledning paa 1 qmm. At en saadan Dimension ikke er tilladt, ville vi foreløbig se bort fra.

Spændingstabet i Ledningen er ifølge Stykke 10:

$$Sp. = i \times 2w,$$

hvor i er den Strøm, Ledningen fører (her lig med 4 Ampère), og w er Modstanden af en af Ledningens enkelte Strenge. Modstanden af en Metaltraad af Længden l, Tværsnittet q er — jfr. Stykke 11 lig med l

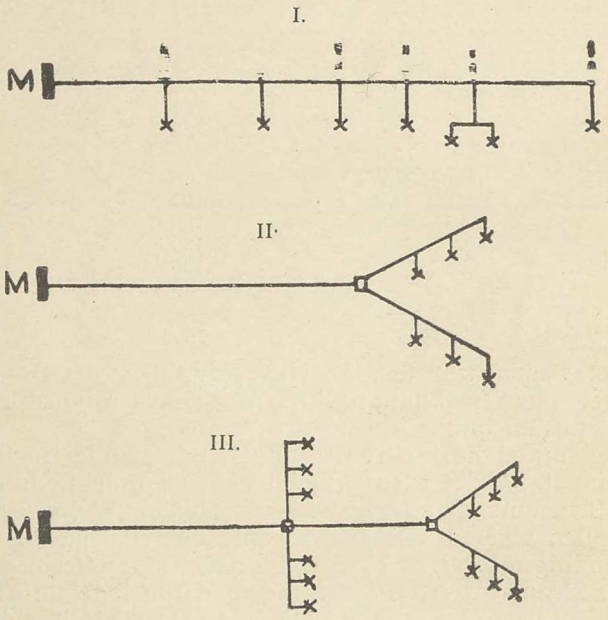


Fig. 104.

multipliceret med Traadens specifike Modstand og divideret med Tværsnittet, og da l her er 25 Meter, q 1 qmm. og den spec. Modstand 0,0175, faas:

$$Sp. = i \times 2w = \frac{4 \times 2 \times 25 \times 0{,}0175}{1}$$

eller Sp. = 3,5 Volt

eller mere end tilladeligt.

Betragte vi Fig. 102, ville vi se, at en Husinstallation bestaar af Grenledninger, udgaaende enten fra 1ste For-

delingstavle lige ved Maaleren eller fra Fordelingstavler, hvortil der fra Maaleren fører Hovedledninger. Det drejer sig da om at finde Metoder til at bestemme Tværsnittene af de i Fig. 104 indtegnede Ledningsformer: I, II og III, hvor der stadig er givet Længderne,

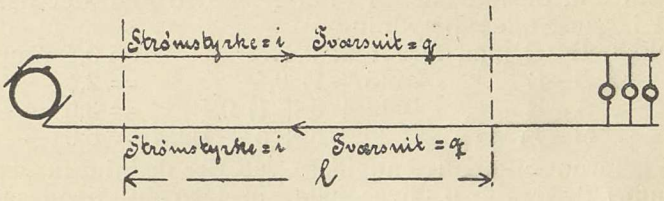


Fig. 105.

Antallet af Glødelamper og Spændingstabet fra Maaleren til den yderste Lampe.

Tilfælde I. Beregning af en Ledning med flere Forbrugssteder, specielt her af en Grenledning, der udgaar fra første Fordelingstavle.

Vi have set, at Spændingstabet (Sp.) i et 2Leder Ledningsstykke (se Fig. 105) med Længden l, Strømstyrken i og Tværsnittet q kan udtrykkes saaledes:

$$\text{Sp.} = i \times 2 \times w,$$

hvor w er Modstanden i en af Ledningsstykkets enkelte Strenge, eller, da w er lig med $\frac{l \times 0{,}0175}{q}$

$$\text{Sp.} = \frac{i \times 2 \times l \times 0{,}0175}{q}$$

eller

$$\text{Sp.} = \frac{i \times l \times 0{,}035}{q}$$

hvilken Grundformel kan benyttes til Løsning af den stillede Opgave.

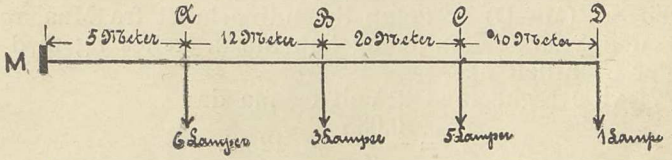


Fig. 106.

Lad os antage, at vi skulle beregne den i Fig. 106 tegnede Ledning. Vi kunne straks gøre Rede for, hvor

mange Ampère hvert af Stykkerne M—A, A—B, B—C og C—D føre, naar vi, for at gøre Opgaven simplere, fastslaa hver Lampes Forbrug til 0,4 Ampère, det vil sige, naar vi se bort fra, at de yderste Lamper paa Grund af Spændingstabet i Ledningen faa lidt mindre Strøm end de inderste. I Praksis er den Fejl, der derved begaas, uden Betydning.

Stykket C—D maa føre $1 \times 0{,}4 = 0{,}4$ Amp.
— B—C » » $(5 + 1)\ 0{,}4 = 2{,}4$ —
— A—B » » $(3 + 5 + 1)\ 0{,}4 = 3{,}6$ —
— M—B » » $(6 + 3 + 5 + 1)\ 0{,}4 = 6{,}0$ —

Vi forudsætte nu endvidere, at Grenledningen har samme Tværsnit, q, over hele sin Længde, hvad saa godt som altid er Tilfældet, og faa da ved Anvendelse af Grundformlen paa de forskellige Stykker, og idet f. Ex. Spændingstabet fra A til B betegnes ved Sp. (A—B) og tilsvarende for de andre Stykker:

$$\text{Sp. (M—A)} = 6 \times 5 \times \frac{0{,}035}{q}$$

$$\text{Sp. (A—B)} = 3{,}6 \times 12 \times \frac{0{,}035}{q}$$

$$\text{Sp. (B—C)} = 2{,}4 \times 20 \times \frac{0{,}035}{q}$$

$$\text{Sp. (C—D)} = 0{,}4 \times 10 \times \frac{0{,}035}{q}$$

Spændingstabet fra M til D faas ved Addition af de enkelte Stykkers Spændingstab, altsaa:

$$\text{Sp. (M—D)} = \frac{0{,}035}{q}\ (6 \times 5 + 3{,}6 \times 12 + 2{,}4 \times 20 + 0{,}4 \times 10)$$

$$= \frac{0{,}035}{q}\ (30 + 43{,}2 + 48 + 4)$$

$$= \frac{0{,}035}{q} \times 125{,}2.$$

Men Sp. (M—D) er netop Spændingstabet fra Maaleren til den yderste Lampe og kan altsaa sættes lig med 2 (eller eventuelt 3).

Vi ville regne med 2 Volt og faa da:

$$2 = \frac{0{,}035}{q} \times 125{,}2.$$

hvoraf:

$$q = \frac{0{,}035 \times 125{,}2}{2} \text{ eller}$$

$$q = \text{ca. } 2{,}2 \text{ qmm.}$$

Man vælger da det i Handelen gaaende nærmeste større Normaltværsnit, her 2,5 qmm.

I Stedet for at regne med Ampère kunde man have regnet med de foreliggende Lamper, hvorved der spares den lille Beregning til Omsætning af Lamperne til Ampère. Grundformlen bliver i saa Tilfælde:

$$\text{Sp.} = \frac{\text{Antal Lamper} \times 0{,}4 \times 1 \times 0{,}035}{q}$$

Man vilde sluttelig have faaet:

$$2 = \frac{0{,}014}{q}\ (10 + 120 + 108 + 75)$$

$$= \frac{0{,}014}{q} \times 313, \text{ hvoraf}$$

q = ca. 2,2 qmm.

Vi have set, at Spændingstabet fra M til D blev lig med $\frac{0{,}035}{q}$ Gange et Tal — 125,2 —, der fremkom som Summen af de enkelte Ledningsstykkers Længder, hvert enkelt multipliceret med de tilsvarende Strømføringer. Uden at komme ind paa en matematisk Begrundelse skal her gøres opmærksom paa, at dette Tal ogsaa kan fremskaffes paa en anden Maade, der ikke kræver, at Ledningen optegnes skematisk, hvilket er at anbefale, naar den første Metode anvendes. Man gaar frem paa følgende Maade. Man maaler med en Passer fra M til Punktet A og opskriver Produktet af dette Maal og det Antal Ampère, der forlader Ledningen i A, altsaa her 5 ($6 \times 0{,}4$) eller $5 \times 2{,}4$; det tilsvarende gøres for Punkterne B, C og D, idet der stadig maales ud fra M.

Man faar for det foreliggende Tilfælde:

for Punkt	A	$5 \times 2{,}4$	$= 12{,}0$
»	— B	$17 \times 1{,}2$	$= 20{,}4$
»	— C	$37 \times 2{,}0$	$= 74{,}0$
»	— D	$47 \times 0{,}4$	$= 18{,}8$
		Summa	125,2

og Sp. (M—D) ligesom før lig med $\frac{0{,}035}{q} \times 125{,}2$

Havde man i Stedet for Ampèrerne benyttet Lamperne vilde Summen være blevet:

$$5 \times 6 + 17 \times 3 + 37 \times 5 + 47 \times 1 =$$
$$30 + 51 + 185 + 47 = 313$$

og Sp. ligesom før lig med $\frac{0{,}014 \times 313}{q}$

En Grenledning med givet Tværsnit faar, som det

vil være fremgaaet af de foretagne Beregninger, størst Spændingstab, naar alle 15 Lamper, 6 Ampère, anbringes ved Ledningens yderste Punkt. Tænker man sig en saadan Anordning, vil der til hvert Tværsnit svare en vis Længde saaledes bestemt, at Spændingstabet til de 15 Lamper netop bliver de tilladte 2 eller 3 Volt. I efterfølgende Tabel er opført forskellige Tværsnit og de til disse svarende Længder, beregnede for i = 6 Ampère og Sp. = 2 Volt og 3 Volt.

	Sp. = 2 Volt.	Sp. = 3 Volt.
1,5 qmm.....	14,3 Meter.	21,4 Meter.
2,0 —	19,1 —	28,6 —
2,5 —	24,8 —	37,2 —
3,0 —	28,6 —	42,8 —
3,5 —	33,4 —	50,0 —
4,0 —	38,1 —	57,2 —
4,5 —	42,8 —	64,2 —

Tabellen kan benyttes ved Bestemmelsen af Grenledninger, der føre fra første Fordelingstavle til større Lampekroner o. l. og forøvrigt ved mange Lejligheder, hvor det ved kalkulatoriske Overslagsberetninger drejer sig om en hurtig og blot nogenlunde rigtig Bestemmelse af Tværsnittene. Man skønner sig i sidste Tilfælde til Tyngdepunktet for en Gruppe Lamper, og regner, at Grenledningen fører til dette Tyngdepunkt; den derved maalte Længde giver i Forbindelse med Tabellen Ledningens Tværsnit, men der maa i Overslaget regnes med dens virkelige Længde.

Tilfælde II. Et vist Antal Grenledninger forsynes fra en Fordelingstavle, der atter forsynes gennem en Hovedledning (se Fig. 107).

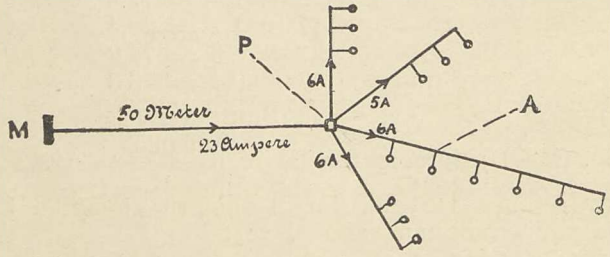


Fig. 107.

Spændingstabet til yderste Lampe antages givet = 2 Volt (man har ikke faaet Tilladelse til at regne med 3 Volt). Vanskeligheden ved at beregne Tværsnittene

ligger i, at man intet kender til, hvorledes de 2 Volt bedst fordeles paa Hovedledningen og Grenledningerne.

Imidlertid gælder det i Praksis om Grenledninger, at deres Tværsnit ikke gerne maa overskride 4 à 4,5 qmm., idet Monteringen af de forskellige Afbrydere, Daasekontakter, Rosetter, Forgreningsdaaser o. s. v. ellers vanskeliggøres i al for høj Grad. En Grenlednings Tværsnit ligger derfor som Regel mellem 1,5 qmm. og 4,5 qmm.

Man vælger nu den med Hensyn til Spændingstab uheldigst belastede Grenledning, hvilken man med en Smule Øvelse let skønner sig til, og beregner dens Spændingstab fra Polbrædtet P til yderste Lampe for et Tværsnit af 4,5 qmm.

Lad os antage, at Grenledning A paa Fig. 107 er en saadan Ledning, og at dens Spændingstab for $q = 4{,}5$ qmm. er beregnet at være 0,5 Volt.

Spændingstabet fra M til P kan da være 2 Volt minus 0,5 Volt eller 1,5 Volt. Hovedledningen, der fører Strømmen til alle Lamper, beregnes derpaa efter en Strømføring af (6 + 6 + 6 + 5) eller 23 Ampère (se Fig. 107) og Spændingstabet 1,5 Volt, altsaa:

$$\text{Sp.} = 1{,}5 = \frac{23 \cdot 50 \cdot 0{,}035}{q}$$

hvoraf q = ca. 26,8 qmm., hvilket Tværsnit ogsaa viser sig at opfylde Hensynet til Strømbelastningen.

Dersom 26,8 qmm. Ledning ikke gaar i Handelen, vælges det nærmeste højere Tværsnit.

Derefter beregnes de øvrige Grenledninger efter et Spændingstab fra P af 0,5 Volt.

Maaske vil det give et billigere Anlæg at anvende en tykkere Hovedledning og tyndere Grenledninger. Dette undersøges ved at gennemføre de ovenanførte Beregninger for et Par andre Værdier af A's Tværsnit, f. Ex. $q_A = 1{,}5$ og 3 qmm., og man vil da af Resultaterne faa Oplysning om, i hvilken Retning Dispositionerne skulde ændres for at give det billigste Anlæg.

Det skal dog tilraades at gøre Hovedledningen en passende Del større end Beregningerne give, idet der sædvanligvis senere vil blive forlangt Udvidelser af Anlægget.

Tilfælde III. Flere Grupper af Grenledninger forsynes fra flere Fordelingstavler, der forsynes gennem en Hovedledning. Se Fig. 108.

Behandlingen af dette Tilfælde bliver egentlig kun en Udvidelse af den paa Tilfælde II anvendte Fremgangs-

maade. Man beregner Spændingstabet for en Grenledning A (den uheldigste) paa den fra M længst bortliggende Fordelingstavle P, idet q A sættes lig 4,5 qmm. og faar derved det disponible Spændingstab fra M til P bestemt.

Hovedledningens Tværsnit kan derefter beregnes paa den under Tilfældet I angivne Maade, idet de forskellige

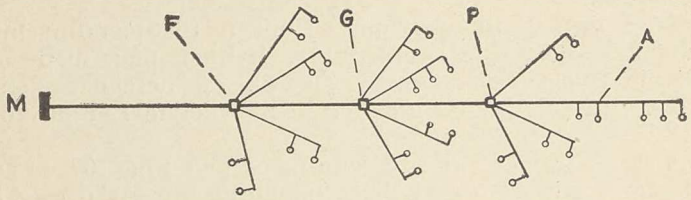


Fig. 108.

Stykkers Strømføringer er bekendte, og Tværsnittet antages at være det samme fra M til P.

Derefter beregnes Spændingstabene fra M til de forskellige Tavler (Sp. [M—F], Sp. [M—G] o. s. v.), og de forskellige Grenledninger kunne da beregnes, idet man stadig husker paa, at Spændingstabet til deres yderste Lampe ikke maa overskride 2 Volt (eventuelt 3).

Ogsaa her maa man gennemføre et Par Beregninger med andre q A for at komme til Klarhed over de rigtigste Dispositioner, ligesom der ogsaa her bør tages Hensyn til eventuelle Udvidelser.

Den Forudsætning, der blev gjort, at Hovedledningerne overalt havde samme Tværsnit, slaar som Regel til i Praksis overfor Hovedledninger i Husinstallationer. Formindskelse af Tværsnittene medfører en Del Udgifter til Anskaffelse og Anbringelse af Smeltesikringer.

Dersom Hovedledningerne ere byggede som 3Ledere, benyttes følgende Grundformel:

$$\text{Sp.} = i \times l \times \frac{0{,}0175}{q} \text{ (sammenlign Stykke 33)}$$

$$\text{eller Sp.} = \frac{i \times l \cdot 0{,}0175}{q}$$

Sp. er Spændingstabet i Systemets ene Side, og i Strømstyrken i Yderlederne. Regnes der med Antallet af Lamper à 0,4 Ampère (2 × 220 Volts Anlæg) i Stedet for med Ampère faas:

$$Sp. = \frac{\text{Antal Lamper } 2 \times 0{,}4 \cdot l \cdot 0{,}0175}{q}$$

$$= \frac{\text{Antal Lamper} \times l \times 0{,}0035}{q}$$

Ex. En Hovedledning, udgaaende fra første Fordelingstavle M og af Længde 100 Meter, afgiver ved Tavlen P Strøm til 100 Lamper, der forudsættes ordnede saaledes, at 50 Lamper ere anbragte paa ÷ og 0 og 50 paa + og 0. Anlæget er paa 2 × 220 Volt, og Spændingstabet paa 220 Volt maa fra M til P være 1 Volt. Tværsnittet søges.

$$Sp. = 1 = \frac{100 \times 100 \times 0{,}0035}{q},$$

hvoraf:

$$q = 35 \text{ pmm.}$$

Som allerede nævnt andetsteds gives Ledningens 3 Ledere hver Tværsnittet 35 qmm.

