

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*

E. v. HOLSTEIN RATHLOU

STÆRKSTRØMS
ELEKTROTEKNIK

2. UDGAVE

II



(CENTRALER OG UNDERSTATIONER)

Pris 8 Kr.

† 6213(022)

For gamle Subskribenter 4 Kr.

Industribiblioteket

621 3 (022)

Grp:

Forfatter: Holstein Rathlou

Titel: Starkstrøms elektroteknik.

Bind:

II Udgave: 2 Trykkaar:

- 1920

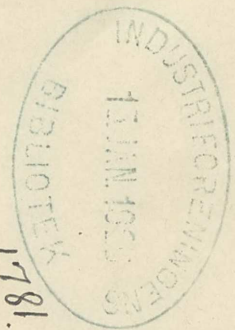
Industribiblioteket

621 3 (022)

STÆRKSTRØMSELEKTROTEKNIK

ANDEN DEL

1920



1781.

AFSNIT V.

Centraler og Understationer.

1. Planlæggelsen af et Elektricitetsværk.

a. Indledning.

De forskellige Dele af Centralanlæg vil kunne indbefattes under følgende Hovedafsnit

Drivkraftanlæg,
Dynamoanlæg,
Batterier,
Elektriske Hjælpemaskiner,
Omformeranlæg,
Tavleanlæg,
Transformatoranlæg.

Omformer- og Transformatoranlæg kan vel kun uegentligt kaldes Dele af et Centralanlæg, idet de hyppigt anlægges selvstændigt som særlige Omformerstationer eller Transformatorstationer. Men ogsaa i saa Tilfælde har de i mange Henseender saa stor Lighed med egentlige Centralanlæg, at de samme Synspunkter for Anlægget gør sig gældende

Fælles for alle Dele af et Centralanlæg er, at der bør være gode Pladsforhold, rigeligt med Lys og Luft, den hele Anordning skal være klar og overskuelig. Endvidere maa Bygningerne være konstruerede saa vidt muligt brandsikre, og de bør være lette at renholde (Fliser paa Gulv og Vægge o. s. v.), se iøvrigt Fig. 1.

Endelig maa selvfølgelig i enhver Henseende Fabrikstilsynets og Elektricitetskommissionens Forskrifter nøje overholdes, ligesom man før Arbejdets Paabegyndelse i Tide maa foretage de fornødne Anmeldelser til disse Myndigheder.

For Afgørelse af, hvilken Drivkraft man bør vælge, er der adskillige Forhold at tage i Betragtning.

Hovedsynspunktet er naturligvis her som overalt det økonomiske, hvorledes skaffer man Kraften bedst og billigst.

Det mest økonomiske Anlæg er det, hvor Summen af samtlige Udgifter til

- 1) Anlægskapitalens Forrentning og Afskrivning,
 - 2) Anlæggets Pasning (Løn, Reparationer),
 - 3) Brændsel Smøre- og Pudsematerialer
- bliver det mindst mulige.

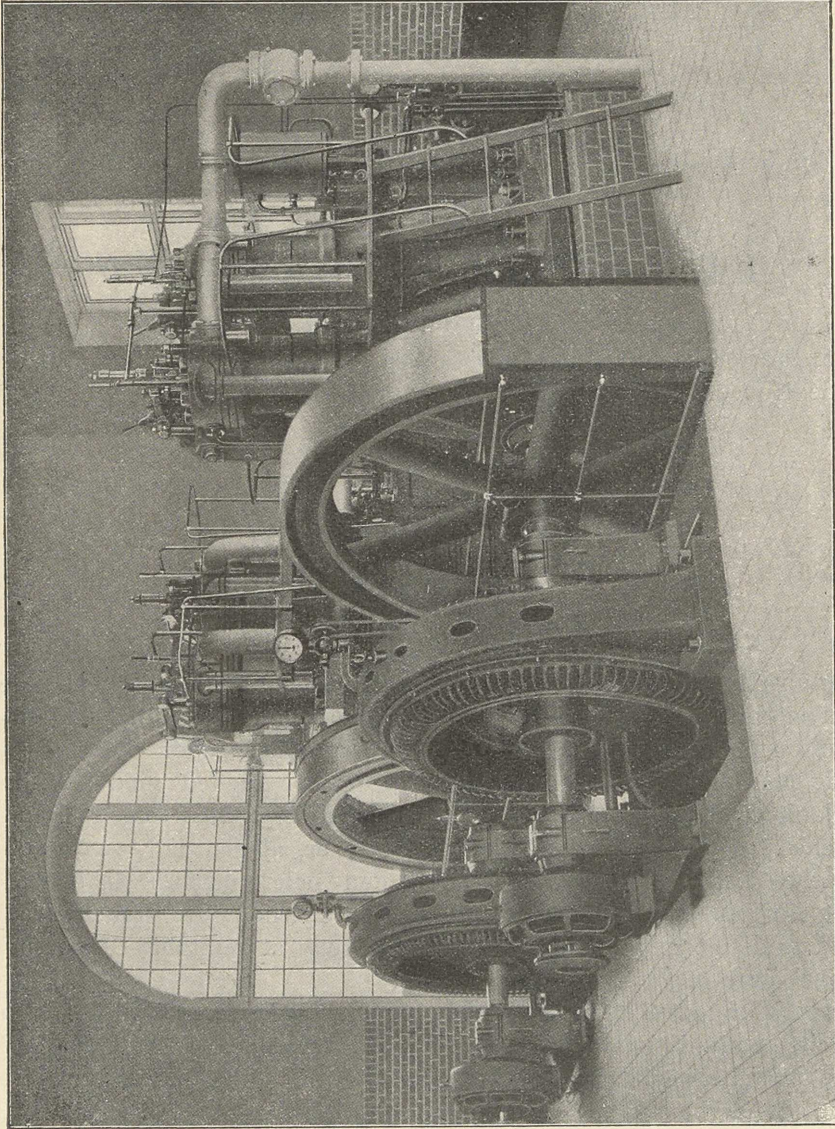


Fig. 1. 2 Vekselstrøms Generatorer, 135 KVA og 50 KVA med Magnetiseringsmaskiner direkte koblede til Dieselmotorer.

Disse forskellige Udgifter, der beregnes pr. produceret KWT, fordeler sig langt fra ens ved de forskellige Typer af Anlæg, men de afhænger indenfor en enkelt Type Anlæg endvidere i højeste Grad af Anlæggets Størrelse og af dets Udnyttelse.

b. Anlæggets Størrelse.

Før man bestemmer Typen af Drivkraftmaskiner, maa man derfor gøre sig klart, 1) hvor stort Anlægget vil blive, ikke alene i første Øjeblik, men ogsaa senere, naar man regner med en sandsynlig og rimelig Tilslutning indenfor det givne Forsyningsomraade, 2) endvidere, hvorledes Belastningen vil fordele sig over Aaret og over det enkelte Døgn paa forskellige Tider af Aaret.

For Bycentraler er Forholdet saaledes, at Lysbelastningen (i KW) gerne er den overvejende Del, medens Kraftbelastningen (i KW) er betydeligt mindre.

Paa Fig. 2 ses Kurve I, der gælder for en almindelig Hverdag om Sommeren (15. Juli 1913) for Københavns Elektricitetsværkers samlede Produktion til Lys og Kraft (excl. Sporvej).

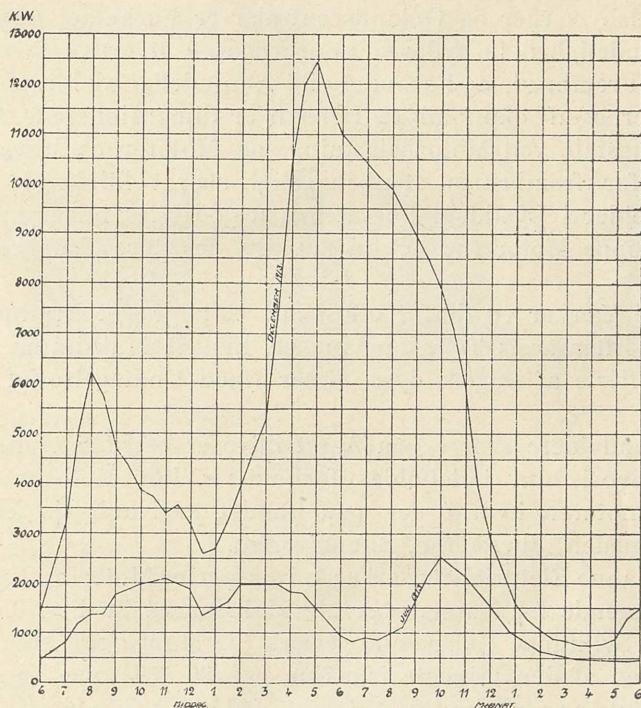


Fig. 2.

Kurve II viser den tilsvarende Kurve for den stærkest belastede Vinterdag (23. Decbr. 1913).

Paa begge Kurver ses tydeligt Pausen i Middagstiden Kl. 12—1. Paa Kurve I skyldes Formiddagens Forbrug øjensynligt Motordriften, medens det kun lidt stærkere Forbrug ved 10 Tiden om Aftenen væsentlig skyldes Lyset.

Paa Vinterkurven er Forholdet derimod et ganske andet. Her er Motorforbruget forsvindende i Sammenligning med Lysforbruget, der har

et Maksimum ved 8 Tiden om Morgenen, naar Folk staar op, og Butikkerne aabnes, samt et endnu større Maksimum ved 5 Tiden (ca. Kl. 4—8) om Eftermiddagen, hvor Lyset samtidigt er tændt i private Hjem, Kontorer og Butikker.

Stigningen er i Timen fra 3 til 4 meget stærk og hurtig.

Det ses, at Vinterdøgnets Maksimum er ca. 5 Gange saa stort som Sommerdøgnets, og at denne voldsomme Forøgelse i alt væsentlig skyldes Lysforbruget.