Ledninger til Motorer skulle med Hensyn til Strømføring kunne taale det dobbelte af den for Motorerne normale Driftsstrøm og ville derfor som Regel kunne dimensioneres efter Tabellen for de tilladelige Strømstyrker, uden at Spændingstabet under normal Drift bliver for stort.

Er der langt fra Maaler til Motor, kan Spændingstabet dog vokse for meget. Mere end 5 % af Driftsspændingen bør ikke tillades.

38. **Ledningernes Beskaffenhed.** Kærnen. Som allerede bemærket anvendes der til Ledningernes Kærne i Almindelighed elektrolytisk udfældet Kobber.

Til Luftledninger bruges dog paa Grund af den større Styrke ogsaa en Del Broncetraad.

Undtagelsesvis kan der anvendes Jerntraad.

Ved de smaa Dimensioner dannes Kobberkærnen som Regel af en enkelt Traad; ved større Dimensioner end 20 qmm bliver en saadan Traad imidlertid saa stiv, at den er meget uhandlelig under Oplægningen. I de større Ledninger — ofte allerede fta 3,5 □ mm. — er Kobberkærnen derfor snoet sammen af flere tynde Traade. Kun til Luftledninger benyttes stiv Traad til større Dimensioner.

Ledninger under 1,5 □ mm. anvendes ikke udenfor Belysningslegemer.

Kobbertraadene skulle altid være fortinnede, da den til Isoleringen anvendte Gummi e. l. angriber Kobberet.

Isolationen. De til faste Installationer mest be-

nyttede Ledninger ere de saakaldte vulkaniserede Ledninger og Okonitledninger. I fuldstændig tørre Rum kan der dog ogsaa anvendes dobbeltgummiisolerede Ledninger, naar de monteres paa Porcellænsknapper eller Isolatorer. Til Ledninger i fri Luft kan desuden anvendes Hackethalertraad.

Vulkaniserede Ledninger have omkring den fortinnede Kobberkærne en enkelt Bevikling med Paragummibaand; herom skal findes det saakaldte Separatorlag, som skal bestaa af et for Svovl uigennemtrængeligt Stof, og herover kommer da først det egentlige Lag vulkaniseret Gummi. Dette skal danne en tæt Slange uden Søm. Omkring det vulkaniserede Gummi skal der findes en Omvikling, bestaaende af et imprægneret Bændel, og sluttelig er Ledningen beskyttet ved den sædvanlige Omfletning med Bomuld.

Okonitledninger have kun ét Isoleringslag, nemlig direkte omkring Kobberkærnen et tykt Lag Okonit, der er et haardt gummiagtigt Stof, hvis Konsistens er omtrent midt imellem Ebonit og Paragummi. Okonitens Sammensætning holdes forøvrigt som en Fabrikationshemmelighed. Udenom Okoniten findes som ved vulkaniserede Ledninger en Omvikling af Bændel og en Omfletning af Bomuld.

Alle vulkaniserede Ledninger og alle Okonitledninger skulle have en Isolationsmodstand af mindst 1000 Mill. Ohm pr. Kilometer, maalt ved 220 Volts Spænding og efter at Ledningerne have ligget 24 Timer i Vand. Desuden skal Ledningen, medens den ligger i Vand, kunne taale at udsættes for 2000 Volts Vekselstrøm, uden at den slaar igennem. Gennemslagsprøvens Varighed skal være $^1/_2$ Time.

Dobbeltgummiisolerede Ledninger skulle omkring den fortinnede Kobberkærne have en tæt Omspinding af Bomuldsgarn, herover to af hinanden uafhængige Beviklinger Paragummibaand. Hvert Gummibaand skal være lagt saaledes, at Kanterne ligge godt over hinanden, hvorved Gummibeviklingen danner et tæt Rør.

Udenpaa de to Paragummi-Lag findes en Omspinding med Bomuldsgarn og herom igen en Omfletning med imprægneret Bomuld.

Hackethalertraad er isoleret med et Papir, der er imprægneret med Mønnie.

Forøvrigt gælder om alt Ledningsmateriel, der benyttes til Installationer, som ønskes tilknyttede de kommu-

nale Elektricitetsværker i København, at det skal være approberet af Belysningsvæsenet.

39. **Montagegenstande.** Til elektriske Installationer hører foruden selve Ledningerne og de Apparater, der omsætte den elektriske Energi til Lys, mekanisk Energi, kemisk Energi etc. en Del Hjælpeapparater, saasom Afbrydere, Smeltesikringer, Kontaktdaaser, Modstande etc.

Det er af stor Vigtighed, for at Anlægene til Stadighed skulde kunne virke tilfredsstillende, at disse Apparater vælges af gode Konstruktioner og gode Fabrikata. Meget ofte ødelægges et forøvrigt godt Ledningsanlæg ved Anbringelse af daarlige Afbrydere o. s. v., uagtet det altid i denne Henseende er det mest økonomiske at benytte det bedste, der kan faas.

En Beskrivelse af alle de forskellige Systemer og Fabrikata vil ikke kunne gives her, idet Pladsen kun vil tillade, at der i korte Træk angives de forskellige Principper, hvorefter Apparaterne skulle være konstruerede. Det gælder i Almindelighed, at Apparaternes enkelte Dele maa være rigelig stærke til at modstaa de stadig gentagne mekaniske Paavirkninger, som de udsættes for ved den daglige Brug.

Endvidere er det af Vigtighed, at Apparaterne ere saa simple i Konstruktionen som muligt, idet et enkel konstrueret Apparat altid vil virke med større Sikkerhed end et mere kompliceret.

Afbrydere. Paa det Sted, hvor der skal anbringes en Afbryder i en Ledning, er denne brudt, og de to Traadender — eller Kabelender — ere forbundne til to i Afbryderen anbragte, fra hinanden isolerede Metalstykker. Naar Strømmen skal sluttes, bringes et andet Metalstykke ved Hjælp af Afbryderen i Berøring — Kontakt — med begge de førnævnte.

Hvad der i første Række har Betydning er, at der dannes god Kontakt.

Kontaktfladen maa, for at den ikke skal opvarmes for stærkt af Strømmen, være mindst 10 qmm. pr. Ampère, der skal passere.

Berøringen maa være konstant og fast, hvilket opnaas ved, at de to Kontaktflader trykkes mod hinanden ved Fjederkraft.

De to Kontaktflader maa, idet Afbryderen slutter eller bryder, glide hen ad hinanden — glidende Kontakt.

Herved holdes Fladerne blanke og slibes efterhaanden sammen, i modsat Fald ville Kontaktfladerne efterhaanden blive urene og iltede, navnlig da der, hver Gang

Strømmen brydes, danner sig en Gnist mellem Kontaktfladerne, som derved sværtes og gøres ujævne.

Afbrydningsgnisten maa ikke dannes ud fra selve Kontaktfladen, men denne maa have en Forlængelse, ud fra hvilken Gnisten kan dannes.

Afbryderne skulle være Momentafbrydere, d. v. s. ved Afbrydelsen skal Kontaktstykket altid springe helt ud i sin anden Yderstilling; Kontaktstykket maa altsaa ikke kunne trækkes langsomt fra sine Anlægsflader eller kunne staa i nogen Mellemstilling.

Saafremt Afbrydningen nemlig sker langsomt, vil den ovennævnte Afbrydningsgnist blive betydelig større og vil kunne holde sig som en Lysbue, der forbrænder Afbryderen.

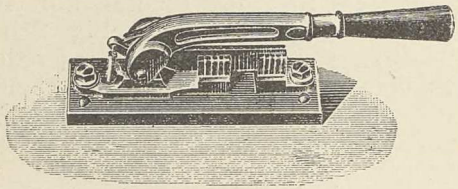


Fig. 109.

Ved Afbrydningen maa Kontaktstykket føres saa langt bort fra de under Spændingen værende Dele, at der ikke kan holde sig nogen varig Bue.

De strømførende Dele i Afbryderen maa være vel isolerede fra dennes Haandtag og eventuelle Dæksel.

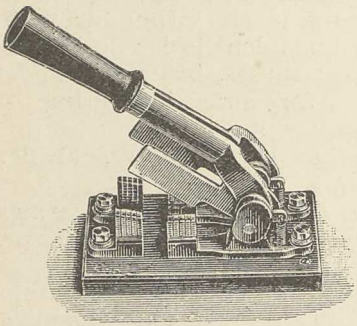


Fig. 110.

Ofte benyttes to- eller tre-polede Afbrydere, hvor der samtidig skal afbrydes for 2 eller 3 Ledninger; disse Afbrydere konstrueres som en Kombination af to eller tre enkelte Afbrydere, der drives ved et enkelt Haandtag.

Knivafbrydere. Ved større Strømstyrker — over 10 Ampère — benyttes mest saakaldte Knivafbrydere. Kontaktstykket er her en flad Metalskinne, der kan trykkes ned imellem nogle Kobberfjedre.

Figurerne 109 og 110 vise almindelige Typer for mindre èn- og to-polede Knivafbrydere.

Daaseafbrydere. Ved Strømstyrker under 10 Ampère benyttes mest Daaseafbrydere, der ere indesluttede i en rund Daase, saaledes at kun Haandtaget stikker ud.

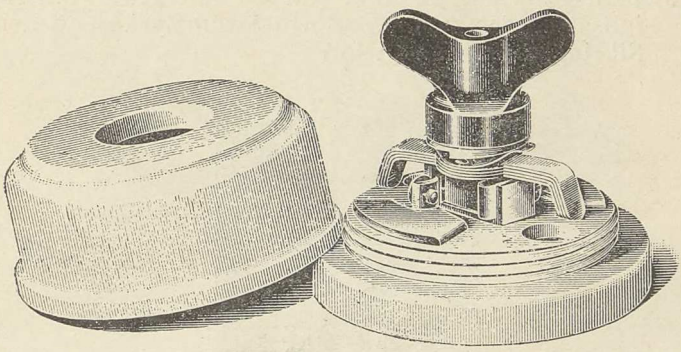


Fig. 111.

Fig 111 viser en saadan Afbryder med aftaget Dæksel. Kontaktstykket bestaar af en drejelig Bro, dannet af flere flade Kobberfjedre. Drejes Broen ved Hjælp af Haandtaget $^1/_4$ Omdrejning rundt, vil Kontaktfjedrene glide hen over de to i Bunden befæstede Skinner, der bære Klemmeskruerne til Ledningernes Anbringelse.

Under Broen er der til denne fastgjort en Firkant, imod hvis Sider et Par faste Fjedre ligge an.

Haandtaget er ikke fastgjort til Broen, men tager kun denne med ved Bevægelse i den ene Retning.

Derved opnaas, at Broen bevæger sig i Spring ved jævn Drejning af Haandtaget, saaledes at Fordringen til Momentafbrydning sker Fyldest.

Sikringer. Som tidligere nævnt indskydes der i Ledningerne saakaldte Sikringer, der smelte, naar Strømmen stiger over et vist Maximum. Derved sikres selve Ledningerne mod Beskadigelse ved indtrædende Kortslutninger.

De Fordringer, der i Almindelighed maa stilles til en Sikring, ere følgende:

1) Smelteindsatsen skal smelte straks, saafremt der indtræder Kortslutning paa Ledningen.
2) Ved langsomt voxende Strøm skal Smelteindsatsen smelte ved $1^1/_2$ til 2 Gange den Strømstyrke, som er angivet ved Stempling af Sikringen.
3) Sikringen maa være saaledes indrettet, at der ikke

kan danne sig nogen varig Bue, idet Smelteindsatsen smelter.

4) Denne maa være helt indesluttet i et Hylster af brandfrit Materiale.
5) I Sikringen maa ikke kunne indsættes Smelteindsatse, der svare til større Strømstyrke end den, Sikringen er bestemt for.

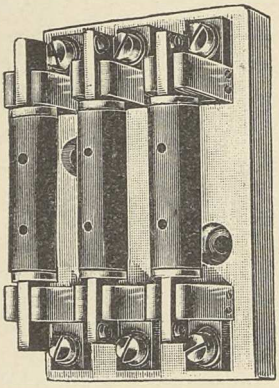


Fig. 112.

I Fig. 112 ses en 3-polet Patronsikring! Grundpladen er af Skifer, Marmor eller Porcellæn. Paa Grundpladen, der er af Porcellæn, er monteret et Klemmestykke for hver Ende af hver Smelteindsats. Klemmestykkerne er forsynede dels med en Skrue, en Bolt eller en Kabelsko til Fastgørelse af Kabelenden og dels Fjederklemmer eller Skruer til Fastspænding af Smelteindsatsen. Ofte er der imellem de enkelte af disse anbragt en Bro af uforbrændeligt, isolerende Materiale, der skal hindre en eventuel opstaaet Lysbue fra at slaa over fra den ene Pol til den anden, og som desuden skal vanskeliggøre Frembringelsen af en Kortslutning ved Uforsigtighed. Sikringen er dækket af et Dæksel af Papir, der er imprægneret saaledes, at det vanskeligt antændes.

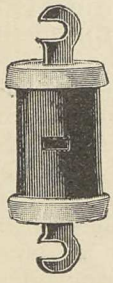


Fig. 113.

Fig. 113 viser en Smelteindsats, bestaaende af et Glasrør, der er lukket i begge Ender med Porcellænspropper, igennem hvilke de til Fastspænding til Sikringselementets Kontaktstykker fornødne Kontaktfaner rager ud. Paa den indvendige Flade

af Porcellænspropperne er Kontaktfanerne forsynede med Plader, der er indbyrdes forbundne ved flere tynde Sølvtraade. Disse, der løber paa langs af Glasrøret, holdes i Afstand fra hinanden derved, at de er trukne igennem Huller i Asbestskiver, der ligger paa tværs i Glasrøret. Dette er iøvrigt fyldt med Smergel e. l., der skal hindre en ved Sølvtraadenes Smeltning opstaaet Lysbue fra at holde sig.

Fig. 114.

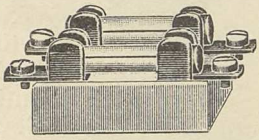


Fig. 115.

Fig. 114 viser en anden Patronsikring med tilhørende Patron. Denne bestaar af en Porcellænscylinder, igennem hvilken der paa langs løber Kanaler. I disse er anbragt Sølvtraade, som er loddede til de paa Cylinderens Endeflader fastgjorte Kontaktkapper. Patronen trykkes ind imellem de foroven og forneden i Sikringen værende stive Kontaktfjedre.

Fig. 115 viser en dobbeltpolet Sikring med Glaspatroner for smaa Strømstyrker.

Tidligere anvendtes meget aabne Blylameller, men disse have forskellige Ulemper; saaledes er Lodningen imellem Blystrimlen og Hovedet udsat for at gaa op under Opvarmningen; paa Grund af den derved dannede Overgangsmodstand vil Lamellen da varmes mere op, end den skulde, og tilsidst vil Smeltestrimlen kunne smelte ved en meget lavere Strøm end den, den skulde smelte ved. Blylameller kunne ogsaa ved Rystelser blive skøre og tilsidst gaa over uden at have været stærkt opvarmede.

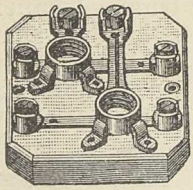
Betydelig bedre end Blylameller ere Sølvtraadslameller, idet de ovennævnte Ulemper ikke findes her. Desuden vil Metallet under Smeltningen ikke kastes saa meget omkring som ved Blylamellerne.

Figurerne 116 og 117 vise to to-polede Propsikringer.

Paa et Bundstykke af Porcellæn er anbragt to Skinner — én for hver Pol; disse Skinner have Klemmer til Befæstelse af Tilledningerne til Sikringen. Over hver Skinne ligger en Bro, som er forsynet med Klemmeskrue for den afgaaende Ledning.

Paa Krydsningsstedet mellem Bundskinne og Bro har denne en ringformet Udvidelse, der er forsynet med

Gevind, saaledes at den saakaldte Prop kan skrues i og danne Forbindelse imellem Bundskinne og Bro.



I Fig. 117 ligger alt undtagen Klemmeskruer og Gevind gemt i Porcellæn. Flere Elementer af denne Type kunne sættes tæt ved Siden af hinanden og forbindes ved to fælles Polskinner til et Polbrædt.

Smelteindsatsene ere hule Porcellænspropper, i hvis Bund der findes en Kontaktskrue s (Fig. 118); omkring Proppens Hals findes et Gevind af Messingblik, og dette er da forbundet med Bundskruen ved en Sølvtraad, der ligger i Proppens Hulhed.

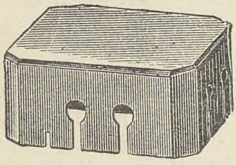


Fig. 116.

For at hindre Buedannelse er Proppen fyldt med Asbest, Bakkesand, Smergel e. l. Proppen er lukket foroven ved Hjælp af et asbestforet Blikdæksel.

For at forhindre, at der i Sikringen anbringes en større Prop, end Sikringen er bestemt for, er Kontakt-

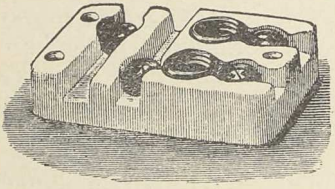


Fig. 117.

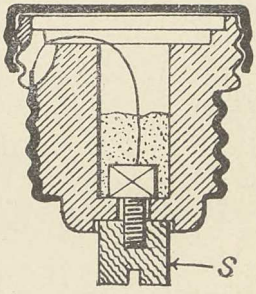


Fig. 118.

skruen i Bunden af Proppen kortere for de større Sikringer end for de smaa (Fig. 119).