Under dette højeste Maksimum summeres saavel Kraft- som Lysforbrug, idet Fabrikernes Arbejdstid (til Kl. 5 à 6) griber ind over Tidspunktet for Mørkets Indtræden (ca. Kl. 3). Begge Slags Forbrug bidrager saaledes med deres største Værdi til Værkets Aarsmaksimum.

For saa godt som alle Bycentraler vil ganske lignende Forhold gøre sig gældende.

For Landsbyværker og Oplandscentraler er Forholdet noget anderledes. I Almindelighed forbydes det Forbrugerne at bruge deres Motorer efter Mørkets Frembrud, og Forbudet vil i Almindelighed blive overholdt, idet Ledningerne af økonomiske Hensyn er dimensionerede for et ret stort Spændingstab ved Motorbelastning, og Motorernes uregelmæssige Gang vil derfor frembringe et ubehageligt, stærkt blinkende Lys, saafremt de arbejder i Lystiden. For at faa et godt Lys, bliver man derfor nødt til at stoppe Motorerne og da navnlig de store Tærskemotorer i Lystiden.

Saadanne Værker vil derfor oftest faa et udpræget Kraftmaksimum om Dagen i Efteraarets Tærskemaaneder, hvilket Maksimum strækker sig over de fleste af Dagens lyse Timer (med Undtagelse af Middagspausen).

Der vil endvidere senere paa Aaret blive et betydeligt mindre Lysmaksimum, hvori kun indeholdes forholdsvis lidt Motorkraft, nemlig kun Industrimotorer, hvoraf der paa Landet sædvanligvis kun findes meget faa (Smeden, Snedkeren, Skomageren).

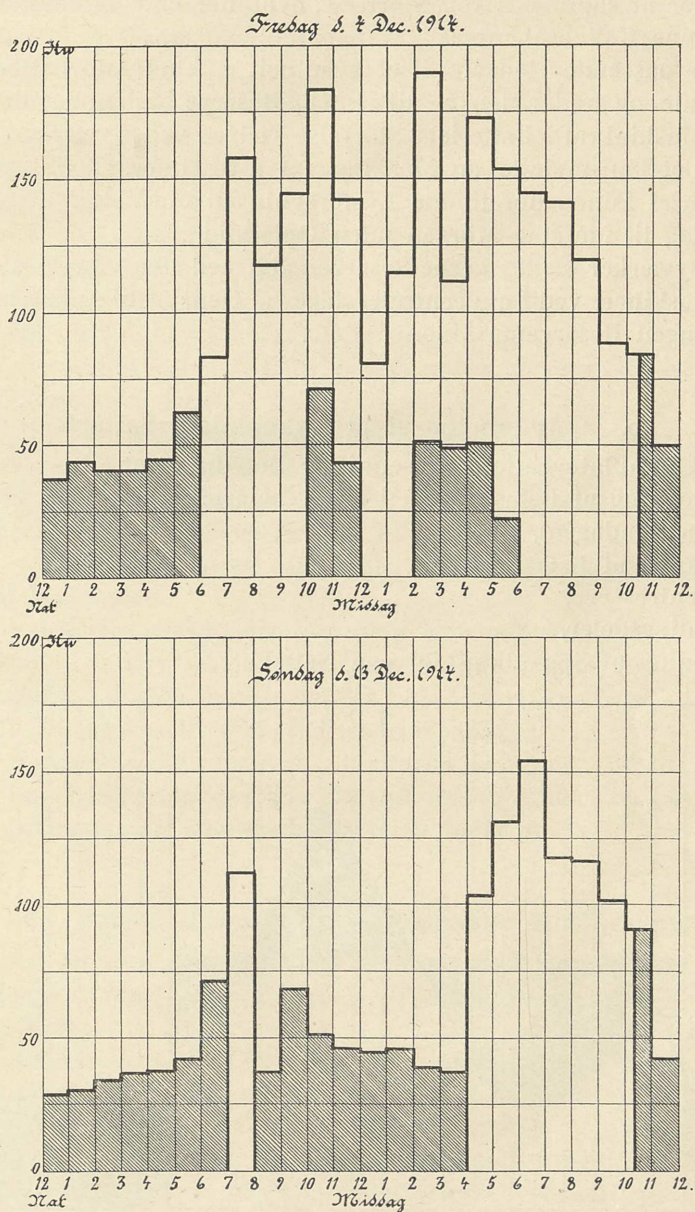
For saadanne Elektricitetsværker bliver derfor Motorkraften omtrent alene bestemmende for Aarets absolute Maksimum. Se Fig. 3, der viser Kurverne for Svinninge Højspændingsværk (de skraverede Arealer svarer til Anvendelsen af den mindste Maskine paa 80 KW) paa den Dag, der gav det største Aarsmaksimum (4. Decbr. 1914), og Søndag d. 13. Decbr. samme Aar. Det ses, at det rene Lysmaksimum om Søndagen i Tiden 6—7 Eftermiddag (160 KW) ingen Indflydelse faar paa Aarets absolute Maksimum d. 4. Decbr. (185 KW i Tiden Kl. 2—3 Middag), idet der endda Hverdagsaftenen (d. 13. Decbr. Kl. 6—7) kun er 140 KW.

For Københavns Vedkommende har i 1913 det samlede Antal tilsluttede Motorer og Lamper angivet i KW været 57 500, og Aarets højeste Maksimum har været 12 400 KW, saaledes at

$$H = \frac{\text{Den største Produktion i KW}}{\text{Det samlede Antal installerede KW}} = \frac{12\,400}{57\,500}$$

altsaa har været 0,216 eller 21,6 pCt. H kaldes Maksimalbelastningsfaktoren [*diversity factor — Höchstbelastungsfaktor*]. For Svinninge Kraftværket var i Decbr. 1913 $H = \frac{185}{1672} \cdot 100 = 11$ pCt.

Kurve for Dagbelastning.



Tallet har den største Betydning for Bestemmelsen af den nødvendige Maskinkraft, naar det tilsluttede Antal KW eller HK er bekendt eller skønnet paa Grundlag af Tegningslister.

Naar Tegningslisterne er kendt, gør man sikrest i at forhøje med 25 à 50 pCt. indtil 100 pCt., idet der altid vil blive tilsluttet adskilligt flere Forbrugere end først antydet.

Dernæst skønnes *H* ved Hjælp af forhaandenværende Statistikker over Værker af samme Art og Størrelse, hvorefter endelig Værkets største Antal afgivne KW bestemmes.

Under passende Hensyn til et eventuelt Akkumulatorbatteris Andel i Maksimum og under Hensyn til rimelig Reserve bestemmes da Værkets samlede Maskinkraft. Batteriets Størrelse vælges ved Byværker ofte saaledes, at det kan erstatte en Maskine i 1 à 3 Timer. Ved Landværker skal Batteriet kunne opretholde Lysforsyningen om Vinteren fra Lørdag Eftermiddag til Mandag Morgen uden Opladning.

Ved Byværker sættes gerne Reserven lig med den største af de nødvendige Maskiner, ved Landcentraler tages af Hensyn til Anlægsudgifterne ofte slet ingen Reservemaskine.

c. Betydningen af et Akkumulatorbatteri.

Et Akkumulatorbatteris væsentligste Betydning er

- 1) Overtagning af Belastningen i svagt belastede Perioder (om Natten og om Søndagen),
- 2) Udligning af Belastningen,
- 3) Momentreserve,
- 4) Spændingsdeler,
- 5) Udligning af Spændingsfald paa Nettet.

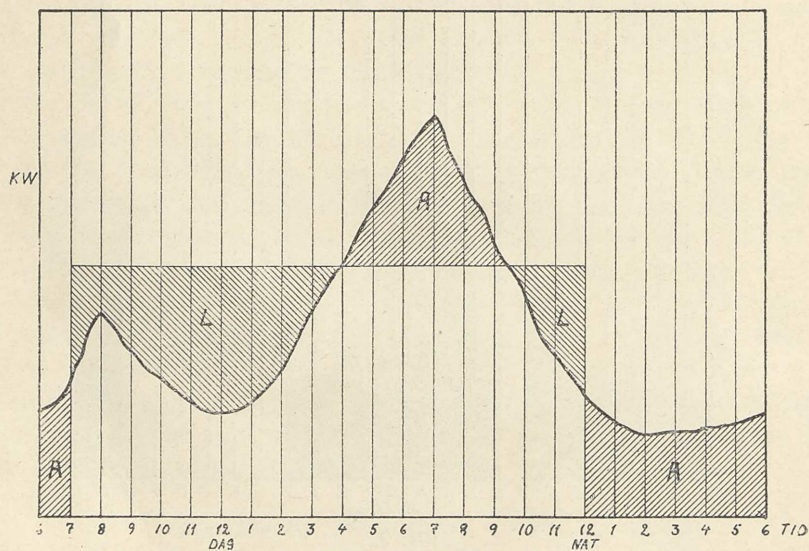


Fig. 4.

Belastningsudligningen ses tydeligt af det i Fig. 4 viste Diagram, der gælder for en større By. Fra Kl. 7 Morgen til Kl. 12 Nat gaar Maskinerne fuldt belastede, idet der oplades i Tiden fra 7 til 4 og fra $9\frac{1}{2}$ Aften til 12 Nat. Fra dette Tidspunkt til Kl. 7 Morgen aflades Batteriet, hvilket ogsaa finder Sted under Spidsbelastningen fra Kl. 4 Eftermiddag til Kl. $9\frac{1}{2}$ Aften.

Idet Akkumulatorbatteriets Virkningsgrad er ca. 75 pCt. regnet for KWT er Arealerne L ca. 25 pCt. større end Arealerne A .

Imidlertid er Tabet i Økonomi ikke 25 pCt. Maskinerne skulde jo, hvis Batteriet ikke var der, gaa i alle 12 Timer, tildels ved temmelig lav Belastning, og da Maskinernes Virkningsgrad er temmelig lav ved ringe Belastning paa Grund af de ved enhver Drivkraftmaskine uundgaaelige ret betydelige Tomgangstab, vil Tabet blive væsentlig større ved udelukkende Anvendelse af Maskiner, end naar Batteriet benyttes som foran nævnt til Udligning af Belastningen.

Samtidigt vil et Batteri tjene som en udmærket Momentreserve i Tilfælde af Maskinuheld, idet et med Maskinen parallelt arbejdende Batteri øjeblikkeligt vil kunne overtage Belastningen, og det vil i kortere Tid kunne afgive endog ret betydelig Energi, uden at tage Skade, indtil en ny Maskine er sat i Drift.

Batteriet vil endvidere kunne virke som Spændingsdelers ved Jævnstrøm-Trelederahlæg, saaledes som det senere vil blive beskrevet. Ligeledes vil det i høj Grad virke til i Tilfælde af pludselige Belastningsstød at opretholde en rolig Spænding paa Centralen og Nettet.

Man vil af disse Grunde altid paa en Jævnstrømscentral have et Batteri til Raadighed.

Paa Vekselstrømscentraler kan man kun udnytte et Batteri gennem en Omformer, hvilket baade fordyrer Anlægget og Driften, hvorfor et Batteri i dette Tilfælde næppe betaler sig, og det anvendes derfor kun sjældent i Tilslutning til rene Vekselstrømsanlæg.

Paa Vekselstrøm-Jævnstrøms Omformerstationer bliver Forholdet derimod noget lignende som paa Jævnstrømscentraler, og navnlig kommer her Spørgsmaalet om Momentreserve til at spille en stor Rolle.

d. Valget af den mest økonomiske Maskintype.

Hermed er kun den samlede Størrelse af Maskinanlægget bestemt, men endnu kan Maskintypen dog ikke bestemmes, idet ogsaa Driftstiden spiller en Rolle.

Det samlede Antal solgte KWT (S = Salget) kan skønnes ved Hjælp af Statistikken for Anlæg af lignende Art og Størrelse pr. Indbygger eller pr. Td. Land, eller ogsaa pr. installeret Lampe og pr. installeret HK.

Tabet (ΔP) i Ledningsnettet er ved Oplandscentraler 30 à 40 pCt., ved Landsbyværker 20 à 25 pCt., ved Byværker 10 à 15 pCt.

Det producerede Antal KWT (P) bliver da $P = S + \Delta P$.

Hvis Værket arbejdede med sit Aarsmaksimum i alle Aarets 8760 Timer, og hvis Maskinkraften netop svarede hertil, vilde vi have den

ideale Udnyttelse af Centralens Maskineri. Dette er desværre ikke Tilfældet. Det samlede Antal Timer, hvori Maksimum kunde tænkes udnyttet, er kun

$$T = \frac{\text{Til Ledningsnettet afgivne KWT}}{\text{Aarets Maksimum i KW}}$$

Jo større dette »Antal Timer paa Maksimalbelastningen« er, des bedre er Værkets Maskineri udnyttet, og des mere økonomisk arbejder Værket.

For Københavns Vedkommende gælder for Aaret 1913 (excl. Sporvej)

$$T = \frac{22,7 \cdot 10^6}{12\,400} = 1830.$$

For de fleste Byers Vedkommende faas ganske tilsvarende Tal (1500—2000 Timer).

For Oplandscentraler uden større Industritilslutning og Landværker maa regnes med

$$T = 1000—1500 \text{ Timer.}$$

Undertiden angives Belastningsfaktoren [*load factor* — *Belastningsfaktor*], der defineres som

$$B = \frac{\text{Til Ledningsnettet afgivne KWT}}{8760 \times \text{Aarsmaksimum i KW}} = \frac{T}{8760}$$

Jo større *B* er, des mere økonomisk arbejder Centralen.

Jo større Antal KWT, der produceres med den givne Maskinkraft, af des større Betydning er det, at Brændselsforbruget pr. KWT er saa lille som muligt. Udgifterne til Pasning kommer her til at spille en mindre Rolle.

Ved Anlæg, hvor der i lange Perioder næsten intet Forbrug er, staar man sig ved at lade Akkumulatorbatteriet overtage Forsyningen (Jævnstrømsværker), eller man har en særlig lille Maskine specielt beregnet til dette Formaal (Vekselstrømsværker).

e. Valg af det elektriske System.

De mest økonomiske Systemer med Hensyn til Anlægskapital er, som vi senere skal se (Afsnittet »Ledningsnet«) Jævnstrøms Treleder-systemet og det trefasede Vekselstrømssystem med Stjerneforbindelse.

Hertil kommer imidlertid Hensynet til en god Udnyttelse af Maskinerne ved Hjælp af et Akkumulatorbatteri, hvilket Hensyn bevirker, at Jævnstrømstreleder-systemet i Almindelighed vil være at foretrække fremfor Trefasesystemet, naar iøvrigt Afstande o. s. v. ikke er større end forsvareligt.

Sædvanligt regner man at kunne fordele Treleder-Jævnstrøm økonomisk over et Areal med en Radius paa ca. 2 km. i Byer, hvor jo Motorer og Lys kan være i Drift samtidigt, og paa Landet med en

Radius paa 3—4 km, idet Motorerne ikke maa arbejde i Lystiden, hvorfor man om Dagen kan tillade et noget større Spændingsfald.

Den sædvanlige Spænding ved Jævnstrøm er 2×220 Volt hos Forbrugerne.

Skal Forsyningen ske over længere Afstande end her er nævnt, anvendes højspændt Trefasesystem. Sædvanligt her i Landet er da Periodetallet 50, idet et lavere Periodetal vilde kunne mærkes paa Lyset

Den mest økonomiske Spænding kan skønnes af Formlen.

$$\text{Spænding i Volt} = 50 \sqrt{\text{Kilowatt} \times \text{Kilometer.}}$$

Skal 1000 KW fordeles, saaledes at Middelaafstanden er 35 km, faas altsaa

$$\text{Spændingen} = 9350 \text{ Volt.}$$

For vore Forhold har det gennemgaaende vist sig rigtigt at anvende Spændingerne 10 à 15 000 Volt ved Oplandscentraler med en største Radius paa ca. 50 km.

I Tyskland anvendes hyppigst 15 000 Volt, ved de store Vandkraft-anlæg i Sverige 50 000—80 000 Volt, i Amerika indtil 150 000 Volt.

Efter Nedtransformeringen anvendes her i Landet som oftest 380/220 Volt, der fordeles fra Transformatorstationer over Afstande paa ca. 1,5—2 km.

For at et elektrisk Kraftanlæg skal kunne tilfredsstille Driftsingeniørens Fordringer, maa følgende Forudsætninger være til Stede

- 1) Overføringen af den paagældende Kraftmængde skal kunne foregaa med Bibeholdelse af en tilfredsstillende Spændingsregulering,
- 2) Forstyrrelser ved Kraftoverføringen maa kun være ubetydelige,
- 3) Samarbejdet mellem Kraftværkets forskellige Dele maa altid være betryggende,
- 4) En hurtig Udførelse af Reparationer maa være mulig.

Den mest passende Spænding bestemmes næsten udelukkende af de økonomiske Forhold. Det er lige saa let at overføre elektrisk Kraft ved 50 000 Volt som ved 10 000 Volt, ja det synes endog, som om Kortslutninger og andre Forstyrrelser i Driften forekommer oftere paa de Steder, hvor der anvendes en lavere Spænding.

I Udlandet anvendes nu paa en Del Linier en Spænding paa 100 000 Volt og derover, uden at der forekommer nogen større Driftsforstyrrelser end ved de lavere Spændinger.

For Afstande paa ca. 250 km spiller Periodetallet saa godt som ingen Rolle, naar Talen er om Spændingsreguleringen.

Ved at vælge en passende høj Spænding, kan der som Regel opnaas en tilfredsstillende Spændingsregulering saavel ved 50—60 Perioder som ved 25.

Ved Bestemmelsen af Periodetallet paa saadanne Anlæg bør man hovedsagelig tage Hensyn til den Fordel, Konsumenterne har af det ene eller det andet Periodetal. I Europa anvendes gerne 50 Perioder.

Her burde da særlig paapeges, at Forudsætningerne for Kraftoverføring i Almindelighed er ganske ubestemte.

Saaledes kan for Ekspl. Faseforskydningen kun bestemmes indenfor meget vide Grænser, og det er derfor spildt Ulejlighed at gennemføre Beregningerne med altfor stor Nøjagtighed.

Det tilladelige Spændingsfald beror helt og holdent paa de forhaandenværende Forhold.

Hvis hele Kraftmængden overføres mellem to Steder, kan 25 pCt. Spændingsregulering være tilladelig.

I saadanne Tilfælde bliver imidlertid Energitabet og ikke Spændingsreguleringen den bestemmende Faktor ved Anlæggets Dimensionering.

Belastningens forskellige Natur er ogsaa bestemmende for den tilladelige Spændingsregulering,

En Blanding af Lys- og Motorbelastning kræver bedre Spændingsregulering end nogen af disse Belastninger hver for sig.

Hvis der kun er tilsluttet Motorer, kan der nemlig godt tillades en vis Ujævnhed i Spændingen, og hvis Belastningen kun bestaar af Lys, saa indtræffer Variationerne saa langsomt, at Spændingen let kan efterreguleres med Haanden.

Som Regel ligger Kraftcentret i det vigtigste Forbrugscentrum.

Spændingen bør da holdes konstant der, og Spændingen ved Understationer og Transformatorstationer vil komme til at variere med et Beløb, der svarer til Liniens Regulering.

Denne Variation kan gøres fuldstændig uskadelig ved Anvendelse af automatiske Spændingsregulatorer, men ved de forholdsvis smaa Anlæg, der anvendes her i Landet, anvendes en saadan Regulering næppe.