I Sikringens Bundskinne anbringes én Gang for alle en Bundskrue, hvis Højde svarer til den Prop, der skal sættes i. En Prop, beregnet for en større Strømstyrke end Sikringen, kan saaledes ikke naa i Bund.

40. **Ledningernes Lægning.** Med Hensyn til de i Kjøbenhavn gældende særlige Regler for Ledningsanlægenes Udførelse, henvises til Regulativet.

Der skal i det følgende kun gives en kort Beskrivelse af de i Kjøbenhavn anvendte Lægningsmaader, idet den

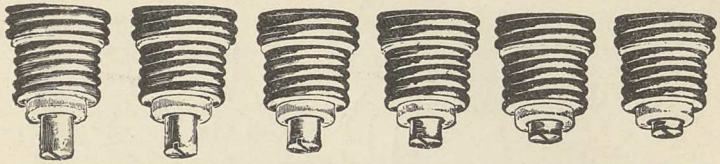


Fig. 119.

egentlige Udførelse af Arbejdet naturligvis kun kan læres ad praktisk Vej.

De forskellige Lægningsmaader, som skulle omtales, ere følgende:

1°. Ledninger befæstede ved Hjælp af Porcellæn.
   a) Installation paa Dobbeltklokke Isolatorer.
   b) Installation paa Porcellænsknapper.
   c) Installation paa Porcellænsklemmer.

2°. Ledninger lagte i Rør, skjulte i Mur eller Lofter.
   a) Messingrør.
   b) Forskruede, lukkede Staalrør.
   c) Staalpansrede Bergmanns-Rør.
   d) Ebonitrør.

3°. Ledninger lagte i udvendige Rør.
   a) Metalklædte Bergmanns-Rør.
   b) Aabne Simplexrør (Staalrør).

4°. Ledninger lagte i Hullister af Træ.
   a) Hullister befæstede ved Hjælp af Søm eller Skruer.
   b) Hullister befæstede ved Hjælp af Messingbøjler.

1° Ledninger befæstede ved Hjælp af Porcellæn.

1a. Installation paa Dobbeltklokke-Isolatorer benyttes hovedsagelig i fri Luft samt i særlig fugtige Rum.

Porcellænsklokken har den i Fig. 120 viste Form, saaledes at den indvendige Overflade altid holder sig nogenlunde tør og derved giver den nødvendige Isolation mellem den til Klokkens Yderflade befæstede Traad og den Smedejerns-Isolatorstøtte, der bærer Klokken.

Isolatorstøtten er enten lige og anbringes da i lodret Stilling i U-Jern e. l., eller den er bøjet som vist i Fig. 120 og anbringes da i et vandret Hul i Mur eller lignende. Bøjningen bør være saadan, at den horizontale Dels Midtlinie træffer Rillen omkring Isolatorens Hals.

I modsat Fald vil Trækket i Ledningen kunne dreje Isolatorstøtten i Muren. Isolatorens Befæstelse til Støtten

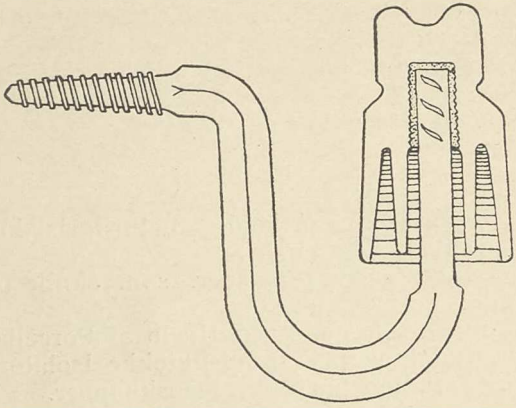


Fig. 120.

sker bedst derved, at den med Mejselhug forsynede Ende af Støtten bevikles med et tyndt Lag Hamp, der er mættet med Linolje. Derefter skrues Støtten fast ind i det med Gevind forsynede Hul i Klokken.

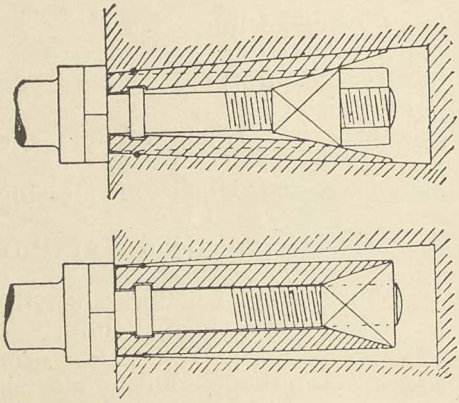


Fig. 121.

Porcellænets gode Beskaffenhed prøves ved at slaa en Klokke i Stykker og anbringe en Draabe Blæk e. l. paa Brudfladen. Er Porcellænet daarligt, vil Blækket hurtigt suges ind, medens Draaben ved godt Porcellæn bliver staaende paa Overfladen.

Naar Isolatorerne skulle anbringes paa Træ, ere Støtterne forsynede med Trægevind; til Anbringelse i Jernbjælker ere de skrueskaarne og forsynede med Møtrikker og Kontramøtrikker. Naar Støtterne skulle anbringes i Murværk, ere de smedede ud i Flige, og de

indmures da med god Cementmørtel eller Metalcement; dog benyttes ogsaa en Del Kileforskruninger, se Fig. 121.

Ledningstraaden er i Regelen enkeltgummiisoleret Ledning af stiv Traad eller Hackethalertraad, der er isoleret med et Fasestof, som er mættet med Blymønnie og Linolie. Blank Ledningstraad tillades som allerede nævnt kun undtagelsesvis.

Paa lige Strækninger kan Traaden anbringes ovenpaa Klokken i den der værende Not.

I Krumninger eller Knæk lægges Traaden derimod i Rillen paa Siden af Klokken og altid saaledes, at Traaden er trukket udenom Isolatoren; denne skal altsaa befinde sig paa den indvendige Side af Traadens Krumning.

Ved Ledningstraadens Anbringelse ovenpaa Isolatoren benyttes til Fastholdelse af Traaden, den saakaldte Overbinding, medens der ved Anbringelse paa Siden af Klokken benyttes Sidebinding.

Til Bindetraad kan benyttes 1—2 mm. blank eller isoleret Kobbertraad; i saa Fald maa Ledningens Isolation beskyttes mod mekanisk Beskadigelse ved en Bevikling med Læder, Gummibaand e. l.

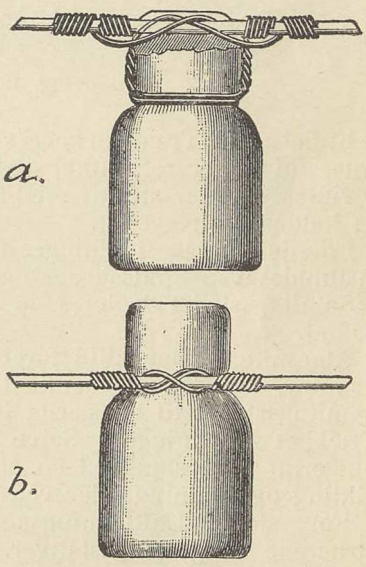


Fig. 122.

Overbindingen sker som vist i Fig. 122 a. 2 Stykker ca. 500 mm. lange Traade slaas hver 1 Gang omkring Klokkens Hals, hvorefter de to Ender af hver Traad snoes sammen op langs Klokken indtil i Højde med Ledningstraaden. Den ene Ende af Bindetraaden snoes omkring denne, medens den anden Ende krydses over paa den anden Side af Klokken og her ligeledes snoes om Ledningstraaden.

Sidebinding ses i Fig. 122 b. Man lægger Midten af den ca. 70 mm. lange Bindetraad paa det Sted af Led-

ningen, hvor denne rører Isolatoren, slaar hver Ende af Bindetraaden én Gang om Klokkens Hals, krydser over Ledningen og snoer omkring denne. Selv om man beskytter Ledningens Isolation mod Beskadigelse ved Omvikling med Læder etc. vil Bindetraaden dog have Tilbøjelighed til at skære sig ind i Isolationen; man anvender derfor ofte Tjæregarn til Bindingen.

Samlinger i Traaden foretages ved den saakaldte Britanniasamling (se Fig. 123).

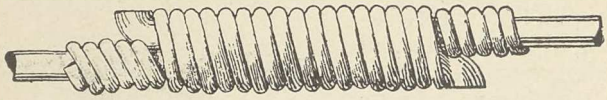


Fig. 123.

Enderne af Traaden lægges c. 75 mm. over hinanden, bøjes ud under ret Vinkel og klippes af; hele Samlingen bevikles derefter stramt med Kobbertraad (c. 1 mm. tyk) og loddes omhyggeligt.

For de sværere Ledninger benyttes Samlemuffer, der fastholdes ved Spidsskruer og Lodning.

Samlingsstedet isoleres med Paragummi og Isolerbaand.

Afgreninger maa altid foretages umiddelbart ved en Isolator, og den afgaaende Ledning befæstes lige før Samlingsstedet til en særlig Isolator, der optager hele Trækket i Ledningen. Selve Forbindelsen mellem Ledningerne sker som ved en almindelig Samling ved Bevikling og Lodning eller ved Samlemuffe.

For større Luftledningsanlæg haves særligt konstruerede Forgreningsstativer.

Afstanden mellem Traade af forskellig Polaritet skal være mindst 200 mm.

Afstanden mellem en Lednings Understøtningspunkter maa ikke overskride 35—40 m. Ledningernes Afstand fra Jorden skal i fri Luft helst være over 5 m.

Ledningerne kunne passende trækkes saa stramt, at Nedhænget ved 35 m. Spændvidde og en Temperatur af 15° C. er ca. 550 mm.

1 b. Installation paa Porcellænsknapper.

Denne Installationsmaade benyttes mest paa Steder, hvor det smukke Udseende ikke spiller nogen større Rolle samt i fugtige Rum — Kældere, Pakhuse, Fabrikslokaler ete.

Installationen paa Knapper har den Fordel, at den giver et let overskueligt Anlæg, let tilgængeligt for Eftersyn. Da det tillige er en meget billig Installationsmaade, anvendes den i stor Udstrækning.

Den bedste Form for Knapperne ses i Fig. 124.

Den afrundede Form af Foden er heldigt, for at ikke Kondensationsvand paa Væggene skal løbe ud over Knappen og Traaden. Anlægsfladen for Befæstelsesskruen maa helst være plan, for at Skruen ikke under Tilspændingen skal sprænge Knappen.

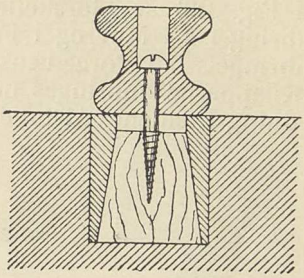


Fig. 124.

Paa Træskillerum, Loftforskalninger etc. befæstes de direkte med Træskruer. Paa Mur befæstes de til indstøbte Dybler, disse kunne være koniske Trædybler, Smedejerns eller Støbejerns Dybler eller Spiraldybler.

Trædyblerne ere 30—40 mm. brede ved den største Grundflade. De indsættes med den brede Endeflade inderst i Muren og saaledes, at Forfladen ligger ca. 5 mm. tilbage for Murens Flade. Faststøbningen sker med Cementmørtel eller Gips.

Trædyblerne skulle være godt indtørrede, før de bruges, da de ellers under den senere Indtørring blive løse i Muren. Den mindre Sammentrækning, som dog uundgaaelig finder Sted i Tidens Løb, kommer man ud over ved fra Tid til anden at spænde Skruen til og derved trække Dyblen lidt ud.

Ved Anvendelse af Jerndybler bliver man fri for den med Sammentrækningen forbundne Ulempe.

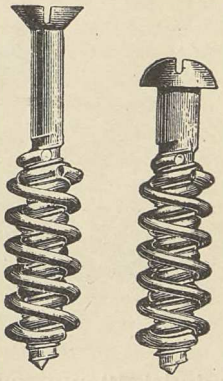


Fig. 125.

Spiraldyblen (Fig. 125) er dannet af en om en Træskrue i to Lag vunden Jerntraad; det underste Lag er lagt i Skruens Gevind, medens det øverste Lag er vundet paa Kryds af det andet, altsaa dannende et nyt venstre Gevind.

Efter at Skruen er dyppet i Linolie, skrues den i Dyblen, og det hele støbes ind i Muren. Naar Gipsen eller Cementen er hærdnet, kan Skruen skrues ud, efterladende Staalspiralen i Muren, Porcellænsknappen anbringes paa Skruen, og denne skrues ind igen.

I Fig. 126 ses forskellige Former for Jerndybler til Anbringelse i Mur og i Fig. 127 nogle særlige Jern til Anbringelse af Porcellænsknapper paa Jernbjælker.

Knapperne anbringes med en Afstand af højst 800 mm. Ledningstraadenes Afstand fra Væg eller Loft maa være

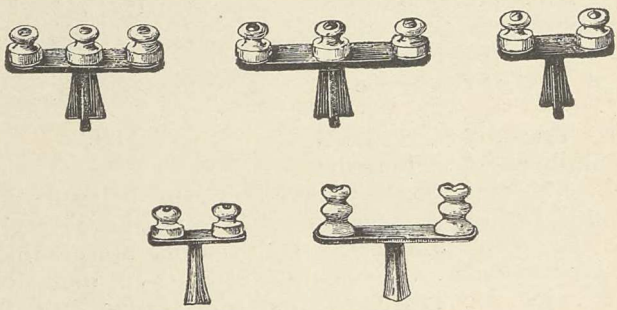


Fig. 126.

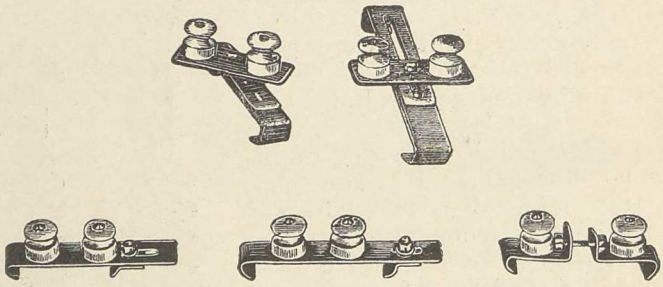


Fig. 127.

mindst 10 mm. og Afstanden mellem Traade af forskellig Polaritet mindst 25 mm., regnet fra Metal til Metal.

Til Befæstelse af Ledningerne til Knapperne benyttes enten fortinnet ca. 1,5 mm. Kobbertraad, isoleret Traad eller Tjæregarn; i første Tilfælde maa Ledningens Isolation beskyttes mod Beskadigelse ved Bevikling med Isolerbaand, Læder, Gummi e. l.

Bindetraaden slaaes to Gange omkring Knappen og Ledningen, saaledes at der dannes et Dobbeltkryds.

Bindetraaden maa ikke berøre Væggen eller i det hele andre Dele end den paagældende Ledning og Porcellænsknap.

Forinden Fastbindingen til Knapperne, trækkes Ledningen paa et længere Stykke.

Ved Knækkene lægges Ledningen udenom Knappen.

Hvor Ledningen skal gaa omkring Kanter, benyttes særlige Knapper, med Rille over Hovedet eller med et Hjørne udskaaret (se Fig. 128).

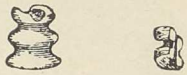


Fig. 128.

Hver Ledning lægges paa hver sin Række Knapper.

Hvor to Ledninger krydse hinanden, maa de ikke komme i Berøring indbyrdes; man benytter derfor paa saadanne Steder enten en Krydsningsknap eller en Krydsningsring — se Fig. 129.

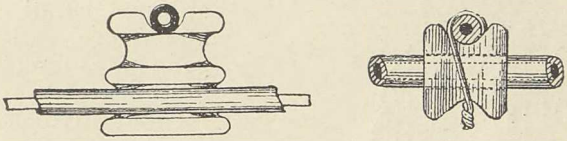


Fig. 129.

Umiddelbart paa hver Side af Afgreningspunktet maa der paa den gennemgaaende Ledning findes en Porcellænsknap; endvidere maa Afgreningspunktet aflastes for Træk fra den afgaaende Ledning ved, at der paa denne findes en Knap tæt ved Afgreningspunktet.

Selve Samlingen foretages som sædvanlig ved Lodning og Isolering med Paragummi og Isolerbaand.

De Ledninger, der lægges op paa Knapper, ere i Reglen dobbelt gummiisolerede Ledninger; kun i særlig fugtige Rum benyttes vulkaniserede Ledninger.

Undertiden lægges Knap-Installationer i Kanaler i Murene; Kanalerne afdækkes bedst med et Brædt, der kan skrues af. Skulle Kanalerne være helt skjulte, afdækkes de med Skiferplader, og der pudses over; dette er dog ikke heldigt, da det vanskeliggør senere Eftersyn etc.

Da Ledninger ikke maa ligge ubeskyttede i en Højde mindre end 2 m. fra Gulvet, benyttes Installationen paa

Knapper saa godt som aldrig for Nedføringer til Afbrydere og Stikkontakter m. v.

1 c. Installation paa Porcellænsklemmer er en Installationsmaade, der navnlig finder god Anvendelse i nye Ejendomme, hvor Installationen skal ligge fuldstændig skjult, og hvor der kan anbringes en Træ-Gesimsliste eller Brystningsliste, hvori findes tilstrækkelig stor Hulhed til Optagelse af Klemmeinstallationen.