I Ringsystemer, som forsynes fra begge Ender, maa Ledningen være saa stærk, at hele Belastningen kan overføres hele Vejen rundt i Ringen, fra hvilken som helst Ende. Hvis dette ikke er Tilfældet, viser det sig, at den aabne Del af Ringen kan faa utilstrækkelig Spænding, naar en Del af Linien er frakoblet paa Grund af Reparation, Eftersyn el. lign.

Den Kraft, der hensigtsmæssig kan overføres til en enkelt Linie, afhænger af hele den samlede Kraft i Systemet, af Belastningens større eller mindre Værdi, samt af Forholdet mellem Anlægsomkostningerne og det Beløb, som Leverandøren mener er nødvendigt for at forhindre en Nedgang i Indtægterne.

Ved Kraftledningssystemer paa 60 000 Volt eller lavere, er det sikrest ikke at overføre mere end 100 Amp. pr. Linie. Det kan nemlig teoretisk eftervises, at de Overspændinger, der opstaar ved pludselige Strømbrydelser, bliver indtil 200 Gange større end den Strøm, der brydes.

Under Forudsætning af, at Strømbryderen afbryder ved det dobbelte af den normale Strømstyrke, vilde der saaledes i dette Tilfælde opstaa en Spænding paa $2 \cdot 100 \cdot 200 = 40\ 000$ Volt eller ialt $60\ 000 + 40\ 000 = 100\ 000$ Volt, og denne Spænding burde Linien og Transformatorerne kunne taale.

For at holde Spændingen konstant hos Forbrugerne anvendes i mange Tilfælde baade automatiske og ikke automatiske Apparater.

Hvis der anvendes synkron Maskiner paa Modtagerstationen, er det

formaalstjenligt at indkoble en automatisk Regulator i Maskinens Magnetstrømkreds, og denne Anordning vil give udmærkede Resultater. Det medfører imidlertid ret store Udgifter, der skal forrentes og amortiseres, foruden visse direkte Driftsomkostninger.

Næst efter Muligheden for at overføre Kraften med Bibeholdelse af en god Spændingsregulering kommer Kravet om Driftssikkerheden.

For at kunne opretholde uafbrudt Levering af Strøm fordres i første Tilfælde, at den mekaniske Udførelse af Linierne og Understationerne er den bedst mulige.

Ved Liniernes Beregning maa man gaa ud fra de vanskeligste Vejrforhold, der har været raadende i det mindste i de sidste 30 Aar, og herefter maa man anvende en passende stor Sikkerhed.

Masterne maa under alle Forhold kunne taale de Paavirkninger, som opstaar, naar en eller flere af Ledningerne brister.

Paavirkninger paa Isolatorerne kan begrænses derved, at man dimensionerer Bindetraaden, saaledes at den brister, hvis Ledningen afbrydes.

Det er altid bedre, at Bindetraaden brister, end at en hel Del Master rykkes omkuld.

At konstruere en Mast, der er saa stærk, at den kan staa fast, selv om alle Ledningerne brister, fører til i økonomisk Henseende umulige Konstruktioner.

Dersom det Distrikt, der er tilsluttet til Kraftledningen, er spændt over et stort Omraade, maa Ledningerne ordnes enten i Radialsystem eller Ringsystem. Det sidste har den Fordel, at Understationerne faar Krafttilførsel fra helt adskilte Sider, saa at Sandsynligheden for en Driftsafbrydelse paa Grund af Fejl paa Linien er yderst lille.

Hvis Ringsystemet er udført med 2 gennemgaaende parallelle Ledninger, saa tilsluttes Halvdelen af Understationerne til hver af disse.

Under normale Forhold er Ringen aaben omtrent paa Midten, og de 2 Halvdele fødes hver for sig.

Ved eventuelle Fejl paa en Linie frakobles denne ved Hjælp af Automatstrømbryderen i Kraftstationen, hvorved kun en Fjerdedel af Understationerne berøres heraf, og disse Stationer kobles da over paa den fejlfri Linie.

Kun i Nødstilfælde sammenkobles Ringens 2 Halvdele.

Radialsystemet nødvendiggør dobbelte Ledninger til alle Understationer, saafremt stor Driftssikkerhed ønskes, og det er dyrere end Ringsystemet med samme Sikkerhed.

Som allerede i Forbigaaende bemærket er det nødvendigt at have automatiske Strømafbydere og Relaiser for Grenledninger, for at man kan frakoble Linier med Fejl.

Næsten alle Kraftsystemer, som udvides, kommer sandsynligvis før eller senere til at lide paa Grund af utilstrækkeligt dimensionerede Strømafbydere.

Strømafbydere, der er fuldt tilstrækkelig, saalænge Maskinkraften

er lille, kan ikke magte Kortslutninger, naar Generatoreffekten øges, og som Regel er der da ingen Plads til at installere kraftigere Strømafbydere.

Det er derfor næsten umuligt at faa for stor Plads i Instrumentbygningen, og Sparsommelighed med Pladsen, medens Bygningen endnu er under Opførelse, er daarlig Økonomi, da det i saa Tilfælde ofte viser sig ved senere Udvidelser, at Bygningen helt maa laves om.

Selv mindre Systemer, der normalt arbejder som en samlet Enhed, maa hurtigt kunne deles i flere af hinanden uafhængige Systemer, saa at en Driftsforstyrrelse maa kunne indskrænkes til den mindst mulige Del af Systemet.

Indførelsen af alt for mange Omkoblingsmuligheder maa undgaas, idet det derved ofte vanskeliggøres, hurtigst muligt igen at kunne forsyne Forbrugerne med Kraft.

Thi, hvis Driftingeniøren under en Driftsforstyrrelse først skulde overveje, hvilke forskellige Kombinationer der kunde foretages, saa vilde der let spildes mange kostbare Minutter. For at lette Driften er en paalidelig Telefonforbindelse af største Betydning, og det er som Regel det bedste at benytte de offentlige Telefonforbindelser, fremfor at bygge en egen Linie. Hvis denne nemlig bliver anbragt paa Højspændingsmasterne, bliver den som Regel ubrugelig just i det Øjeblik, man mest behøver den, og den vilde blive for dyr at udføre paa sin egen Masterække.

Det er vel ikke ganske umuligt at opstille Regler for alle tænkeligt forekommende Tilfælde, saa at hver Station i et Kraftledningssystem nøjagtigt véd, hvad der skal gøres, hvis der indtræffer en Fejl, men en direkte Ordre fra Driftingseniøren er i saadanne Tilfælde mere værd end alle skrevne Regler tilsammen.

For at muliggøre Reparationer og Tilsyn med Linierne, maa der findes et tilstrækkeligt Antal Sektioner og saadanne Anordninger, at Driften uforstyrret kan vedblive, selv om en Sektion er frakoblet.

Den frakoblede Del af Linien bør jordforbindes i begge Ender, forinden Reparationsarbejdet paabegyndes.

Lange Kraftledninger maa være saaledes inddelte, at kun mindre Strækninger behøver at frakobles i paakommende Tilfælde.

De nødvendige Omkoblingsstationer tjener som hensigtsmæssige Opholdssteder for Liniens Vagtpersonale. Ledningerne skal altid være saaledes indrettede, at Reparationer kan udføres, uden at Arbejderne behøver at komme i faretruende Nærhed af de spændingsførende Traade.

f. Foreløbig Rentabilitetsberegning.

Det er af allerstørste Vigtighed for Opførelsen af et elektrisk Centralanlæg at foretage en yderst omhyggelig Rentabilitetsberegning, navnlig gælder dette elektriske Anlæg paa Landet.

Paa Grundlag af de forhaandenværende Statistikker og støttet til Tegningslister for det paagældende Distrikt kan man danne sig et Skøn over Forbrugets Størrelse og det antagelige Maksimum, samt det samlede Salg i KWT.

Her skal dog bemærkes, at man skal være meget varsom med Hensyn til Tegningslisterne, idet mange ikke tegner sig straks, og de andre oftest angiver alt for lav Installationsmængde, navnlig gælder dette Lyset.

Ofte vil derfor den samlede Installationsmængde allerede i det første Aar vokse med 25—50 pCt. udover det tegnede.

Aarets Maksimum er gerne $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{7}$ af de tilsluttede KW.

Aarsforbruget pr. HK. paa Bøndergaarde er ca. 70—80 KWT og for Lyset ca. 50—80 KWT.

Af følgende Eksempel vil det ses, i hvor høj en Grad Rentabiliteten er afhængig, navnlig af følgende 3 Størrelser: Produktionspris, Salgspris, solgte KWT pr. Aar, idet alle Priser er regnet før Krigen.

Paa Fig. 5 er vist Udgifterne pr. produceret KWT fra en Central for en 200 HK (133 KW) Dieselmotor, der antages at gaa ved gennemsnitlig $\frac{3}{4}$ Belastning (= 100 KW). Der er forudsat en Oliepris paa 100 Kr/ts af Brændværdi 10 000. Anlægskapitalen er antaget lig 65 000 Kr. eller ca. 475 Kr/KW.

Forrentningen er $4\frac{1}{2}$ pCt. Afskrivning og Reparation er i Gennemsnit ca. 8 pCt. (3000 Timer), stigende svagt med Antallet af Driftstimer.

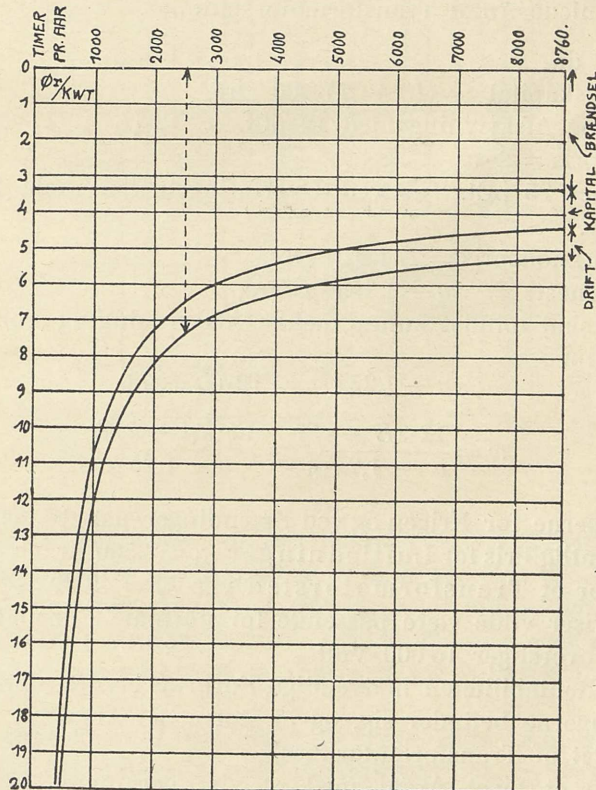


Fig. 5.

Den punkterede Linie angiver for Ekspl. Prisen pr. KWT fra Central (7,4 Øre) ved en Driftstid af 2500 Timer pr. Aar eller en samlet Produktion paa $\frac{3}{4} \cdot 133 \cdot 2500 = 250\ 000$ KWT.

Kurven har samme Form som en Virkningsgradskurve.

Udgifterne er uforholdsmæssig store ved lille Udnyttelse (lille Time-tal), og det ses, at det i høj Grad kommer an paa at faa et højt Antal Timer.

Lad os tænke os, at Centralen udnytter 3 Maskiner, som ovenfor antaget. Dens Anlægskapital er da 195 000 Kr., og Produktionen af Værk er 750 000 KWT.

Vi vil da undersøge, hvor stor Salgsprisen mindst skal være i Afhængighed af Timetal og Produktionspris for at Anlægget kan svare sig.

Der benyttes nu følgende Betegnelser

L = Anlægsomkostninger for hele Højspændingsnettet (i Kr.),

T = — — — — — alle Transform.stationer (i Kr.),

g = Produktionsprisen pr. KWT af Værk (i Øre),

v = Salgsprisen pr. KWT (i Øre),

x = samlede Antal nyttigt afgivne KWT regnet ved Transformatorernes Lavspændingsklemmer,

k_1 = Prisen i Kr. pr. km Luftledning,

k_2 = Gennemsnitsprisen pr. Transformatorstation inkl. Lavspændingsnet,

l = Den samlede Længde Luftledning i km,

n = Det samlede Antal Transformatorstationer.

Man har da

Samlet Anlægskapital = $(L + T) \cdot 100$ Øre,

Forrentning og Afskrivning med 12 pCt. = $12 \cdot (L + T)$ Øre,

Samlet Salgspris = $x \cdot v$,

Idet der regnes 25 pCt. Tab ved Overføringen, faas hele Produktionen = $1,25 \cdot x$.

Samlet Produktionspris = $1,25x \cdot g$ Øre,

Samlet Fortjeneste = $xv - 1,25x \cdot g$ Øre,

Fortjenesten skal mindst kunne dække Afskrivning og Forrentning, alt-saa i Minimum

$$xv - 1,25x \cdot g = 12 \cdot (L + T),$$

$$x = \frac{12 \cdot (L + T)}{v - 1,25 \cdot g} = \frac{12 (k_1 l + k_2 n)}{v - 1,25 g}$$

Med Priserne før Krigen og ved Spændinger paa 10 000—15 000 Volt var en omtrentlig Pris for Luftledninger $k_1 = 2500$ Kr. pr. km, Gennemsnitsprisen for et Transformatorsted var $k_2 = 4000$ Kr.

Disse Priser vilde være passende for normale Forhold, naar Spændingen ikke overstiger 15 000 Volt.

Det for Rentabiliteten nødvendige Forbrug er des større, jo længere borte Forbrugerne befinder sig, og jo større det Areal er, som skal forsynes (Antallet af Transformatorhuse).

Har man et givet Areal med et vist garanteret Forbrug x , faas Prisen pr. KWT. af Transformator lig

$$v = \frac{12 \cdot (k_1 \cdot l + k_2 \cdot n)}{x} + 1,25 \cdot g$$

For et Eksempel med

$$k_1 = 2500 \text{ Kr.}$$

$$k_2 = 4000 \text{ —}$$

$$l = 120 \text{ km.}$$

$$n = 50 \text{ Stkr.}$$

faas for forskellige Produktionspriser og Salgsprisen v det nødvendige Antal solgte KWT x . Resultatet af Beregningen er opstillet grafisk i nedenstaaende Kurver (Fig. 6).

I det foran betragtede Tilælde er Produktionen 750 000 KWT ved 2500 Timer med en Produktionspris $g = 7,4$ Øre. Salget er $x = \frac{750\,000}{1,25} = 600\,000$ KWT.

Salgsprisen maa da ifølge Fig. 6 være mindst ca. 20 Øre pr. KWT. idet der maa lægges lidt til for at dække Administrationen af Ledningsnettet.

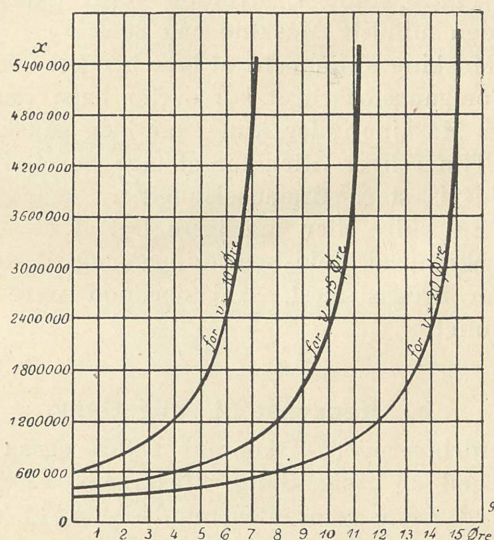


Fig. 6.

Det vil ses af Kurverne, at hvis man i et givet Tilfælde har skønnet en Produktionspris paa 6 Øre og et Salg paa 2,4 Mill. KWT, da vil Salgsprisen 10 Øre være passende. Skulde man imidlertid have skønnet Produktionsprisen 1 Øre for lav, ses det, at Balance ved samme Salgspris kun vil kunne opnaas ved et Salg paa 4,6 Mill. KWT, eller næsten det dobbelte.

Det fremgaar klart heraf, hvor forsigtig man skal være med at fastsætte en for lav Salgspris ved Oplandscentraler, og hvor vigtigt det er ved en saadan Centralers Start at have et tilstrækkeligt stort og forsvarlig garanteret Minimumsforbrug. Man maa hellere senere hen sætte Prisen ned, naar Forbruget har vokset sig stort nok til, at Rentabiliteten kan taale en saadan Nedsættelse. Paa den anden Side maa man ogsaa

være varsom med at sætte Salgsprisen saa høj, at Salget lider derved.

Resultatet af foranstaaende Betragtninger bliver, at nødvendigt for en god Rentabilitet er: Lave Anlægsudgifter, lave Driftsudgifter, stort Salg (navnlig stor Benyttelsestid), rimelig og ikke alt for lav Salgspris.

2. Drivkraftmaskiner og Dynamoer.

a. Hensynet til god Økonomi.

Det vil af det foregaaende ses, hvilke Fordringer der maa stilles til Maskinerne med Hensyn til billigt Brændselsforbrug, billig Pasning, lille Anskaffelsespris. Maskinerne skal kunne sættes hurtig i Gang og kunne tages ud af Driften faa Timer efter, uden at dette medfører altfor store Bekostninger (se Fig. 3, Side 7, hvor de skraverede Arealer svarer til Anvendelsen af den mindste Maskine paa 80 KW).

Oftē vil en Maskine komme til at løbe længere Tid ved meget ringe Belastning, og Tomgangsforbruget bør derfor helst være lille.

Den eller de Maskiner, der kun gaar i en ganske kort Periode af Aaret nogle faa Timer hver Aften for at tage Belastningsspidsene, kan godt have forholdsvis store Brændselsudgifter, naar blot Anskaffelsesprisen er ringe. En ældre eller daarligere Del af et Anlæg kan fortrinligt bruges til Dækning af Spidsbelastningen og til Reserve. Den eller de Maskiner, som bruges mest, skal derimod være saa økonomisk i Drift som vel muligt.

b. Hensynet til rolig Gang.

Foruden Fordringerne til Økonomi stilles ogsaa visse Fordringer med Hensyn til god og rolig Gang. Maskinens Uregelmæssighedsgrad skal være lille, ved Jævnstrømsanlæg mindst $\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{100}$, ved Vekselstrømsanlæg mindst $\frac{1}{250}$ à $\frac{1}{300}$, idet der her maa tages særligt Hensyn til en god Paralleldrifft af flere Generatorer.

Der maa derfor ved alle langtsomt gaaende Maskiner og navnlig ved alle Maskiner med direkte Forbrænding eller Eksplosion sørges for tilstrækkeligt store Svinghjul og et passende Antal (2 eller flere) Cylindre. Disse Forsigtighedsforanstaltninger er dog ikke altid tilstrækkelige, idet det kan hælde, at Akslen fra Svinghjulet til Generatorens roterende Part har et Egensvingningstal, der netop træffer sammen med de smaa Uregelmæssigheder i Svinghjulets Omdrejning, der stammer fra Eksplosionerne i Cylindrene. Selv om Uregelmæssighedsgraden umiddelbart ved Svinghjulet er $\frac{1}{300}$, vil den ved Generatoren i et saadant Tilfælde af mekanisk Resonans kunne blive maaske kun $\frac{1}{30}$ eller lignende. En saadan mekanisk Resonans paa Akslen vil give sig tilkende ved stærk Blinkning af Lyset og ved Vekselstrømsmaskiner ogsaa derved, at Paralleldriften vanskeliggøres eller helt umuliggøres. Et godt Kendetegn paa denne Resonans er, at Blinkningen holder op, naar Omdrejningstallet hæves eller sænkes med 5—6 pCt.

hvorfor Møllerne har været bundne til de smaa Ledningsnet. Imidlertid kan man nu paa Grundlag af Ingeniørerne *R. Johs. Jensen* og *Poul Vindings* Undersøgelser faa en Mølle til at fremstille Vekselstrøm, naar den arbejder i Parallelforbindelse til et større Net, og det er jo muligt, at dette vil føre til, at der i større Maalestok end hidtil, hvor Vindkraftanlæggene nærmest kun har fundet Anvendelse ved større Gaarde, der ikke i nogenlunde nær Fremtid vil kunne forventes at faa Tilslutning til en Oplandscentral eller et andet større Elektricitetsværk, paa økonomisk Maade kan fremstilles Elektricitet ved Vindkraft. Men i hvert Fald bliver det kun i Tilknytning til større Ledningsnet.