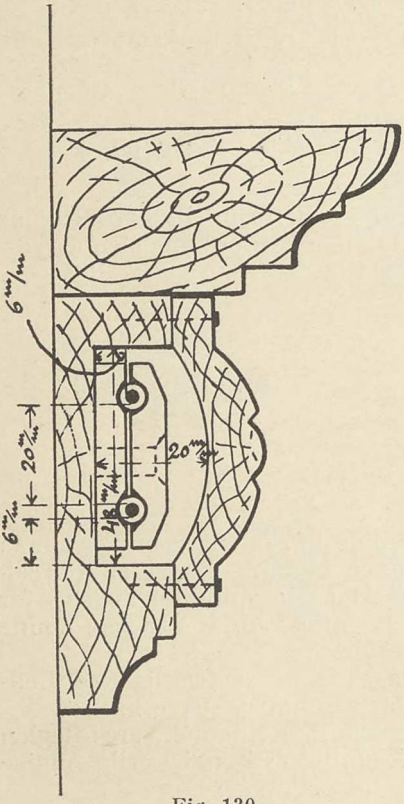


Fig. 130.

Denne Installation er betydelig billigere end de i samme Tilfælde brugelige Rør-Installationer og frembyder desuden den Fordel, at der, hvor en saadan Hulliste er anbragt rundt langs alle Vægge, er let Adgang til at foretage de altid senere forekommende Udvidelser og Ændringer.

I Fig. 130 er vist en saadan Gesimsliste med Porcellænsklemmer for 2-Leder. Klemmen bestaar af en Under- og en Overpart, imellem hvilke Ledningerne klemmes sammen ved Hjælp af den samme Skrue, der benyttes til at befæste Klemmen i Bunden af Trælisten.

De nødvendige Dimensioner af Hulrummet og af selve Klemmerne ses af Figuren.

Klemmernes Afstand maa ikke overstige 260 mm.

Ledningerne strækkes paa et længere Stykke, og derefter trækkes Skruerne an paa alle de mellemliggende Klemmer; dette maa ske med Forsigtighed, dels for at

Ledningerne ikke skulle beskadiges, og dels for at Klemmerne ikke skulle knække.

Ledningerne maa ligge stramt og aldeles lige mellem Klemmerne.

De Ledninger, der installeres paa denne Maade, skulle være vulkaniserede.

Da der sjældent kan haves saa svære Lister ned ad Væggene og over Lofterne, ville alle Afregninger i Reglen blive førte i Rør.

Nedføringerne til Afbrydere og Stikkontakter maa altid være beskyttede.

2°. Ledninger lagte i Rør, skjulte i Mur eller Lofter.

Som almindelige Regler for de herhen hørende Installationsmaader gælder følgende:

1) Anvendes Metalrør (Messingrør, Staalrør, staalarmerede Bergmannsrør) skulle de være stærke (mindst 1 mm. tykke i Godset), tætte og altsaa valsede, svejsede eller loddede sammen i Længdefugen.
2) Samlingerne mellem de enkelte Rørlængder m. m. skulle være lufttætte. Metalrørene samles ved Lodning eller Forskruning med Anvendelse af Blyhvidt-Pakning. Ebonitrørene samles ved Muffer og tættes med Chatterton-Kompound.
3) Der maa intet Steds i Rørsystemet kunne samle sig Vand. For at undgaa Lufttræk igennem Rørene og dermed følgende Kondensationsvand, maa lodret opadvendende Rørender lukkes lufttæt. Rørsystemet skal lægges helt færdigt, forinden Ledningerne trækkes igennem.
4) Rørene skulle ligge saaledes og være saa rigeligt dimensionerede, at Ledningerne med Lethed kunne trækkes ud og ind enkeltvis.
5) De Riller i Muren eller Pudsen, hvori Rørene lægges, maa ikke fyldes ud med almindelig Puds, men skulle udstøbes med Gibs eller Cement helt rundt om Rørene.
6) Ledningerne skulle være isolerede med vulkaniseret Gummi.
7) Ingen Samlinger eller Forgreninger maa findes i selve Rørene, men skulle findes i særlig dertil indskudte Daaser med Porcellænsindsats.
8) Der maa i samme Rør højst findes 4 Ledninger, og disse skulle henhøre til samme Lampegruppe.

2 a. Installation i Messingrør.

Denne Installationsmaade har tidligere været almindelig anvendt ved Nybygninger, hvor Installationen ønskedes helt skjult; den fortrænges dog mere og mere af Installation i Staalrør, der er mere holdbar.

For at kunne trække Ledningerne igennem Rørene, maa disse i Reglen have følgende Lysning.

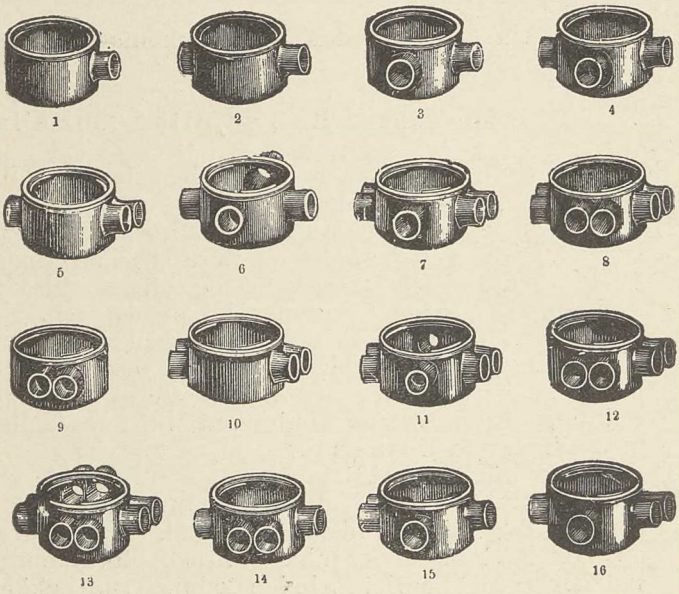


Fig. 131.

For	1	Stk. Ledning	indtil	2,5	mm. 7 mm.
-	2	—	—	—	11 —
-	3 à 4	—	—	—	13 —

De 7 mm. Rør kunne sædvanlig dækkes under et almindeligt Pudslags Tykkelse, medens de større Rør kræve Udhugning af Riller i Murene; hvor dette ikke lader sig gøre (Trævæg, Moniervæg, Loftspuds), maa man derfor nøjes med 1 eller 2 Ledninger i hvert Rør.

Alt Tilpasningsarbejde, Bøjning af Rørene og Samling ved Paalodning af særlige Messingmuffer sker paa Stedet. Stor Omhyggelighed maa finde Sted for at undgaa Grader ved Samlingerne og Fladtrykning af Rørene ved Bøjningerne.

Rørene befæstes til Muren eller Forskallingen ved Hjælp af Kramper, Hager, Messingbaand, Jerntraad e. l.

Ved alle Forgreningspunkterne indsættes særlige Forgreningsdaaser af Messing, Staal e. l. Disse Daaser kunne faas i næsten alle anvendelige Former — se Fig. 131 — og ere forsynede med Porcellænsindsats med Klemmer for Tilslutning af de forskellige i Daasen sammenløbende Ledninger.

Disse loddes ikke, men klemmes fast under de i Klemmestykkerne anbragte Skruer.

Rørene stikkes saa langt ind i de Stutzer, hvormed Daaserne ere forsynede, at Rørenderne ligge bindige med Daasens Inderflade. Indføringen loddes eller tættes med Asfaltkit.

Foruden Afgreningsdaaserne anbringes der hist og her Gennemgangsdaaser for at lette Ledningernes Trækning i Rørene.

Saadanne Gennemgangsdaaser maa i Reglen i ethvert Fald benyttes for hver 4de Bøjning paa Røret, men Antallet afhænger i høj Grad af de stedlige Forhold.

En omhyggelig Indgibsning eller Indstøbning i Cement er en absolut Betingelse for, at Installationen skal forblive ubeskadiget i længere Tid. Overholdes den omhyggelige Indgibsning ikke, ville Rørene sandsynligvis i Løbet af kort Tid — der haves Exempler paa, at $^1/_2$ Aar er tilstrækkelig — ødelægges ved kemisk Paavirkning af de i Pudsen værende Stoffer.

Det vil lette Indtrækningen først at blæse noget Talkum ind i Rørene.

Indtrækningen kan ved Installationer med forholdsvis korte Rørlængder foretages uden særlige Hjælpemidler.

Skal Indtrækningen foregaa i større Rørlængder, kan det blive nødvendigt at anvende et Staalbaand eller en Jerntraad.

Ved den første Installation kan alle Ledningerne godt trækkes igennem et Rør samtidig, idet der dog i saa Tilfælde maa anvendes Forsigtighed, at ikke Ledningerne skulle snoes sammen eller beskadiges.

I ældre Ejendomme anvendes meget den saakaldte »Fiskning« af Rør, der ønskes førte ud under Loftet. »Fiskningen« udføres paa den Maade, at der bores Hul i Loftets Forskallingsbrædder, dér hvor Lampelegemet skal anbringes og ved Gesimsen (eventuelt i Rummet ved Siden af), hvorefter Rørene trækkes fra Hul til Hul,

saaledes at de komme til at ligge mellem Forskalling og Indskud, følgende Loftbjælkernes Retning.

2 b. Installation i forskruede, lukkede Staalrør.

Til dette Brug benyttes dels tynde trukne Staalrør (Bergmannske Staalrør) eller de sværere loddede Simplex-Staalrør.

De første ere let bøjelige op til 16 mm Rør og kunne derfor bøjes paa Stedet i den ønskede Form.

Da disse Rør saaledes ikke fordre de mange Faconstykker som Simplexrørene, og da de tillige kræve mindre Arbejde ved Tilpasningen, give de en betydelig billigere Installation end de sidstnævnte.

Disse ere emaillerede; paa Grund af den større Godstykkelse faas en noget holdbarere Installation, især i meget fugtige Rum.

Rørene samles ved forskruede Muffer; Samlingerne pakkes, som tidligere nævnt, med Blyhvidt.

Iøvrigt gælder for disse Installationsmaader alt det om Installation i Messingrør anførte. Der findes for disse Rørsystemer særlige Afgrenings- og Gennemtrækningsdaaser med Porcellænsindsats.

2 c. Installation i staalpansrede Bergmanns-Rør.

Disse Rør ere indvendig beklædte med et isolerende Lag, bestaaende af Papir, der er imprægneret med Asfalt.

Armeringen bestaar af Staalrør, 1,25—1,5 mm. tykke i Godset.

Rørene kunne bøjes noget, og de samles ved Forskruning.

Fra Fabriken kan faas alle de forskellige anvendelige Faconstykker, Forgreningsdaaser m. v.

Med Hensyn til Oplægning af Rørene gælder det samme som anført ved Messing- og Staalrør.

2 d. Installation i Ebonitrør.

Denne Installationsmaade har ikke fundet videre Anvendelse i København og maa anses for den svageste af de skjulte Rørinstallationer. Rillen maa dækkes med Skifer- eller Blikplader til Beskyttelse imod Indtrængen af Søm.

Alle Bøjninger og Faconstykker leveres færdige fra Fabrikkerne.

3°. Ledninger lagte i udvendige Rør.

Denne Installationsmaade anvendes mest ved ældre Bygninger samt paa Steder, hvor det ikke er nødvendigt for Udseendets Skyld at have Installationen liggende fuldstændig skjult.

3 a. Installation i messingarmerede (metalklædte) Bergmanns-Rør.

De messingarmerede Bergmanns-Rør — her i Almindelighed blot benævnede Bergmanns-Rør — have indvendig den samme Papirisolation som de tidligere nævnte staal-

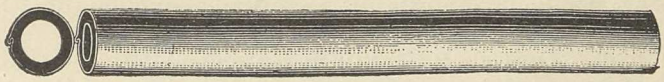


Fig. 132.

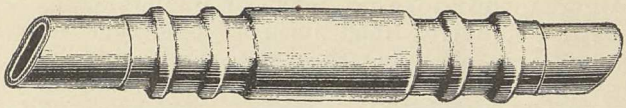


Fig. 133.

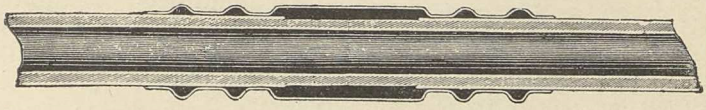


Fig. 134.

armerede Rør, men over Papirrøret findes kun en Beklædning af tyndt Messingblik (Fig. 132).

Rørene samles ved Hjælp af særlige Muffer (Fig. 133 og 134).

Disse ere af Messing, og Rillerne deri ere fyldte med Asfaltkit.

Messingkappen fjernes i en Afstand af ca. 15 mm. fra de to Rørender, der skulle samles, og om disse lægges et Lag smeltet Asfaltkit. Efter at Muffen er

varmet svagt, stikkes de to Rørender ind, saaledes at de støde sammen i Midten af Muffen. Denne varmes derefter op ved en Spirituslampe, saaledes at Asfaltkitten smelter og lukker Muffen lufttæt.

Fig. 135.

Bøjninger kunne faas færdige fra Fabriken, men kunne ogsaa foretages paa Stedet med en Skaaltang (Fig. 135), ved Hjælp af hvilken man trykker Riller paa tværs mere eller mindre tæt sammen, eftersom Bøjningen skal være mere eller mindre skarp.

I Stedet for Bøjninger kan undertiden ogsaa benyttes Vinkelslykker med aftageligt Dæksel (Fig. 136).

Til Forgreninger benyttes Messingdaaser, der indvendig ere beklædte med Papir. Samlingen mellem Rørene og Daasens Stutzer tættes med Asfaltkit.

I godt udtørrede Rum kunne Rørene befæstes direkte paa Muren; i Nybygninger og paa Ydermure maa Rørene derimod altid anbringes paa Træunderlag.

Befæstelsen sker ved Messingklammer, Messingbaand eller Hager.

I Murgennemføringerne maa de metalklædte Bergmanns-Rør omgives med Jernrør, eller der maa anvendes staalarmeret Rør her.

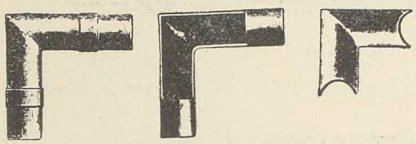


Fig. 136.

I mange Tilfælde vil det være fordelagtigt at undgaa Afgreninger ved at føre Ledningen i Sløjfe ned til Afbryderen eller Lampen og tilbage igen — se Fig. 137. I saadanne Tilfælde ere de i Fig. 138 viste T-Muffer med Dæksler anvendelige.

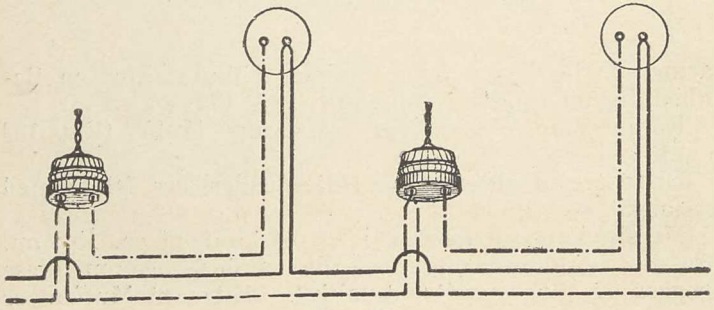


Fig. 137.

Fabrikkerne ere nu begyndt at fremstille Bergmanns-Rør, armerede med tyndt forblyet Jernblik. Disse Rør behandles paa samme Maade som de messingarmerede Rør.

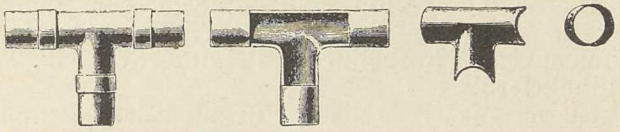


Fig. 138.

3 b. Installation i aabne Simplexrør.

Disse Rør ere dannede af en Staalplade, der er bøjet sammen, men Fugen er aaben. De enkelte Rørlængder samles ved Muffer, der ere borede konisk ud, og hvori de konisk afslebne Rørender passe stramt. Bøjninger maa tages fra Fabrikken.

Alle Rør og Fittings ere sortlakerede. Rørene befæstes direkte paa Muren ved Hjælp af Staalklammer eller Hager.

4°. Ledninger lagte i Hullister af Træ.

Ledningerne anbringes i Noter i særlig profilerede Trælister — se Fig. 139.

I fugtige Rum ville Trælister indsuge Fugtigheden; Ledningen, der ligger i Listen, kan da efterhaanden ødelægges og derved danne Jordslutning eller Kortslutning igennem den vaade Træliste. Varmen fra den derved opstaaede Afledningsstrøm vil under ugunstige Omstændigheder forkulle Listen og eventuelt tilsidst antænde den.

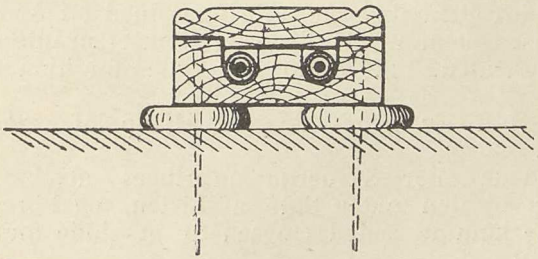


Fig. 139.

Hullister af Træ maa derfor overhovedet ikke anvendes i fugtige Rum, saaledes ikke i Nybygninger eller uopvarmede Kælderrum, og Anvendelsen af Hullister kræver i det Hele taget en Del Forsigtighedsregler, af hvilke de vigtigste ere følgende:

1) Listerne skulle altid være imprægnerede, saaledes at de ikke suge Fugtighed. Til Imprægneringen kan anvendes Karbolineum, Paraffin, Schellak, Vox, Linoliefernis e. l.
2) Listerne maa ikke berøre Bygningsdelene direkte, men der skal imellem Listerne og Anbringelsesstedet indlægges Porcellænsskiver, der kunne hindre Væggens Kondensationsvand eller anden Fugtighed fra at løbe ned over Listerne.