En Vindmotors Arbejdsevne stiger med 3 Potens af Vindhastigheden, og det vil omtrent passe med, at Arbejdsevnerne for samme Motor ved Vindhastighederne 5, 6, 7 og 8 m. pr. Sekund forholder sig som 1 til 2 til 3 til 4. Den Hestekraft, der i Reglen opgives for en Vindmotor, er Hestekraften ved 7 m. Vind, hvilket meget nær er Middelstyrken her i Landet. Prof. *la Cour* har af en Observationsrække paa 5 Aar beregnet følgende Tabel over Sandsynligheden for at faa Vind med mere end 5 m. Hastighed.

1796	Timer med 5 m Vind.
1080	» » 6 » »
899	» » 7 » »
720	» » 8 » »
580	» » 9 » »
400	» » 10 » »
245	» » 11 » og mere.

De Timer, der er brugelig Vindhastighed, er gennemgaaende Dagtimer, fordi de laveste Luftlag er mere stillestaaende, naar Solen ikke er fremme. Jo højere man kommer op over Jorden, des større Vindhastighed finder man, og des større Arbejdsevne faar følgende Vindmotoren. Ved de Højder over Jorden der for almindelige Vindmotorer kan blive Tale om, er Forskellen dog ikke stor.

Tabel over Vindmøllers Effekt i HK

Stativhøjde i m	15	15	18	18
Vingeantal	5	5	5	6
Vingediameter i m	10	12	14	16
Vingereale i m ²	25	40	50	75
Hestekraft ved 5 m Vind	2	3	4	6
» » 6 » »	3,5	5,5	7,5	11
» » 7 » »	5,5	9	11,5	17
» » 8 » »	8,5	13	17,5	26

Med Hensyn til Priser pr. HKT samt forskellige Data for Vindkraftanlæg kan henvises til »Landbrugets Forsyning med Elektricitet« af Ing. *Poul Vinding*, Kbhvn. 1919.

I Øjeblikket anvendes ved større Centraler med 300—500 KW Maskinenheder eller derover Dieselmotorer eller Dampmaskiner; ved Enheder paa 300—500 KW og nedefter anvendes næsten udelukkende Dieselmotorer, kun ved ganske smaa Anlæg under ca. 20 KW anvendes Petroleumsmaskiner.

Gasmaskiner anvendes nærmest kun i specielle Tilfælde, hvor Forholdene særligt taler derfor. Sugegasanlæg blev der bygget en Del af under Krigen til Udnyttelse af Tørv. Oftest var det en eksisterende Dieselmotor, der blev ombygget til at arbejde med Sugegas. Det er næppe sandsynligt, at der vil blive bygget flere af den Slags Anlæg.

Almindelige Dampmaskiner anvendes endnu en Del ved ældre Bycentraler og ved mindre Fabriksanlæg, hvor der af andre Aarsager kræves Kedelanlæg for Damp eller varmt Vand til Fabrikkens Brug, men installeres nu kun sjældent paa nye Elektricitetsværker.

Dampmaskiner anvendes nu ved alle større Byværker og ved mange af Oplandscentralerne. De kan anvendes ned til 200 à 300 KW og bygges indtil 10 000 KW med 3000 Omdrejninger, ved større Typer med lavere Omløbstal.

Ved skønsmæssige Overslag kan man ved moderne Elektricitetsværker med første Klasses Maskiner regne med et gennemsnitlig aarligt Brændselsforbrug pr. produceret KWT som nedenfor angivet.

Petroleumsmotorer (6—12 HK)	ca. 400 gr Petroleum
Dieselmotorer (Jævnstrømsværker)	320 à 350 gr Olie
— (Oplandscentraler)	350 à 370 gr Olie
Middelstore Gasmaskiner	0,6 à 1,2 m ³ Lysgas
Middelstore Dampmaskiner	1,2 à 1,5 kg Kul
Dampmaskiner 300 KW	1,2 à 1,5 kg Kul
— 1 000 KW	1,0 à 1,3 kg Kul
— 10 000 KW	0,75 à 0,85 kg Kul

Der er her regnet med følgende Brændværdier

Brændselolie	10.000 kg ^o pr. kg
Gas	5000 kg ^o pr. m ³
Kul	7000 kg ^o pr. kg

De højere Grænser gælder for mindre Maskiner, samt for Vekslestrømsanlæg, der jo i Almindelighed ikke er forsynede med noget Akkumulatorbatteri (med Omformer) til Udligning af Belastningsspidser og til Overtagelse af Driften i svagt belastede Perioder.

De lavere Værdier gælder for større Maskiner og for Jævnstrømsanlæg med Batterier.

Ved Afleveringsprøver vil Forbruget være betydeligt mindre.

Imidlertid er saadanne Tal i høj Grad afhængige af Belastningsfaktoren, navnlig gælder det om, at den enkelte Maskine, naar den er i Drift, gaar saa godt belastet som muligt, idet alle Maskiners Virkningsgrad er størst ved fuld Belastning eller i Nærheden deraf. Derfor kan Tallene ved daarligt projekterede og slet udnyttede Anlæg blive betydeligt overskredne, medens de kan blive ikke saa lidt bedre ved Fabriksanlæg, hvor Benyttelsestiden er stor (3000—6000 Timer), og hvor Maskinen gaar paa det nærmeste fuldt belastet under hele Arbejdsperioden.

d. Dynamoerne.

Tidligere brugte man ved de da anvendte langsomtgaende Drivkraftmaskiner at forbinde Dynamo og Drivmaskine med Rem eller ved Tovtræk. Man kunde derved opnaa at faa en passende hurtiggaaende og derfor forholdsvis billig Dynamo.

Mindre Drivkraftmaskiner (50—200 KW) er nutildags gerne ret hurtiggaaende, ca. 300 à 200 Omdrejninger pr. Minut, medens større Maskiner (800—1000 KW) har et Omløbstal paa ca. 150—120.

Dampturbiner løber med 3000 Omdrejninger pr. Minut i alle Størrelser indtil 10 000 KW.

Dampturbiner anvendes yderst lidt i Forbindelse med Jævnstrømsdynamoer (Hortenslaværket paa Frederiksberg), thi bl. a. af Hensyn til Kommuteringen kan en saadan Maskine højst gaa med 750 à 1000 Omdrejninger, hvorved Dampøkonomien falder saa stærkt og Anlægsudgifterne stiger saa meget, at det oftest betaler sig at bruge hurtiggaaende Turbogeneratorer til Trefasestrøm i Forbindelse med Etankeromformere eller Kaskadeomformere (Odense Elektr. Værk, Københavns Elektricitetsværker).

Ved alle disse moderne Maskiner kobles Dynamoen direkte til Maskinens Aksel, undertiden gennem en elastisk Læderbaandskobling.

Alle moderne Generatorer er stærkt ventilerede, og det bør herved paases, at Ventileringen sker paa en saadan Maade, at der ikke fra Drivmaskinen suges Olie hen i Maskinens Viklinger.

Til Forebyggelse heraf kan det ofte være formaalstjenligt at dække Svinghjulets Sider med en Blikplade, og ligeledes kan det være heldigt at anbringe Olieafskrabere af Filt eller lignende et eller andet Sted paa Svinghjulets Omkreds.

Ved helt indkapslede Maskiner for Ekspl. Turbogeneratorer, der fordrer ret store Luftmængder til Køling, og hvor det er vanskeligt at komme til at rense Viklingerne for Støv, anbringes altid særlige Filtre til Rensning af Køleluften. Det kan paaregnes, at Turbogeneratorer bruger ca. 2 à 3 m³ Luft pr. Minut for hvert KW indre Tab i Generatoren.

Jævnstrømsdynamoer forsynes nu altid med Vendepoler og skal derfor uden nogensomhelst Børsteforskydning kunne gaa absolut gnistfrit fra fuldstændig Tomgang til 25 pCt. Overbelastning. Selv kortere Overbelastninger paa 50 à 100 pCt. bør Maskinen kunne taale, idet der kun maa danne sig nogle ganske smaa hvidt lysende Gnister langs de afløbende Børstekanter.

De synkrone Vekselstrømsgeneratorer forsynes gerne hver enkelt med sin egen Magnetiseringsmaskine (se Fig. 1, Side 4), hvis Spænding da vælges lig Spændingen for et eventuelt Akkumulatorbatteri paa Værket. Batteriet vil da kunne benyttes som Reserve for Magnetiseringsmaskinen.

I Net med stor Faseforskydning vil det kun være rigtigt at anvende asynkrone Generatorer for Ekspl. i Forbindelse med Vandkraft i saa-

danne Tilfælde, hvor Generatorerne paa Hovedkraftværket har tilstrækkelig Effekt i KVA, og hvor det kommer an paa at spare Brændsel.

Den asynkrone Generator virker nemlig som en stærkt undermagnetiseret synkron Motor og vil derfor optage en meget betydelig bagudilende wattløs Strøm til sin Magnetisering (se I. Del, Side 288), hvilken Strøm jo skal afgives fra de synkrone Generatorer, hvorved disses Faseforskydning bliver slettere.

Anskaffelsesomkostningerne er forholdsvis smaa, Driften og Tilsynet overordentlig simpel.

Den asynkrone Generator vil altsaa ikke spare i Maskinanlæg paa Hovedkraftværket for Generatorernes Vedkommende, men nok bevirke nogen Brændselsbesparelse. Her maa dog erindres, at af den gennemsnitlige Brændselspris pr. KWT er kun en vis Del (ca. $\frac{2}{3}$) af hængig af det afgivne Antal KWT, medens Resten (ca. $\frac{1}{3}$) medgaar til — uafhængigt heraf — overhovedet at holde Kedler og Maskiner i Drift.

Dette Forhold maa der selvfølgelig tages passende Hensyn til ved en Økonomiberegning.

Der vil dog næppe her i Landet være Chancer for at anvende asynkrone Generatorer.

e. Parallelkobling af Maskinerne.

Parallelkobling af Jævnstrømsdynamoer (Shuntmaskiner) sker i Almindelighed yderst let.

Ved Parallelkobling af en ganske ny Maskine maa man først undersøge Maskinens Polaritet, naar den er bragt op paa den rigtige Hastighed og magnetiseret. Denne Undersøgelse kan bedst gøres med et Deprez d'Arsonval Voltmeter (se I. Del, Side 470), der skal give Udslag til samme Side (Fig. 7), enten Maalingen sker mellem *a* og *b* eller

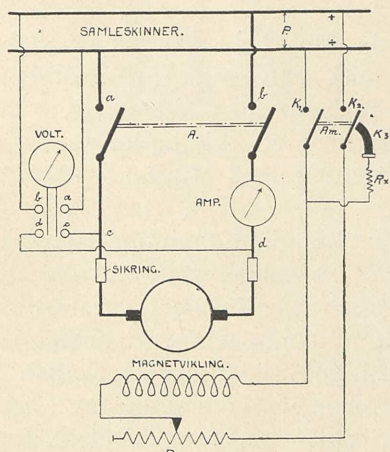


Fig. 7.

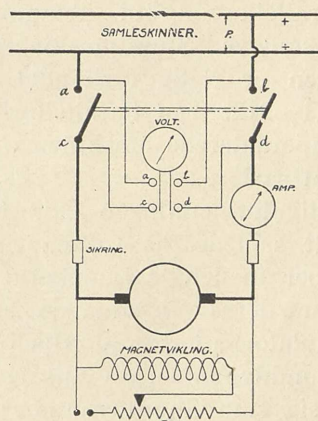


Fig. 8.

mellem *c* og *d*. For en Sikkerheds Skyld prøves ogsaa en Maaling i den modsatte Retning for Ekspl. mellem *b* og *a*, hvorved Instrumentet skal give Udslag den gale Vej.

Fig. 7 viser Strømskemaet for en fremmedmagnetiseret Dynamo med Magnetreguleringsmodstand. Ved den fremmedmagnetiserede Maskine maa der anvendes en særlig Magnetafbryder A_m . Denne er saaledes indrettet, at Afbryderkniven under selve Afbrydningen et Øjeblik danner Kontakt mellem K_2 og K_3 , hvorved R_x gennemløbes af en Strøm fra + til \div , men et Øjeblik efter er Forbindelserne ved K_1 og K_2 afbrudte, og vi har et lukket Kredsløb fra Magnetvikling gennem Reguleringsmodstanden R_m til R_x og K_3 og derfra tilbage til Magnetviklingen. Den bundne magnetiske Energi kan da udlade sig uden at gøre Fortræd gennem den særligt dertil beregnede Modstand R_x , der skal være stor nok til et Øjeblik at kunne taale Strømmen fra + til \div .

Naar A_m er sluttet og R_m er indreguleret saaledes, at Maskinens EMK bliver $E = P$ eller et Par Volt højere, hvilket undersøges ved det med Omskifter forsynede Voltmeter, kan Maskinen parallelkobles til Samleskinnerne, idet den dobbeltpolede Afbryder A først maa slutes, naar Voltmeteret viser samme Spænding for Maskinen og for Samleskinnerne. Naar A er sluttet, udskydes lidt mere af Modstanden R_m , hvorved E vokser og bliver større en P , og Maskinen vil da afgive Strøm til Samleskinnerne og dermed til Nettet.

Naar Maskinen skal stoppes, indskydes først lidt mere af Modstanden R_m for Magnetiseringsstrømmen; Maskinens EMK bliver derved mindre, Strømmen aftager og kan bringes helt ned til Nul. I dette Øjeblik afbrydes A , og dernæst afbrydes A_m . Derefter kan Drivkraftmaskinen stoppes,

Ved Shunt Dynamoer med Selvmagnetisering er Instrumenteringen den samme (Fig. 8), med Undtagelse af A_m og R_x , som kan undværes.

Med R_m indreguleres Spændingen, og Maskinen parallelkobles ganske som før. Standsningen foregaar ligeledes som før.

Fremmedmagnetisering og Selvmagnetisering anvendes omtrent lige meget ved Shunt Dynamoer.

Parallelkobling af komponderede Maskiner sker paa lignende Maade som ved Shuntmaskiner, blot maa man sørge for, at Udligningsledningen er rigtig forbundet, saaledes som forklaret tidligere I. Del Side 211—212. Ved Parallelforbinding med et Akkumulatorbatteri bør de komponderede Maskiner være forsynede med Minimal- eller Returstrømsafbrydere.

Udligningsledningen bør forbinde Kompounddynamoernes Ankre parallelt, saaledes at Ankrene indbyrdes forholder sig som ved Shunt Dynamoer, medens Dynamoerne udadtil overfor Belastningsvariationerne beholder deres Virkemaade som Kompoundmaskiner. Forbindes et Akkumulatorbatteri ved Hjælp af Udligningsledningen parallelt med Kompounddynamoernes Ankre, vil disse ligeledes overfor Batteriet forholde sig som Shunt Dynamoer og arbejde i sikker Paralleldrif med Batteriet.

Ved Akkumulatoranlæg med Kompounddynamo bør man give Afkald paa at benytte Dynamoer til direkte Opladning af Batteriet ved

Forhøjelse af Spændingen. Hermed er ikke sagt, at man ikke ogsaa bør undgaa det ved Anlæg med Shunt-dynamo. Den Erfaring, at et Redskab, der skal kunne bruges til flere forskellige Ting, sjældent er helt tilfredsstillende til nogen af dem, gælder ogsaa her. Dynamo'en, der er konstrueret til en højere Spænding, reagerer altfor stærkt for Belastningsvariationer, naar den skal arbejde med det til den lavere Spænding afsvækkede Magnetfelt, og Ladningen af Akkumulatorbatteriet er man tvungen til at henlægge til Tider, hvor Dynamo'en ikke benyttes til andet Arbejde.

Ved mere betydelige Akkumulatoranlæg benyttes ofte til Ladningen en Spændingsforhøjer-Dynamo, drevet ved Remtræk eller ved direkte koblet Motor.

Ved Anlæg med lille Akkumulatorbatteri er *Micka's* Tre-Gruppe Ladesystem meget hensigtsmæssigt. I begge Tilfælde opnaar man, at Dynamo'en stadig arbejder med konstant Spænding direkte paa Samleskinnerne, og at Ladning kan finde Sted, naar som helst Dynamo'en har Strøm tilovers.

Forbindelsesskemaet for et Anlæg med Kompounddynamo og Akkumulatorbatteri kan varieres paa forskellig Maade; en simpel og let overskuelig Ordning er vist i Fig. 9.

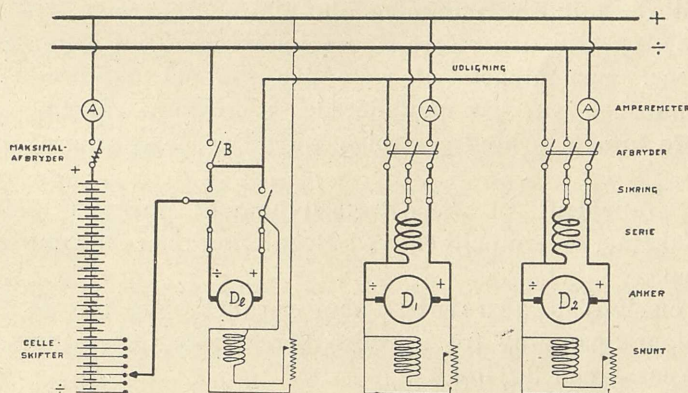


Fig. 9.

Anlægget tænkes her udført med Ladedynamo og 2 Kompounddynamoer D_1 og D_2 . Udeladelsen af den ene Dynamo medfører dog ingen yderligere Forandringer i Skemaet. Under Paralleldriften er Akkumulatorbatteriets ene Pol gennem Celleskifteren forbundet med Dynamoernes Udligningsledning; under Ladningen er Ladedynamo'en D_2 indskudt i denne Forbindelse. Ved Hjælp af Afbryderen *B* kan Batteriet forbindes direkte til Samleskinnerne. Det ses, at den samtidig kortslutter Dynamoernes Serievikling. Afbryderen *B* »tages ud«, saasnart den første Dynamo er tilsluttet til Samleskinnerne, og medens den endnu gaar med ingen eller ringe Belastning, og Afbryderen »sættes ind«, inden den sidste Dynamo sættes fra, men efter at den er aflastet

for Strøm. Benyttes Afbryderen i Utide, vil det kun medføre, at Dynamoerne taber noget i Spænding, idet Serieviklingen gaar ud af Virksomhed.

Dynamoen kan ikke ompolariseres af Akkumulatorstrømmen, da Afladestrømmen passerer Dynamoens Magnetvindinger med for disse normal Strømretning.