   Porcellænsskivernes Overflade skal have en saadan Form — Fig. 141 — at Vandet fra Muren ikke løber langs Skivens Overflade ud paa Trælisten.
3) Skruerne, der eventuelt benyttes dels til Befæstelse af Listerne til de i Muren anbragte Dybler og dels til at fæste Dæklisten til Hullisten, maa ikke anbringes i Broerne mellem de enkelte Ledninger, men derimod kun udenfor Noterne.

   Porcellænsskiverne holdes paa Plads ved at trækkes paa de samme Skruer eller Søm, som benyttes til Listernes Befæstelse.
4) Afstanden mellem de enkelte Ledninger maa være mindst 20 mm., regnet fra Metal til Metal.
5) Der maa kun anvendes vulkaniserede Ledninger i Hullister af Træ.

   Porcellænsskiverne anbringes med en Afstand af højst 600 mm. Hulliste og Dæksel profileres saaledes, at de ikke kunde forskydes for hinanden.

4 a. Hullister befæstede ved Hjælp af Søm eller Skruer.

Sømmene eller Skruerne anbringes afvekslende i den ene og den anden Side af Listen, og Porcellænsskiverne komme saaledes ogsaa til at sidde forsat for hinanden.

Denne Befæstelsesmaade kræver temmelig brede Lister, ligesom det heller ikke ser godt ud med de under Listerne fremspringende Porcellænsskiver.

Bedre end at bruge runde Skiver er det i saa Henseende at benytte særlig formede Porcellænsstykker med to Huller, hvoraf det ene benyttes til Befæstelsesskruen, medens det andet kan benyttes til

en Stift, der skal holde Porcellænsstykket paa Plads — Fig. 140.

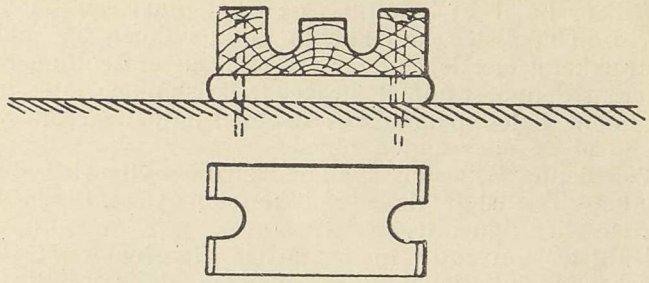


Fig. 140.

For med større Sikkerhed at kunne anbringe de til Dæklisten benyttede Skruer nøjagtigt, er Dæklisten ofte forsynet med to Riller paa langs og igennem Skruernes Midtlinje.

4 b. Hullister befæstede ved Hjælp af Messing-Bøjler.

Det har erfaringsmæssigt vist sig, at Ødelæggelsen af

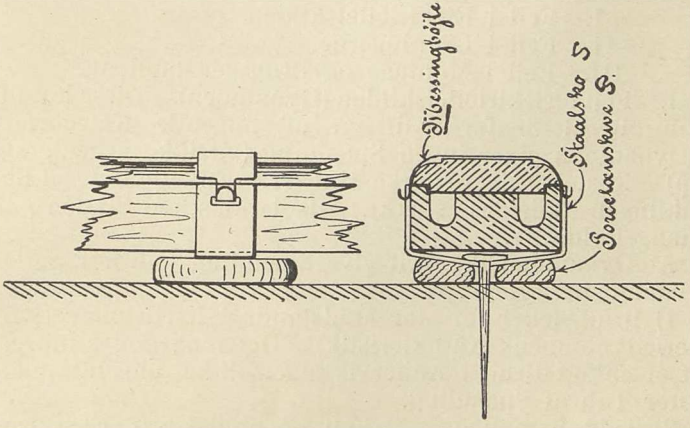


Fig. 141.

Hullisterne altid udgaar fra de Steder, hvor Skruerne ere anbragte. Man har derfor søgt helt at undgaa Befæstel-

sesskruerne ved at benytte Messingbøjler til at holde Listerne (Fig. 141). Først befæstes for hver c. 600 mm. en Staalsko S. med Messingbøjle M og Porcellænsskive P. S. er bøjet af Staalblik og skal have en saadan Form, at Trælisten kan klemmes ind i Skoen og holdes tilstrækkelig fast deri under Trækningen af Ledningerne. Efter at denne er udført, lægges Dæklisten paa, Messingbaandene bøjes op og lukkes stramt sammen derom ved Hjælp af en eller anden Laas.

Ved denne Befæstelsesmaade kan benyttes betydelig smallere Trælister, da der ikke skal være Plads for Skruer eller lignende.

Hullister anvendt med Omsigt frembyder et udmærket Installationsmiddel, medens de paa Steder, hvor de have været anvendt kritikløst, have givet Anledning til store Ulemper og i flere Tilfælde have foraarsaget Ildløs.

Anlægenes Prøve og Eftersøgning af Fejl.

Forinden et elektrisk Anlæg afleveres til Brug, bør det underkastes en Prøve, dels for at undersøge om Apparater og Ledninger ere tilstrækkeligt isolerede og dels for at undersøge om alle Forbindelser og Apparater ere i Orden.

De almindeligt forekommende Fejl kunne henføres til:

I. Fejl i Elektricitetskilden.
II. Fejl i Ledningerne.
III. Fejl i Montage og Brugsgenstandene.

I. Fejl i Elektricitetskilden (Dynamoen). Disse kunne som Regel henføres til en af følgende Kategorier: »Dynamoen giver ingen Spænding (vil ikke arbejde sig op). Kostene giver stærke Gnister. Enkelte Dele af Beviklingen ophedes stærkt. Isolationsmodstanden er mangelfuld.«

At Dynamoen ikke vil give Spænding kan for Seriedynamoen skyldes:

1) Brud (eller for stor Modstand) i Kredsløbet (jvfr. Seriedynamoens Karakteristik). Det maa dog erindres, at et enkelt Brud i Ankerviklingen ikke absolut medfører Tab af Spænding.

2) Tabt Remanens. 3) Fejl Forbindelse (f. Eks. saaledes at den i Magnetkredsløbet gaaende Strøm modarbejder Remanensen). 4) Fejl Omdrejningsretning. 5) Fejl Kostestilling (ɔ: for topolede Dynamoer c. 90° fra den rigtige Kostestilling.

At Shuntdynamoen ikke vil give Spænding, kan skyldes de samme Aarsager som nævnt under Seriedynamoen med Undtagelse af, at det ikke gør noget at Modstanden i den ydre Kreds er for stor, men derimod naar den er for lille (se under Shunt Dynamoens ydre Karakteristik).

For Kompounddynamoens Vedkommende maa det erindres, at der foruden de ovenfor nævnte Aarsager til mangelfuld Spænding kan være fejl Forbindelse mellem Shunt og Serievikling saaledes, at disse modarbejde hinanden, ligesom et Brud i Serieviklingen kan medføre, at Dynamoen kan give Spænding, men ikke Strøm til ydre Kredsløb.

Stærk Gnistdannelse kan skyldes fejl Kostestilling eller mangelfuld Kontakt mellem Koste og Kommutator, Brud, Jordslutning eller Kortslutning i Ankervindingerne eller Kommutatorlameller, Overbelastning, urigtigt Omdrejningstal, daarlig Centrering af Ankeret og daarlig Fundamentering, ligesom Haardheden af det til Kommutator og Koste anvendte Materiale har Indflydelse; navnlig har det Betydning, at det til Isolation mellem Lamellerne anvendte Materiale slides i samme Grad som Lamellerne.

At enkelte Dele af Beviklingen ophedes stærkt, vil i Almindelighed for Ankervindingerne skyldes Kortslutning af de paagældende Vindinger. En Kortslutning i Magnetvindingerne vil derimod bevirke, at den kortsluttede Del holder sig kold, medens den øvrige Del af Vindingerne vil overhedes.

Med Hensyn til Paavisning og Afhjælpning af disse Fejl, gælde som Hovedregel, at alle Forbindelser med ydre Kredsløb først fjærnes.

Isolationsfejl eller Brud paa Beviklingerne konstateres paa en af de under Afsnit 20 og 21 beskrevne Maader.

Giver Dynamoen ikke Spænding og Aarsagen ikke skyldes Brud i Beviklingen, vendes Shunten, Kosteledningerne eller Omdrejningsretningen, og nytter dette ikke, maa Grunden søges i tabt Remanens (hvad dog sjældent sker) eller fejl Forbindelse mellem Magnetspolerne indbyrdes. I første Tilfælde maa Dynamoen opmagnetiseres paany.

Gnistdannelsen søges afhjulpet ved Forandring af Kostestilling (saavel indbyrdes som ved Forskydning).

Lykkes det ikke ved Forandring af Kostestilling at undgaa Gnistdannelse, og denne ikke skyldes daarlig vedligeholdt Kommutator og Koste, vil den i Alminde-

lighed skyldes Kortslutning eller Jordslutning i Ankeret. En saadan Fejl lader sig sjældent rette paa Stedet og det maa derfor tilraades at sende Ankeret til en Fabrik, der beskæftiger sig med Ankerviklinger, allerhelst til den Fabrikant, der har lavet Ankeret.

Fejl i Ledningerne.

Disse kunne sammenfattes under: »Mangelfuld Forbindelse (Brud) og mangelfuld Isolationsmodstand (saavel mellem Ledningerne indbyrdes som mellem de enkelte Ledninger og Jord)«.

Eventuelt Brud i Ledningerne paavises lettest ved at forbinde Gruppen med Elektricitetskilden og da f. Eks. ved Hjælp af en Glødelampe konstatere, hvilke Dele af Gruppen, der er under Spænding, idet Glødelampen efterhaanden knyttes til Gruppens forskellige Forgreningspunkter.

Medens Brud i en Ledning i Almindelighed kun medfører, at de udenfor Bruddet værende Brugsgenstande ikke kan funktionere, kan Isolationsfejl medføre andre og mere væsentlige Ulemper, hvoraf skal nævnes: Energitab, uroligt eller svagt brændende Lamper, (Lamper, der kun have enkeltpolet Afbryder, kan vedblive at brænde, selv om Afbryderen er lukket), Overbrænding af Smeltesikringer. Fortæring af Ledningerne med deraf følgende stærk Opvarmning og Brandfare, og endelig den skadelige Indvirkning paa Nervesystemet, som det kan have at berøre strømførende Ledning, der ikke er tilstrækkeligt isoleret.

Tilstedeværelse af Isolationsfejl kan paavises paa en af de under 21 angivne Maader, og Maalingen bør altid foretages med en Spænding, der er mindst lige saa stor som Driftspændingen.

Med Hensyn til den Isolation, der forlanges paa de forskellige Ledninger, henvises til Regulativet.

Som ovenfor angivet, kan Isolationsfejl foraarsage store Ulemper og Fare, og en saadan Fejl bør derfor straks rettes, saasnart man ved Maaling er kommet til Kundskab derom.

Først fraskilles den paagældende Gruppe fra alle Belysningslegemer, Afbrydere, Fordelingstavler etc., for at man kan prøve om Fejlen ligger i en af disse Installationsgenstande eller deres Montering. Saafremt dette ikke er Tilfældet, maa Fejlen være paa selve Ledningerne, og saafremt den ikke findes ved Eftersyn af disse,

gør man bedst i efterhaanden at skille Gruppen ad i Forgreningspunkterne og paa denne Maade finde, paa hvilken Del af Ledningen Fejlen ligger. Denne Del maa da straks tages ned og fornyes.

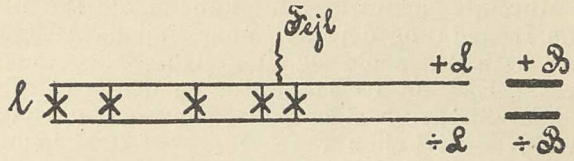


Fig. 142.

Paa saadanne Steder, hvor en længere Ledning ikke kan fornyes, uden at Lokalerne beskadiges i for høj en Grad, kan det undertiden være til Nytte nærmere at bestemme Fejlens Plads ved Hjælp af en elektrisk Maaling.

Haves saaledes paa Ledningen + L (Fig. 142) en Jordslutning, tages Smeltesikringerne + B og ÷ B ud, Ledningerne + L ÷ L kortsluttes ved Lampen l, medens

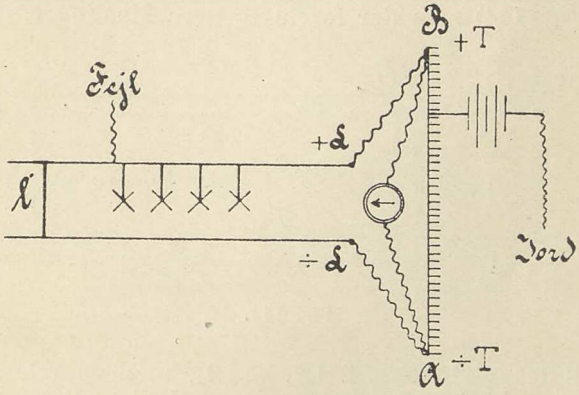


Fig. 143.

alle øvrige Lamper skrues ud. Den anden Ende af Ledningerne forbindes til Enderne + T ÷ T af en Traadbro (Fig. 143).

Skyderen paa denne forbindes til den ene Pol af et Batteri af Tørelementer, medens den anden Pol sættes til Jord; + T og ÷ T forbindes endvidere med et fintmærkende Galvanometer.

Naar Broen er afbalanceret, kan man paa Traaden direkte aflæse Afstanden fra + T til Fejlen i Forhold til hele Ledningens Længde.

Naturligvis maa man kende Ledningernes Beliggenhed i Muren, saaledes at man kan maale sig til Ledningens Længde og derefter, naar Fejlens Afstand fra + T er bestemt, maale sig til Fejlens Beliggenhed.

Haves f. Eks. en 1m Traadbro, og denne er afbalanceret, naar Skyderen staar paa 350 mm., saa vil Afstanden fra + T til Fejlen være $^{350}/_{1000}$ af hele Ledningen + T + L ÷ L ÷ T's Længde. Ledningerne + T + L og ÷ T ÷ L maa helst tages saa svære, at man kan se bort fra Modstanden i dem, man kan dog ogsaa tage dem af samme Dimension som Ledningerne + L ÷ L, men man maa da ved Maalingen af Længderne maale disse Forbindelsesledninger med.

Maalingen giver kun et nogenlunde godt Resultat, dersom Fejlen er meget stor, ɔ: Isolationsmodstanden meget lille, navnlig fordi Fejlens Modstand bliver rækkeforbunden med Batteriet og derfor svækker Batteristrømmen.

Findes Fejlen paa en Gruppe med mange Afgreninger (Fig. 144) maa der foretages flere Maalinger. Først

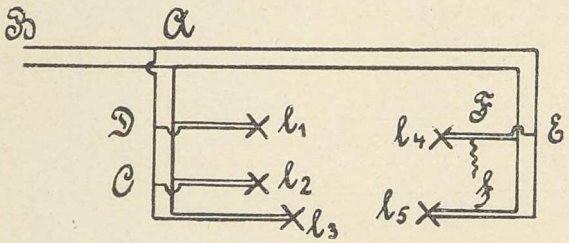


Fig. 144.

kortsluttes + L ÷ L f. Ex. ved l_3, medens alle andre Lamper udskrues, og man søger da Fejlens Beliggenhed paa Strengen B A D C l_3. Hvis Fejlen f. Ex. ligger ved F., vil den, idet der maales paa Strengen B—l_3, give samme Resultat, som hvis den laa ved A.

Finder man altsaa, at Fejlen ligger i Afstanden AB fra B, saa kan man deraf slutte, at Fejlen enten maa ligge umiddelbart ved A eller paa Strækningen A l_4 l_5. Man kortslutter derefter Lampen l_5 i Stedet for l_3 og foretager en ny Maaling, som maaske vil give det Resultat, at Fejlen ligger i Afstanden B A E fra B, d. v. s.

Fejlen maa enten ligge umiddelbart ved E eller paa Strengen E l_4. Paa denne Maade kan man altid efterhaanden nærme sig mere og mere til Fejlens Plads og tilsidst bestemme denne tilnærmelsesvis.

Saafremt Fejlen ikke bestaar af en Jordslutning, men derimod af Kortslutning mellem to Poler, kan man ikke benytte denne saakaldte Sløjfemaaling, men maa benytte en Hjælpeledning.

Haves saaledes paa Ledningen + L ÷ L (Fig. 145) en Kortslutning, saa forbinder man de to Ender af en Traadbro paa 1000 mm. til ÷ B og ÷ l (til det sidste Punkt ved Hjælp af en Hjælpeledning H af samme Tværsnit som Ledningen ÷ L). Skyderen forbindes til et Batteri, hvis anden Pol forbindes til + B; Galvanometret sættes fra ÷ B til T.

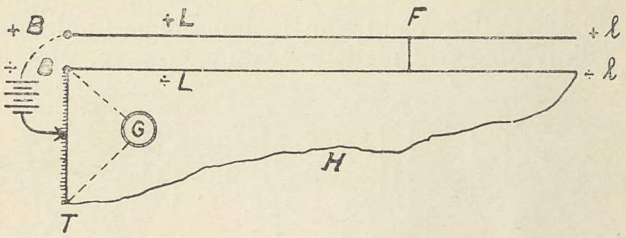


Fig. 145.

Naar Broen er afbalanceret paa f. Ex. a mm., saa vil Fejlen ligge i Afstanden $a/_{1000}$ af Længden ÷ B ÷ l T fra ÷ B.

Findes Fejlen paa en Gruppe med Forgreninger, foretages flere Maalinger, idet man flytter Hjælpeledningen fra Lampe til Lampe ligesom ved ovenstaaende Exempel paa Jordslutninger.

Har den Ledning, der indgaar som de 2 Sider af Broen, ikke samme Tværsnit overalt, maa man reducere Længderne saaledes, at de svare til Traad af samme Tværsnit og have samme elektriske Modstand som de virkelig foreliggende.

Haves saaledes en Ledning bestaaende af to Dele, hvoraf den ene er 7 m. lang og har 5 □ mm. Tværsnit, medens den anden Del er 3 m. lang og har 1,5 □ mm. Tværsnit, saa tænker man sig den sidste erstattet af Traad paa 5 □ mm. Tværsnit og af en saadan Længde, at dens Modstand er den samme som Modstanden i en 3 m. lang 1,5 □ mm. Traad.

Den søgte Længde er $x = 3 \cdot \frac{5}{1{,}5} = 10$ m.

Man dividerer altsaa Traadens Længde med Tværsnittet og multiplicerer med det Tværsnit, man skal have Traaden reduceret til. Førend man begynder en Maaling, reducerer man paa denne Maade alle Tværsnittene til et eller andet bestemt Tværsnit.

Naar man saa til sidst har funden Fejlens Afstand fra et bestemt Forgreningspunkt, maa man, før man maaler sig til Fejlens Beliggenhed, reducere den fundne Længde til det virkelig foreliggende Tværsnit paa det Sted, hvor der skal maales.

Fejl i Montage og Brugsgenstandene.

De fleste Fejl i elektriske Installationer forekommer ved Tilknytningerne mellem Ledningerne og Montage-

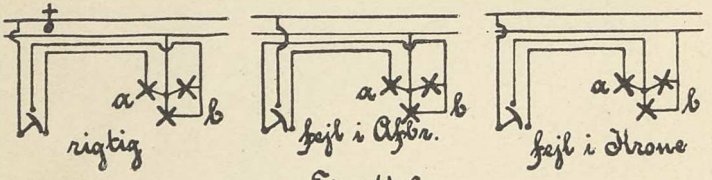


Fig. 146.

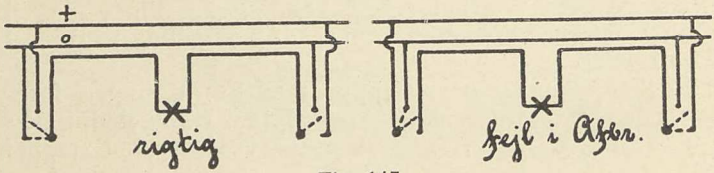


Fig. 147.

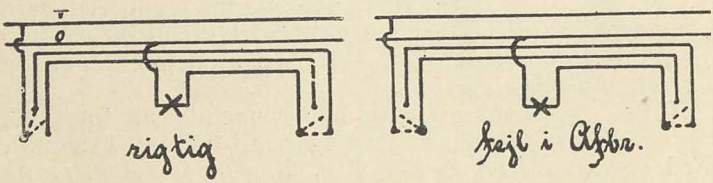


Fig 147 a.

og Brugsgenstandene, enten ved fejl Forbindelse (Ombytning af Ledninger) eller ved mindre omhyggeligt

udført Arbejde f. Eks ved Strækning af Ledningerne i Kroner og Lampetter, og Ledningernes Forbindelse til disses Lampeholdere.

Pladsforholdene i Kroner og Afbrydere er jo i Almindelighed ret knebne og der maa derfor tilraades den største Omhyggelighed ved disses Montering for at ikke Anlægets Isolationsmodstand herved skal forringes.

Oftest forekommende Fejlforbindelser ere Forbindelserne mellem Afbrydere og Kroner til Gruppetænding samt ved Forbindelserne til korresponderende Afbrydere, og kun disse skulle derfor omtales her.

Fig. 146 viser et Eksempel paa Fejlforbindelser ved Gruppetænding.

Medens Gruppe *a* først skal tændes, derefter *a* og *b* og ved tredie Kontakt *b* alene, vil den fejle Forbindelse i Afbryderen medføre, at alle Lamper slukker ved tredie Kontakt, og den fejle Forbindelse i Kronen vil bevirke, at de to Grupper a og b vil brænde i Serie ved den tredie Kontakt.

Fejl Forbindelse til de korresponderende Afbrydere (se Fig. 147—147 a) vil i første Tilfælde bevirke Kortslutning, i andet Tilfælde, at Lampen kun kan brænde, naar venstre Afbryder staar i en bestemt Stilling.

Af Fejl i selve Brugsgenstandene skal nævnes:

Fejl i 1) Glødelamper,
2) Nernstlamper,
3) Buelamper,
4) Motorer.

De forekommende Fejl i Glødelamper maa enten være Brud eller Kortslutning. Ofte ligger Bruddet saadan at det ikke kan ses, og den nemmeste Maade at konstatere det paa, er da at ombytte Lampen med en brændende Lampe. Kortslutning viser sig i Almindelighed ved at Smeltesikringen er overbrændt og det er da ret almindeligt — men i høj Grad forkasteligt — at der straks isættes nye Sikringer uden nærmere Undersøgelse af Aarsagen til at Sikringen er smeltet. Den simpleste Maade, hvorpaa man kan undersøge om der er Kortslutning i en Lampe, sker ved at erstatte Gruppens ene Sikring med en Glødelampe og derefter slutte alle Afbrydere paa den paagældende Gruppe. Lampen vil da lyse normalt, hvis der er Kortslutning paa Gruppen. Ved efterhaanden at aabne de enkelte Afbrydere paa-

vises det let paa hvilken Del af Gruppen Kortslutningen ligger.

De i Nernstlampen hyppigst forekommende Fejl ere Brud (i Forvarmeren, Elektromagnet, Modstand eller Glødelegeme).

Medens Brud i Magnet, Modstand eller Glødelegeme bevirker, at Lampen kan »gløde«, men ikke tænde, vil Brud i »Forvarmeren« eller mangelfuld Kontakt af Magnetens Anker bevirke, at Lampen slet ikke gløder.

Fejl i Buelamper kunne sammenfattes i: Lampen vil ikke tænde, den brænder med for lang eller for kort eller urolig Bue. Med Hensyn til Indstilling for Buelængde henvises til Afsnit 26.

Urolig Bue skyldes ofte daarlige Kul eller at Lampen brænder med »omvendte« Poler. Dette sidste konstateres ved at tænde Lampen og kort efter slukke den, det længst glødende Kul er det positive. Medens Brud i Shuntviklingen vil medføre at Reguleringsmekanismen ikke kan føre Kullene sammen, vil Brud i Serieviklingen bevirke at Buen ikke kan dannes.

Motorer. Af de forekommende elektriske Fejl skal her kun anføres: Motoren vil ikke gaa i Gang, den løber for hurtig eller for langsom, eller med fejl Omdrejningsretning. Kommutatoren gnistrer, enkelte Dele af Beviklingen ophedes stærkt. Da Shuntmotoren er den almindeligste, skal kun den omtales.

At Motoren ikke gaar i Gang kan skyldes Brud i Tilførselsledninger, i Igangsætningsmodst., i Anker eller i Magnetbevikling, fejl Forbindelse til Igangsætningsmodst., fejl Kostestilling (for topolede Motorer c. 90 ° fra den normale).

Undersøgelse for Brud kan ske paa en af de under Afsnit 20 nævnte Maader; dog kan Brud i Ankervikling ikke altid let paavises ved alm. Galvanometermaaling, fordi der i Ankeret er to paralelle Kredsløb, men det kan ofte med Fordel udføres paa den Maade, at der sættes Strøm til Motoren. Ankeret vil da vanskeligt og kun stødvis lade sig dreje rundt.

Om Magnetkredsløbet er helt, paavises bekvemt ved at løfte Kostene fra Kommutatoren (f. Eks. ved at lægge et Stykke Papir under), og da med en Skruetrækker e. l. prøve om Polerne blive magnetiske naar der sættes Strøm til.

Om Fejlen ligger i Kostestillingen undersøges ved at prøve Igangsætning med forskellige Kostestillinger. Til Vejledning tjener, at Kostestenes Plads for Tromleankre

i Almindelighed er udfor Polskoene, for Ringankere ud for Mellemrummene mellem Polskoene, under Forudsætning af at Kommutatoren ikke er drejet i Forhold til de respektive Ankervindinger.

Som det fremgaar af det under Afsnit 24 anførte, vil Motorens Hastighed forandres, naar Ankerstrøm eller Feltstyrke forandres. Hastigheden forøges, naar Ankerstrømmen forøges, eller naar Feltet svækkes. Dette sidste gælder dog kun for svagt belastede Motorer, idet Trækkekraften som bekendt formindskes med formindsket Felt.

Afvigelse fra Motorens normale Omdrejningstal fremkommer, hvis Motorens Tilførselsspænding afviger fra dens normale, idet Hastigheden varierer omtrent proportionalt med den tilførte Spænding.

En ofte forekommende Fejlforbindelse er Forveksling af Anker og Magnetledningen mellem Motor og Igangsætningsmodstand. En saadan Forveksling vil medføre at Motoren gaar i Gang med meget stærk Fart (hvis da ikke Sikringen brænder over) og derefter aftager i Hastighed efterhaanden som Igangsætningsmodstanden skydes ud.

Fejl Omdrejningsretning rettes ved at skifte Ankerstrøm eller Magnetstrøm (ikke Tilførselsledningerne).

Med Hensyn til Gnistdannelse og Opvarmning af enkelte Beviklingsdele kan henvises til det under Dynamoer anførte.

Tillæg.

Specielle Regulativer, Betingelser m. m.

Foruden at have Kendskab til det i denne Bog optagne Pensum af den almindelige Elektricitetslære, maa den elektriske Installatør kende de specielle Betingelser og Instruxer, som i den By, hvor han virker, opstilles af de lokale Myndigheder.

For Københavns Vedkommende kræves der til Examen for autoriserede elektriske Installatører Kendskab til

1) de Betingelser, paa hvilke de kommunale Elektricitetsværker afgive Strøm til private Forbrugere,

2) Regulativet for Udførelsen af elektriske Anlæg, som ønskes forsynede fra de kommunale Elektricitetsværker og

3) Instruxen for de af Magistraten autoriserede elektriske Installatører.

Disse Betingelser, Regulativet og Instruxen ere ikke optagne i denne Bog, da de jævnlig undergaa Forandringer; de kunne til enhver Tid erholdes gennem Københavns Belysningsvæsen.

Lov

om

Berettigelsen til at udføre Arbejder vedkommende Vand-, Gas- eller Elektricitetsværker samt Kloakledninger og indvendige Husspildevandsledninger.

Vi Christian den Niende, af Guds Naade Konge til Danmark, de Venders og Goters, Hertug til Slesvig, Holsten, Stormarn, Ditmarsken, Lauenborg og Oldenborg

Gøre vitterlig: Rigsdagen har vedtaget og Vi ved Vort Samtykke stadfæstet følgende Lov:

§ 1.

Kommunalbestyrelsen i en Købstad, Handelsplads eller Sognekommune skal være bemyndiget til at beslutte, at ingen maa paatage sig at udføre noget Arbejde ved Vand-, Gas- eller Elektricitetsværker samt Kloakledninger og indvendige Husspildevandsledninger, derunder Anbringelse af private Ledninger og de dermed i Forbindelse værende Apparater, uden at have faaet Bemyndigelse dertil af vedkommende Kommunalbestyrelse, i Kjøbenhavn af Magistraten. Bemyndigelsen kan tilbagekaldes af Kommunalbestyrelsen (i København af Magistraten), naar den finder, at vedkommende ikke udfører Arbejdet forsvarligt eller undlader at rette sig efter de nærmere Forskrifter for disse Arbejders Beskaffenhed og Fremgangsmaaden ved Udførelsen, som den har at fastsætte og offentliggøre. Ejes eller drives noget af de her omhandlede Værker af private, have disse Indstillingsret. Enhver Meddelelse eller Tilbagekaldelse af saadan Bemyndigelse skal bekendtgøres i et eller flere af de stedlige Blade.

Statsinstitutioner, der raade over de fornødne tekniske Kræfter, kunne dog, uanset de foranstaaende Bestemmelser, inden for deres eget Omraade efter dertil af Indenrigsministeren meddelt Bemyndigelse lade de omhandlede Arbejder udføre ved egne Folk.

§ 2.

Den, der, uden at have Bemyndigelse i Overensstemmelse med § 1, giver sig af med noget af de deri ommeldte Arbejder, saavel som den, der benytter saadan Hjælp, straffes med en Bøde af 20 til 300 Kr. Med samme Bøde straffes den, der har saadan Bemyndigelse, men tilsidesætter de ham i Henhold til § 1 paalagte Pligter. Sager angaaende saadanne Overtrædelser behandles som offentlige Politisager.

§ 3.

Denne Lov, der ikke gælder for Færøerne, træder i Kraft den 1. Juli 1903. Samtidig bortfalder Lov af 4. Marts 1857 angaaende Berettigelsen til at udføre Arbejder vedkommende Københavns Vand- og Gasværker.

Hvorefter alle vedkommende sig have at rette.

Givet paa Amalienborg, den 23de Januar 1903.

Under Vor Kongelige Haand og Segl.

Christian R.
(L. S.)

Enevold Sørensen.

Lov

om

elektriske Stærkstrømsanlæg.

Vi Frederik den Ottende, af Guds Naade Konge til Danmark, de Venders og Goters, Hertug til Slesvig, Holsten, Stormarn, Ditmarsken, Lauenborg og Oldenborg,

Gøre vitterligt: Rigsdagen har vedtaget og Vi ved Vort Samtykke stadfæstet følgende Lov:

Kapitel 1.

§ 1.

I denne Lov forstaas ved »Stærkstrømsanlæg« elektriske Anlæg, som anvende Strømme, der have en saadan Styrke og en saa høj Spænding, at de derved kunne medføre Fare.

Ministeren for offentlige Arbejder bemyndiges til at udfærdige et Reglement for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg, hvori der kan fastsættes Regler om:

a. Sikkerhedsforanstaltninger, der blive at iagttage ved saadanne Anlægs Udførelse og under deres Drift,
b. Forpligtelse til Anmeldelse for den i § 2 omhandlede Elektricitetskommission af de ved denne Lovs Ikrafttræden bestaaende Anlæg og af ny Anlæg og Udvidelser af ældre Anlæg samt Forpligtelse til at give Elektricitetskommissionen eller dens befuldmægtigede Adgang til Anlægenes Undersøgelse,
c. Tilsyn med Anlæg i saadanne Rum, i hvilke der kan opstaa Eksplosionsfare, eller hvor stærk eller godt

ledende Fugtighed eller andre Grunde besværliggøre Vedligeholdelsen af Isolationen og formindske Modstanden i de dersteds beskæftigede Personers Legemer; endvidere med Anlæg, der skønnes at medføre særlig Fare for Menneskeliv eller for Tilintetgørelse af større Værdier, herunder saadanne Virksomheder, der ere undergivne Arbejds- og Fabriktilsyn i Henhold til Lov af 11. April 1901, samt med Anlæg i Teatre og andre Bygninger, hvori mange Mennesker samles. Udgifterne ved Tilsynet bæres af Anlægets Ejer,

d. Straf af Bøder paa indtil 1,000 Kr. for Overtrædelser af de i Reglementet trufne Bestemmelser. Sager angaaende saadanne Overtrædelser blive at behandle som offentlige Politisager; Bøderne tilfalde Statskassen.

§ 2.

Der oprettes en Elektricitetskommission, der vil have dels at varetage de til samme i nærværende Lov og Reglementet for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg henlagte Forretninger, dels at bistaa Ministeriet for offentlige Arbejder ved Afgivelse af Betænkning i de den af Ministeriet forelagte Sager vedrørende elektriske Stærkstrømsanlæg.

Kommissionen, der har Sæde i København, men hvis Virksomhedsomraade omfatter hele Landet, og som af Formanden kan sammenkaldes til Møde hvor som helst i Landet, bestaar af en af Kongen udnævnt Formand og 4 af Ministeren for offentlige Arbejder udnævnte Medlemmer. Et af Medlemmerne skal være i Besiddelse af de Kvalifikationer, der udkræves for at have Sæde i Landets Overretter, 3 Medlemmer skulle være i Besiddelse af elektroteknisk Sagkundskab.

Samtlige 5 Medlemmers Virketid bestemmes til 6 Aar ad Gangen. De oppebærer et aarligt Vederlag og faa Godtgørelse for Rejseudgifter til og fra Mødestedet efter deres af Formanden godkendte Regning. Kommissionen antager fornøden Medhjælp. De til Kommissionen medgaaende Udgifter bevilges ved de aarlige Finanslove.

§ 3.

Elektriske Stærkstrømsanlæg maa ikke medføre Fare for anden Mands Ejendom eller udsætte Driften af andre allerede bestaaende Virksomheder for Forstyrrelse. Kunne saadanne Forstyrrelser undgaas ved Iværksættelse af Sikkerhedsforanstaltninger, blive disse at udføre paa det ny Anlægs Bekostning, dog skal den ældre Virksomhed kunne tilpligtes at bære en passende Del af Bekostningen, hvis Foranstaltningernes Iværksættelse tillige medfører væsentlige Fordele for dens fremtidige Udøvelse.

Spørgsmaal om:

a. hvorvidt et elektrisk Stærkstrømsanlæg udsætter Driften af en allerede bestaaende Virksomhed for Forstyrrelse,
b. hvilke Sikkerhedsforanstaltninger der skal træffes for at udelukke saadan Forstyrrelse,
c. hvem der skal bringe de paagældende Foranstaltninger til Udførelse, og
d. om og i hvilket Omfang den ældre Virksomhed skal deltage i Udgifterne herved, afgøres, for saa vidt der ikke kan opnaas Overenskomst herom, med endelig og forbindende Virkning for Parterne af et Nævn, bestaaende af 3 Medlemmer, hvoraf det ene, der fungerer som Formand, udnævnes af Ministeren for offentlige Arbejder for 6 Aar ad Gangen, medens de 2 andre Medlemmer for hvert enkelt Tilfælde udnævnes af Elektricitetskommissionen udenfor dens egen Midte.

Nævnet kan bestemme, at Stærkstrømsanlægets Udførelse eller Drift ikke maa paabegyndes, forinden de Sikkerhedsforanstaltninger, som findes nødvendige, ere trufne.

Nævnet fastsætter i sin Kendelse, hvem af Parterne der skal bære Omkostningerne ved dets Behandling af Sagen og med hvilket Beløb. Spørgsmaalet om Omkostningernes Størrelse kan dog indankes for Ministeren for offentlige Arbejder; saadan Paaankning skal finde Sted inden 14 Dage efter Kendelsens Forkyndelse.

§ 4.

Med Hensyn til Berettigelsen til at udføre Arbejder ved elektriske Stærkstrømsanlæg har det sit Forblivende ved de i

Lov Nr. 9 af 23. Januar 1903 givne Bestemmelser, dog ere alene Personer, der have bestaaet en af Ministeren for offentlige Arbejder godkendt Prøve for elektriske Installatører, berettigede til at paatage sig Udførelsen og Vedligeholdelsen af saadanne Stærkstrømsanlæg, som ere underkastede Tilsyn ifølge § 1 c. De, som have bestaaet Prøven, have Ret til at paatage sig elektriske Installationer overalt i Landet. Enhver Installatør bærer Ansvaret for det af ham anvendte Personales Duelighed og Paalidelighed. For saa vidt det findes hensigtsmæssigt, at saadanne Prøver afholdes ved Statens Foranstaltning, bevilges Midlerne hertil ved de aarlige Finanslove.

Elektricitetskommissionen er berettiget til at undersøge, hvorvidt Installatører udføre de dem overdragne Arbejder paa tilfredsstillende Maade. Findes dette ikke at være Tilfældet, kan Kommissionen efter Omstændighederne ikende den paagældende en Statskassen tilfaldende Bøde paa indtil 100 Kr. Kommissionen kan derhos erklære, at en Installatør, som har bestaaet den ovennævnte Prøve, har forbrudt den ved samme erhvervede Ret, hvis den finder, at han har gjort sig skyldig i gentagen eller i grov Forsømmelighed, eller hvis han undlader at erlægge en ham ikendt Bøde inden en fastsat Frist; en saadan Afgørelse kan dog indankes for Ministeren for offentlige Arbejder, der endelig afgør Sagen.

Kapitel 2.

§ 5.

Den, der driver et elektrisk Stærkstrømsanlæg, er pligtig at erstatte den Skade paa Person eller Gods, som forvoldes af Anlægget, medmindre det oplyses, at den skadelidende selv forsætlig eller ved Uagtsomhed har hidført Skaden, eller at denne ikke kunde have været afværget ved den Agtpaagivenhed og Omhu, som Driften af saadanne Anlæg udkræver saavel i Henseende til Driftsmaaden som til Materiellet.

§ 6.

Den skadelidende er berettiget til Erstatning ikke blot for den Skade, som han umiddelbart lider, men ogsaa for deraf

følgende Udgifter, Næringstab og Ulempe. Foreligger Legemsbeskadigelse, har han desuden Krav paa Erstatning for deraf flydende Lidelse, Lyde og Vansir.

Saafremt nogens Død forvoldes under de i § 5 anførte Omstændigheder, skal der udredes Erstatning for Udgifter ved hans Begravelse og for det Tab, som lides af dem, overfor hvem den paagældende, den Gang Ulykkestilfældet indtraf, havde paataget sig Forsørgelsespligt.

§ 7.

Kan Skaden hidrøre fra flere Stærkstrømsanlæg, hæfte alle de Anlæg (jfr. § 5), for hvilke det ikke kan bevises, at Skaden umulig kan være foraarsaget af dem, solidarisk overfor den skadelidende. De til Erstatning forpligtede Anlæg hæfte i Mangel af anden Overenskomst lige.

§ 8.

Elektriske Stærkstrømsanlæg indgaa for de ved samme beskæftigede Arbejderes Vedkommende under Lov Nr. 4 af 7. Januar 1898 og blive at henføre til denne Lovs § 4 A, Nr. 1, for saa vidt de drives fabrikmæssigt; under § 4 B, for saa vidt dette ikke er Tilfældet. Ikke fabrikmæssigt drevne Anlæg skulle betragtes som henhørende under § 4 B, selv om de paagældende Anlæg ikke maatte være inddragne under Fabriktilsyn i Henhold til § 11, 1ste Punktum, i Lov Nr. 56 af 12. April 1889 om Foranstaltninger til Forebyggelse af Ulykkestilfælde ved Brug af Maskiner.

Naar en tilskadekommen Arbejder eller en omkommen Arbejders efterladte have rejst Krav i Henhold til nærværende Lov, skal vedkommende ikke samtidig kunne paaberaabe sig Bestemmelserne i Lov Nr. 4 af 7. Januar 1898, medmindre Arbejderforsikrings-Raadet efter at have gjort sig bekendt med Sagens Enkeltheder paa fremsat Andragende deri indvilger. Naar paa den anden Side en Arbejder eller hans efterladte have stillet Krav paa eller modtaget Pengebeløb i Henhold til Bestemmelserne i Lov Nr. 4 af 7. Januar 1898, har han eller de dermed givet Afkald paa samtidig eller senere at kunne rejse Retskrav mod Stærkstrømsanlægets Indehaver (jfr. § 5) i Henhold til nærværende Lovs Regler.

Kapitel 3.

§ 9.

Ledninger for elektriske Stærkstrømsanlæg kunne føres over og under Gader, Veje og Jernbaner, naar Fremførelsen sker saaledes, at Færdselen paa de paagældende Steder ikke i nogen Maade kan forulempes derved. Forinden Anbringelsen af Ledningen finder Sted, skal der med 4 Ugers Varsel ske Anmeldelse derom til Vejens eller Jernbanens Ejer eller Bestyrelse; denne kan da i Løbet af 3 Uger efter Anmeldelsen nedlægge Protest mod Ledningens Fremførelse overfor Ministeriet for offentlige Arbejder, der afgør, om og paa hvilken Maade Ledningerne kunne anbringes; for saa vidt Pæle eller Standere ønskes anbragte paa Vejens eller Jernbanens Areal, eller for saa vidt Fremførelsen skønnes at ville medføre økonomisk Tab for Vejens eller Jernbanens Ejer, kan Tilladelsen af Ministeriet dog kun gives under Iagttagelse af Forskrifterne i § 10 ff.

§ 10.

Til Opstilling af Stangrækker med tilhørende Ledninger, Transformatorer o. lign. samt til Fremførelse af underjordiske Ledninger for elektriske Stærkstrømsanlæg, der ere af almen Interesse, kan med Tilladelse af Ministeren for offentlige Arbejder tvungen Afstaaelse af Rettigheder over offentlig eller privat Ejendom finde Sted.

Hvis Ministeren ikke finder Anledning til straks at afslaa et om Erhvervelse af saadan Rettighed fremkommet Andragende, afgives Sagen til Elektricitetskommissionen til Undersøgelse og Erklæring.

Kommissionen giver ved anbefalet Brev samtlige de Grundejere, offentlige eller private, over hvis Grunde der ønskes erhvervet Rettigheder, og som have bekendt Bopæl eller Hjemsted her i Landet, Meddelelse om Andragendets Fremkomst med Angivelse af, hvilke Rettigheder der ønskes erhvervede, og med Opfordring til inden 4 Uger efter Meddelelsens Afsendelse at fremsætte de Indsigelser, hvortil de maatte finde Anledning. En lignende Meddelelse gives

Bestyrelserne for de Kommuner (Amts-, By- og Sognekommuner), som berøres af Anlæget.

Kommissionen bekendtgør endvidere 3 Gange efter hinanden i Statstidende samt i et efter Kommissionens Skøn passende Antal lokale Blade, at saadant Andragende er modtaget, og skal denne Bekendtgørelse tillige indeholde Opfordring til alle, som maatte have Interesser i Anledning af Anlæget at varetage, og som ikke have modtaget særskilt Meddelelse om det paatænkte Anlæg, til inden 4 Uger fra den sidste Bekendtgørelse for Kommissionen at fremsætte deres Bemærkninger.

Kommissionen er berettiget til af Andrageren at forlange sig meddelt alle Oplysninger om Anlæget og dets Drift, som skønnes nødvendige til Bedømmelse af Andragendet.

Naar de i 3die og 4de Stykke nævnte Frister ere udløbne og Kommissionen har endt sine Undersøgelser, afgiver den Betænkning til Ministeriet for offentlige Arbejder, der afgør, hvorvidt og i hvilket Omfang Andragendet kan imødekommes. Tilladelse til tvungen Erhvervelse af Adgang til at benytte offentlige Gader og Veje kan dog kun gives for et Tidsrum af højst 40 Aar, og kun for saa vidt den eller de paagældende Kommuner ikke allerede have tilvejebragt eller stille en efter Ministeriets Skøn tilstrækkelig Garanti for inden en passende Tidsfrist at ville tilvejebringe et Anlæg, der i det væsentlige tilfredsstiller de af Andrageren tilsigtede almennyttige Formaal.

§ 11.

Naar Ministeriet for offentlige Arbejder har givet Tilladelse til tvungen Erhvervelse af Rettigheder over fremmed Ejendom, indkalder Elektricitetskommissionen saavel den eller dem, der have faaet den ovennævnte Tilladelse, som de paagældende Grundejere (Brugere) til et Møde i den paagældende Egn, hvortil Tilsigelse gives med 8 Dages Varsel enten ved anbefalet Brev eller ved Stævningsmændene. Kommissionen afgør, hvor Mødet skal afholdes, og hvilket Antal af dens Medlemmer der skal deltage deri.

Paa Mødet forhandler Kommissionen den nærmere Ordning med Parterne. Opnaas Forlig ikke, eller udebliver

vedkommende Grundejer (Bruger), fastsætter Kommissionen med bindende Virkning indenfor de ved Ministeriets Tilladelse til Tvangsafstaaelse givne Grænser Indholdet og Omfanget af de Rettigheder over hver enkelt Ejendom, der skulle erhverves, medens Spørgsmaalet om Erstatningens Størrelse og den Sikkerhed, som eventuelt bliver at stille for den rettidige Erlæggelse, henvises til Fastsættelse ved en Voldgiftsret.

§ 12.

Til den i § 11 nævnte Voldgiftsret vælger den, som har faaet Tilladelsen ifølge § 10, og Grundejeren (Brugeren) hver sin Voldgiftsmand. Dersom den førstnævnte ikke skriftlig har meddelt Grundejeren (Brugeren) sit Valg inden 8 Dage, efter at denne skriftlig har meddelt hin, at han forlanger Voldgift og har angivet ham sin Voldgiftsmand, mister han sin Ret til at vælge, saaledes at Grundejeren vælger ogsaa den anden Voldgiftsmand. Inden Forhandlingernes Begyndelse vælge de to Mænd en Opmand, som efter Forhandlingernes Afslutning træder til, dersom Mændene ikke ere blevne enige, og som, indenfor Grænsen af de modstridende Opfattelser, træffer Afgørelse om de Punkter, om hvilke der er Uenighed. Kunne Mændene ikke enes om Valget af Opmanden, skal denne udmeldes af Stedets Øvrighed. Voldgiftsrettens Afgørelse meddeles begge Parter skriftlig. Afgørelsen er forbindende for begge Parter og endelig.

§ 13.

De Beløb, som af Anlægets Ejer skulle udbetales i Erstatning, blive at udbetale direkte til vedkommende Grundejer (Bruger). Anlægets Ejer er berettiget til, forinden Erstatningsbeløbet betales, at forlange Bevis for, at Panthavere og andre vedkommende samtykke i Udbetalingen, og, indtil saadant Bevis foreligger, at deponere Erstatningsbeløbet i den Bank, som Parterne efter Overenskomst maatte bestemme, eller, hvis Overenskomst ikke foreligger, i Nationalbanken, og med den Virkning, at Beløbet med paaløbende Renter ikke kan hæves, forinden begge Parters Samtykke til Udbetalingen foreligger.

Intet til Anlæget hørende Arbejde paa anden Mands Grund maa paabegyndes, forinden den fastsatte Erstatning er betalt eller deponeret.

§ 14.

Til Bevis for, at Rettighed over anden Mands Grund er erhvervet, tjener en Udskrift af det for Elektricitetskommissionen passerede, hvilken Udskrift Anlægets Ejer kan lade tinglæse som Hæftelse paa Ejendommen.

§ 15.

Til alle Udfærdigelser, Indkaldelser og Beskrivelser, der ere en Følge af de i nærværende Lov indeholdte Bestemmelser, benyttes ustemplet Papir.

§ 16.

Alle Omkostninger ved de i §§ 10—15 omhandlede Forretninger m. m. bæres af Anlægets Ejer, derunder i Diæter til Elektricitetskommissionens Medlemmer og Voldgiftsmændene 10 Kr. pr. Dag samt Befordringsudgifter efter Regning.

§ 17.

De i nærværende Kapitel givne Forskrifter finde ikke Anvendelse paa Anlæg, der kræve Koncession eller Ekspropriation af Grundejendom.

Kapitel 4.

§ 18.

Ministeren for offentlige Arbejder kan paa Kommissionens Indstilling overdrage Tilsynet med kommunale Anlæg til de paagældende Kommuner selv.

For de Staten tilhørende Anlægs Vedkommende paahviler det de Myndigheder, under hvilke de henhøre, at paase, at de opfylde Bestemmelserne i denne Lov og i de Anordninger, som i Medfør af samme udstedes.

§ 19.

Alle ved denne Lovs Ikrafttræden bestaaende Stærkstrømsanlæg skulle 1 Aar efter Bekendtgørelsen af det i § 1

nævnte Reglement være bragte i Overensstemmelse med dettes Regler, medmindre Kommissionen har givet Tilladelse til, at denne Frist forlænges, eller efter Andragende fra Ejeren har godkendt Anlæget, saaledes som det foreligger. Overtrædelse heraf straffes med Bøder som for Overtrædelse af Reglementet.

§ 20.

Denne Lov gælder ikke for Færøerne, men kan ved kgl. Anordning sættes i Kraft ogsaa for denne Landsdel med de fornødne Lempelser.

Hvorefter alle vedkommende sig have at rette.

Givet paa Amalienborg, den 19de April 1907.

Under Vor Kongelige Haand og Segl.

Frederik R.
(L. S.)

Svend Høgsbro.

Foreløbigt Reglement

for

Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg.

I Henhold til § 1 i Lov Nr. 77 af 19. April d. A. har Ministeriet under Dags Dato udfærdiget følgende foreløbige Reglement for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg.

§ 1.

Elektricitetskommissionens Medlemmer samt enhver, der foreviser Fuldmagt fra Elektricitetskommissionen, skal til enhver Tid have Adgang til at bese og undersøge elektriske Stærkstrømsanlæg.

Alle af Elektricitetskommissionen begærede Oplysninger om Anlægene og deres Drift skal uopholdelig tilstilles Kommissionen.

§ 2.

Stærkstrømsanlæg, ved hvilke den effektive Driftspænding mellem en vilkaarlig Ledning og Jord overstiger 250 Volt (Højspændingsanlæg), er underkastede Anmeldelsespligt og Tilsyn efter de i det følgende fastsatte Regler.

§ 3.

Alle under § 2 hørende Anlæg, der er under Udførelse eller i Drift ved nærværende Bestemmelsers Ikrafttræden, skal inden 6 Uger derefter anmeldes for Elektricitetskommissionen.

Anmeldelsen skal omfatte:

A. Et nøjagtigt udfyldt Anmeldelsesskema, hvoraf Eksemplarer udleveres paa Kommissionens Kontor.

B. For Maskin-, Akkumulator-, Transformator-, Fordelings- og Omformeranlæg:

1. En samlet Oversigtsplan over hele Anlæget saavel i vandret som i lodret Snit og i et Maalestoksforhold mellem 1 : 10 og 1 : 100. Paa denne Plan skal Opstillingsmaaden, Størrelsen og Beliggenheden af alle Maskiner, Transformatorer og Akkumulatorbatterier være nøje og tydeligt angivne.
2. Dispositionstegninger af hele Fordelingsanlæget i et Maalestoksforhold mellem 1 : 5 og 1 : 50. Paa disse Tegninger skal alle Apparaters og Ledningers Plads være nøje og tydeligt angivne.
3. Ledningsskemaer over hele Anlæget.
4. Beskrivelse med Forklaring af særlige Foranstaltninger, som ikke fremgaa af Tegningerne.

C. For Ledningsnettene:

1. En Oversigtsplan.
2. Situationsplaner, der for Ledninger udenfor København, Købstæder og Landsbyer skulle være i et Maalestoksforhold mellem 1 : 20,000 og 1 : 100,000, for Ledninger i København, Købstæder og Landsbyer mellem 1 : 500 og 1 : 5,000. Disse Planer skal angive:
   a. Ledningernes Beliggenhed.
   b. Kraftstationers, Transformatorstationers, Omformerstationers, Fordelingsstationers og Højspændingsmotorers Beliggenhed.
   c. Alle Krydsninger med andre Stærkstrømsledninger og med Svagstrømsledninger; ligeledes Parallelføringer med andre Ledninger, naar disse ved Luftledninger ligge indenfor en Afstand af 20 Meter og ved underjordiske Ledninger indenfor en Afstand af 5 Meter. Skulde paa enkelte Steder Antallet af Krydsninger og Parallelføringer være saa stort, at de ikke tydeligt kan angives

paa en Plan, skal dette samtidig med Anmeldelsen meddeles Elektricitetskommissionen, som da træffer fornøden Bestemmelse.

d. Den maksimale effektive Driftspænding mellem to Ledninger indbyrdes og mellem en Ledning og Jord.

e. Navn og Beliggenhed af Købstæder, Landsbyer og vigtigere Pladser, Gaarde, Gader og Veje.

For Luftledninger endvidere.

f. Antal, Tværsnit og Materiale af Traadene i hvert Ledningssystem.

g. De Steder, hvor Ledningerne er jordforbundne, eller hvor der findes jordforbundne Apparater (Lynafledere, Spændingssikringer o. s. v.).

h. Paa hver Side af et Krydsningspunkt, Beliggenheden af nærmeste egne Master saavel som af de til andre Anlæg hørende nærmeste Master.

i. Alle Krydsninger nummereres fortløbende. I en særlig Tabel angives den mindste lodrette Afstand mellem de krydsende Ledninger.

k Detailtegninger i et Maalestoksforhold mellem 1 : 1 og 1 : 25 af Ledningsmasterne med Angivelse af alle til Bærekonstruktionen hørende Dele saavel som alle Sikkerhedsforanstaltninger saasom Sikkerhedsnet, Fangrammer o. s. v.

Samtlige Anmeldelsen vedrørende Aktstykker skal indsendes i 3 paa Dansk affattede Eksemplarer og være daterede og underskrevne af Ejeren (Brugeren). De skal derhos alle have et Format paa 21 × 34 cm. eller være sammenlagte i dette Format.

Paa Planer og Tegninger skal findes Betegnelser af de derpaa fremstillede Genstande samt Angivelse af Maalestoksforholdet.

Alle Maal angives efter Metersystemet.

I alle Ledningsskemaer skal de paa Anmeldelsesskemaet angivne Signaturbetegnelser benyttes.

Lystryk og andre Reproduktioner skal være paa hvid Grund.

Paa de under C. nævnte Planer over Ledningsnettene angives Højspændingsledninger med rødt, Lavspændingsledninger med blaat og Svagstrømsledninger med grønt; egne Ledninger tegnes som en enkelt Streg, fremmede Ledninger som eu dobbelt Streg; Antal af Traade i hvert Ledningssystem angives ved vedføjede Tal. I Krydsningspunkter afbrydes den Ledning, som ligger underst. Findes i samme Plan baade underjordiske og overjordiske Ledninger, tegnes de underjordiske punkteret.

§ 4.

Efter nærværende Bestemmelsers Ikrafttræden maa Udførelsen af nye Anlæg, der henhøre under § 2, først paabegyndes, efter at de i § 3 omhandlede Oplysninger ere meddelte Elektricitetskommissionen og denne har truffet Bestemmelse om Tilsynet med Anlæget. Det samme gælder Udvidelser og Omdannelser samt saadanne Omdannelser af ældre, ikke under § 2 hørende Anlæg, som bringe disse ind under nævnte §.

§ 5.

Tilsynet omfatter:

a. under Udførelsen: Godkendelse af Planerne til Anlæget og dets Materiel samt Tilsyn med Arbejdets Udførelse og Foretagelse af Prøver, forinden Driften paabegyndes. Driften maa ikke paabegyndes uden Kommissionens Tilladelse.
b. under Driften: Tilsyn saavel med hele Anlæget og dets Vedligeholdelse som med Driftsmaaden.

§ 6.

De nærmere Regler om Tilsynets Omfang og Udførelsesmaade fastsættes af Elektricitetskommissionen; enhver af denne eller af dens befuldmægtigede given Forskrift skal straks og nøje efterkommes.

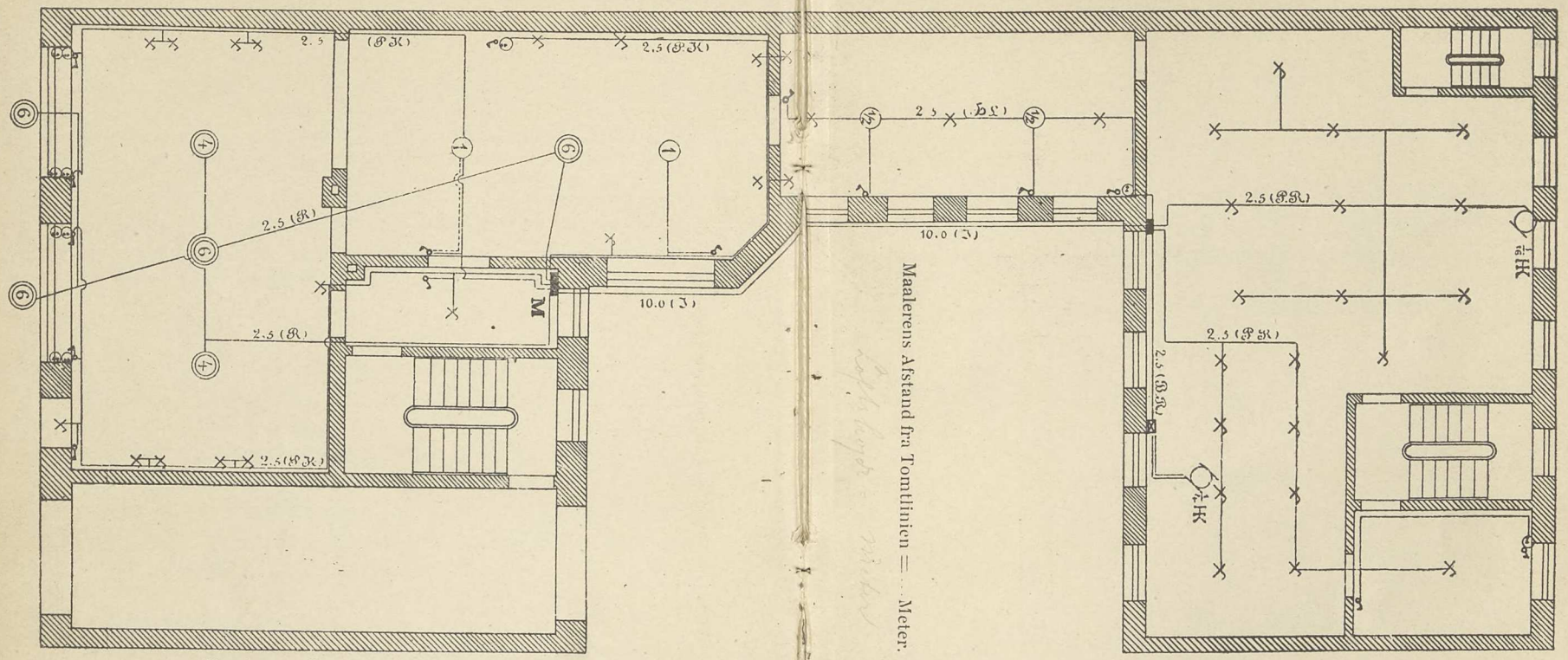
De af Kommissionen trufne Bestemmelser kan dog inden 14 Dage, efter at de er afgivne, indankes for Ministeriet for offentlige Arbejder; saadan Indankning fritager ikke for foreløbig at efterkomme Kommissionens Bestemmelser.

Skema for Installationstegninger der skulle indsendes til Belysningsvæsenet.

Ejendommen Nr. i ..... gade. Etage. Husinst. Nr. .....

Glødelamper à ..... Lys.
Nernstlamper à ..... Ampère.

Buelamper à ..... Ampère.
Motorer à ..... HK.



Maalerens Afstand fra Tomtlinien = ... Meter.

Tegningens Format skal være 350 × 500 mm. eller hvert af disse Maal et helt Antal Gange. — Maalestokforhold $^1/_{100}$ eller $^1/_{96}$.

Signaturer.

M	Elektricitetsmaaler.
× (Tegnes med rødt.)	Enkelte Lamper indtil 25 N. L. uden Hane.
× (Tegnes med rødt.)	Enkelte Lamper indtil 25 N. L. med Hane.
×32 (Tegnes med rødt.)	Enkelte Lamper paa 32 N. L. uden Hane.
×50 (Tegnes med rødt.)	Enkelte Lamper paa 50 N. N. med Hane.
⊗3 ⊗5 (Tegnes med rødt.)	Kroner med henholdsvis 3 og 5 Lamper.
½ 1 (Tegnes med rødt.)	Nernstlamper, henholdsvis af $^1/_2$ og 1 Ampère's Størrelse (Cirklen tegnes med blaat, Tallene med rødt).
5 (Tegnes med blaat.)	5 Ampère's Buelampe.
2 HK (Tegnes med blaat.)	Elektromotor paa 2 H.K.
	Pendelsnor.
	Trykkontakt.
	Stikkontakt med Afbryder. (Cirklen tegnes med blaat, Prikkerne med rødt)
	Afbryder.
	Strømskifter eller Gruppeafbryder.
	Reguleringsmodstand.
	Blyforinger eller Fordelingstavler.

Tegnes med blaat.

(I)	Dobbeltklokke-Isolatorer.
(PR)	Porcellænsruller.
(PK)	Porcellænsklemmer.
(HL)	Hullister af Træ.
(R)	Metalrør.
(BR)	Bergmannsrør.
(S.BR)	Staalpansrede Bergmannsrør.
2,5 (HL)	Enleder af 2,5 □ mm. Tværsnit, anbragt i Hullister.
2,5 (BR)	Toledet af 2,5 □ mm. Tværsnit, anbragt i Bergmannsrør.
4,5 (PR)	Treleder af 4,5 □ mm. Tværsnit, anbragt paa Porcellænsruller.
35 (B)	Bitumenkabel af 35 □ mm. Tværsnit.
25 (IBK)	Enleder Blykabel med Jernbaandsarmering 25 □ mm. i Tværsnit.
	Opgaaende Toleder Ledning.
	Nedgaaende Treleder Ledning.

§ 7.

Alle med Tilsynet forbundne Udgifter betales af Ejeren (Brugeren) efter Regning.

§ 8.

Overtrædelser af de i §§ne 1—7 trufne Bestemmelser straffes med Bøder paa indtil 1,000 Kr., der tilfalde Statskassen. Sager herom behandles som offentlige Politisager.

Hvilket herved bringes til almindelig Kundskab.

Ministeriet for offentlige Arbejder, den 26de Juli 1907.

Svend Høgsbro.

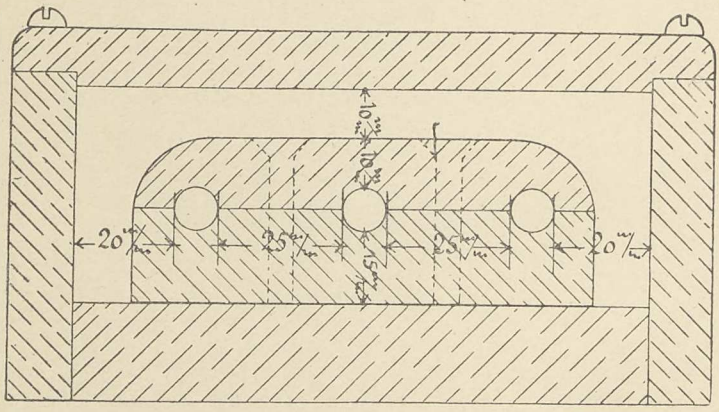
R. Howard Grøn.

Almindelige Regler og Strømskemaer
vedrørende Udførelsen af Maalerledninger.

Følgende Installationsmaader ere tilladte:

1) Paa Porcellænsruller i Dækkasse.
2) I Porcellænsklemmer i Dækkasse.
3) Paa Isolatorer i Dækkasse.
4) I Bergmannske metalklædte Rør.
5) I Bergmannske staalpansrede Rør.

Anbringes Ledningerne paa Porcellænsruller, skal Afstanden mellem to parallelt løbende Ledninger være mindst 50 mm. og Afstanden fra Ledningerne til Dækkassens Ydersider mindst 20 mm.

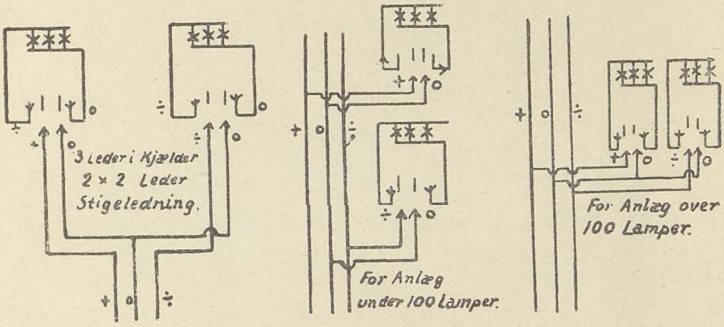


Ledninger, anbragte paa Isolatorer, skulle have en indbyrdes Afstand af mindst 200 mm.

Det er tilladt at installere Maalerledninger i Porcellænsklemmer paa Betingelse af, at der anvendes Porcellænsklemmer af Minimumsdimensioner som vist paa Skitsen, og at Afstanden ikke overstiger $^1/_4$ m. Ved

Krydsning af Ledninger skal der anvendes særlige Porcellænsklemmer, der udelukker, at de krydsende Ledninger komme i Berøring med hinanden.

Anvendes metalklædte Bergmannske Rør, skulle disse altid anbringes paa Træunderlag med en indbyrdes Afstand af mindst 10 mm. Til Forgreninger maa kun



anvendes de af Elektricitetsværkernes Ingeniørkontor autoriserede Forgreningskasser. Metalklædte Bergmanns Rør maa kun anvendes i tørre Rum.

I meget fugtige Rum skal, saafremt Ledningerne ønskes anbragte i Rør, anvendes Bergmannske staalpansrede Rør. Til Forgreninger maa kun anvendes de dertil særlig konstruerede Forgreningsdaaser.

Dækkassen skal forfærdiges af høvlet Træ. Bundbrædtet skal være mindst $^3/_4$ " tykt, Sidestykker og Laag mindst $^1/_2$ " tykt. Laaget skal befæstes med Skruer.

Anm. Spændingstabet i Maalerledningen maa, naar alle Lamper ere tændte, ikke overstige 1 Volt.

Indholdsfortegnelse.

Indledning. Pag

1. Almindelige Bemærkninger 5
2. Potential, Spænding, elektromotorisk Kraft 5
3. Strømstyrke, Strømretning, Poler 7
4. Elektricitetsmængde 9
5. Modstand mod Elektricitetens Gennemstrømning 9
6. Voltens Størrelse 10
7. Elektrisk Arbejde pr. sec. 10
8. Elektrisk Arbejde 10
9. Ohms Lov 11
10. Spændingstab 13
11. Ledningsevne, Ledere og Ikke-Ledere, specifik Modstand, Grenledninger 14

Den elektriske Strøms Egenskaber.

12. Varmevirkninger og Arbejde 19
13. Kemiske Virkninger 23
14. Elektriske Strømmes gensidige Indvirkning paa hinanden 24
15. Elektromagnetisme 25
16. Induktion og Selvinduktion 29

Tekniske Maaleapparater og deres Anvendelse.

17. Ampèremetre 35
18. Voltmetre 38
19. Galvanometre 42
20. Apparater til Maaling af elektrisk Modstand 44
21. Isolationsmaaling 48
22. Elektricitetsmaalere 53

Elektriske Maskiner og Akkumulatorer.

23. Dynamoer 61
24. Elektromotorer 75
25. Elektriske Akkumulatorer 79

Elektriske Brugsgenstande.

26. Buelamper 85
27. Glødelamper. Nernstlamper 97
28. Maaling af Lysstyrke 102
29. Elektriske Opvarmningsapparater 104

Forskellige Systemer for Fordeling af elektrisk Energi. Pag.

30 Serieforbindelsen ... 105
31. Parallelforbindelsen ... 106
32. Blandede Forbindelser ... 107
33. Treledersystemet ... 107
34. Kjøbenhavns kommunale Elektricitetsværker. Ledningsnettet, Stik- og Maalerledninger ... 111

Husinstallationer.

35. Lysanlæg ... 120
36. Motoranlæg ... 128
37. Beregning af Ledninger ... 128
38. Ledningernes Beskaffenhed ... 137
39. Montagegenstande ... 139
40. Ledningernes Lægning ... 144

Anlægenes Prøve og Eftersøgning af Fejl ... 162

Fejl i Ledningerne ... 164

Fejl i Montage- og Brugsgenstande ... 168

Tillæg.

Bemærkninger vedrørende specielle Regulativer, Betingelser m. v. ... 172
Lov om Berettigelsen til at udføre Arbejder vedkommende Vand-, Gas- eller Elektricitetsværker samt Kloakledninger og indvendige Husspildevandsledninger ... 173
Lov om elektriske Stærkstrømsanlæg ... 175
Foreløbigt Reglement for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg ... 185
Almindelige Regler og Strømskemaer vedrørende Udførelsen af Maalerledninger ... 190

Trykfejl.

Pag. 15, 12. L. f. n.: »pr. 15 0 C.«, læs: »ved 15 0 C.«
- 119, 12. L. f. n.: »35« udgaar.