Dersom Dynamoens Spænding faar Tendens til at falde, vil den som Følge deraf stigende Akkumulatorstrøm gennem Seriespolerne modvirke dette, og omvendt vil en Stigning af Dynamospændingen ikke understøttes af Seriespolerne, idet disses Virkning er afhængig af det samlede Strømforbrug gennem Samleskinnerne, ikke af Dynamostrømmen alene.

Da man ved Paralleldriften sædvanlig kun har til Hensigt at kunne yde Tilskud fra Akkumulatoren i de Tilfælde, hvor den svingende Belastning overstiger Dynamoens Ydeevne, bliver Overbelastningen af Serieviklingen kun forbigaaende, og man vil kun i sjældne Tilfælde behøve at tage Hensyn til den ved Beregningen af Dynamoens Vikling.

Ved Anlæg, hvor Driften hovedsagelig hviler paa een stor Dynamo, der, naar det er nødvendigt, suppleres med en eller flere mindre Dynamoer, behøver disse mindre Dynamoer ikke at være komponderede; det er tværtimod fordelagtigere at lade dem være shuntviklede. Under Driften vil de mindre Dynamoer da afgive tilnærmelsesvis konstant Strømstyrke, og kun den større Compounddynamo vil følge Belastningsvariationerne. Spændingen vil være lige saa vel stabiliseret, som om alle Dynamoerne var komponderede, i hvilket Tilfælde man dog vanskeligere kunde forhindre forbigaaende Overbelastning af de mindre Dynamoer.

Ved Paralleldriften af Jævnstrømsdynamoer fordeles Belastningen mellem Maskinerne simpelthen ved Regulering paa Magnetreguleringsmodstanden.

Naar en Enfasegenerator skal parallelkobles paa et Net, der i Forvejen faar Spænding fra en eller flere andre Generatorer (Fig. 10), maa man passe paa 3 Ting

1. Net og Generator skal have samme effektive Spænding,
2. Frekvensen skal være den samme,
3. Man maa i Parallelkoblingsøjeblikket passe paa, at man kobler + til + og ÷ til ÷.

Drivkraftmaskinen løbes op til normalt Omdrejningstal, hvilket kan ses paa Maskinens Omdrejningstæller.

Generatoren magnetiseres op, til den faar samme Spænding som Nettet, hvilket ses paa det med Omskifter forsynede Voltmeter. Maskinens Omdrejningstal kan ogsaa maales med en elektrisk Frekvensmaaler, der indsættes som et Voltmeter (se I. Del, Side 512). Denne Frekvensmaaler kan dog undværes.

Endnu kan den dobbeltpolede Afbryder dog ikke lukkes, idet man

først maa forvise sig om, at Frekvensen og Polariteten er absolut ens for Net og for Maskine.

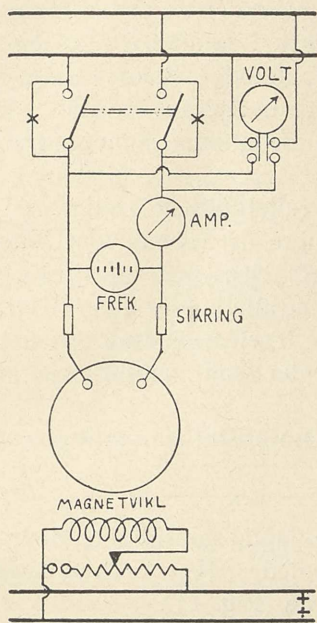


Fig. 10.

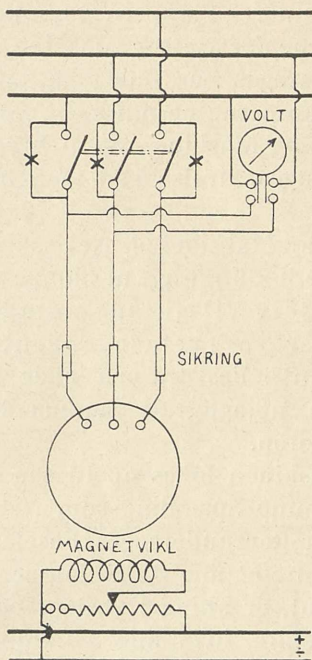


Fig. 11.

Dette ses ved Hjælp af de saakaldte Faselamper, der indskydes mellem Net og Maskine parallelt til Hovedafbryderen.

Hvis i det betragtede Øjeblik Lamperne lyser i hurtige Blink, saa er det et Tegn paa, at Frekvensen for Net og for Maskine ikke er ens.

Hver Gang det træffer sig, at der samtidigt er for Ekspl. et + Spændingsmaksimum baade for Net og for Maskine, vil de to Spændinger modvirke hinanden, og Lamperne vil være mørke. Naar Spændingskurven for Nettet har et + Maksimum, samtidigt med at Maskinen har et ÷ Maksimum, vil de to Spændinger understøtte hinanden, og Lamperne vil lyse ved den dobbelte Spænding (Fig. 12, t_1 og t_3).

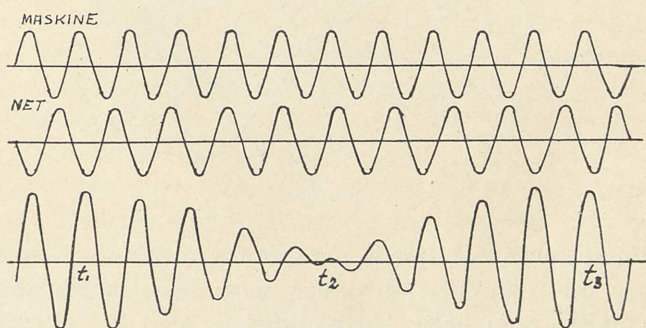


Fig. 12.

Spændingsdifferensen mellem et 110 Volts Net og en 110 Volts Maskine varierer saaledes mellem Værdierne \div 220 Volt gennem 0 til + 220 Volt. Jo langsommere Lamperne blinker, des nærmere ved hinanden er Frekvenserne for Net og Maskine, og man søger derfor at faa Blinkningen til at foregaa passende langsomt, eet Blink i mindst 5 à 10 Sekunder. Naar Lamperne er mørke (t_2), er den øjeblikkelige Polaritet den samme for Net og Maskine, og Afbryderen kan da lukkes hurtigt. Efter et Par Ganges Øvelse kan man foretage denne Manøvre meget hurtigt og sikkert.

Naar Maskine og Net saaledes er parallelkoblede rigtigt, vil nogen yderligere Blinkning af Lamperne ikke mere finde Sted, idet Maskinen af sig selv vil antage nøjagtig samme Frekvens som Nettet.

Naar en Trefasegenerator skal parallelkobles til et Net, der i Forvejen fødes fra een eller flere andre Trefasegeneratorer, maa man iagttage nøjagtig de samme Forholdsregler som omtalt ved Enfasegeneratoren.

Maskinen løbes op til saa rigtigt et Omløbstal som muligt og bringes paa samme Spænding som Nettet.

Derefter undersøges Faselamperne.

Saaframt alle 3 Faselamper blinker nøjagtig samtidigt og tilstrækkelig langsomt, er alting i Orden, og den trepolede Afbryder kan lægges ind i et Øjeblik, hvor alle 3 Lamper er mørke (Fig. 11).

Hvis derimod Lamperne ikke blinker samtidigt, er Forbindelsen mellem Maskinen og Samleskinnerne galt udført, og et Par af Ledningerne maa krydses. Dette vil let forstås af Fig. 13. A, B og C (1)

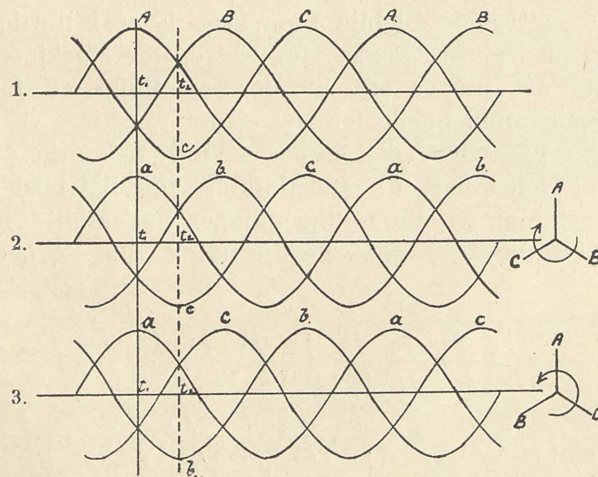


Fig. 13.

er de tre Faser for den allerede arbejdende Maskine (Nettet). a, b og c (2) er de tre Faser for den Maskine, som skal parallelkobles til den første. Paa hvilke som helst Tidspunkter t_1 , t_2 o. s. v. har to og to til hinanden svarende Faser nøjagtig de samme Værdier for begge Maskiner

(forudsat nøjagtig synkron Gang). Parallelkobler man altsaa i et Øjeblik, hvor alle 3 Lamper er mørke, saa vil derefter Faserne i de to Maskiner stadigt forblive i de rigtige indbyrdes Stillinger.

Hvis derimod a, b, c (3) er Faserne i den nye Maskine, ses det let af Figuren, at selvom man finder et enkelt Øjeblik t_1 , hvor Faserne to og to har de samme Værdier, vil de et lille Øjeblik efter (t_2) ikke mere være ens. De to Maskiner vil altsaa ikke kunne arbejde sammen i dette Tilfælde. Rotationsretningen for Faserne maa ombyttes, hvilket sker ved blot at ombytte to af Ledningerne, hvorimod det intetsomhelst har at gøre med Maskinens Omdrejningsretning. Naar først een Gang den rigtige Forbindelse af Traadene er funden ved Hjælp af de 3 Fase lamper, kan man ved senere Parallelkoblinger meget vel nøjes med eet enkelt Par Faselamper mellem to af Faserne.

En enkelt Faselampe er utilstrækkelig ved de hidtil viste Forbindelser, da der i dette Tilfælde ikke vil findes noget Kredsløb for Lampestrømmen.

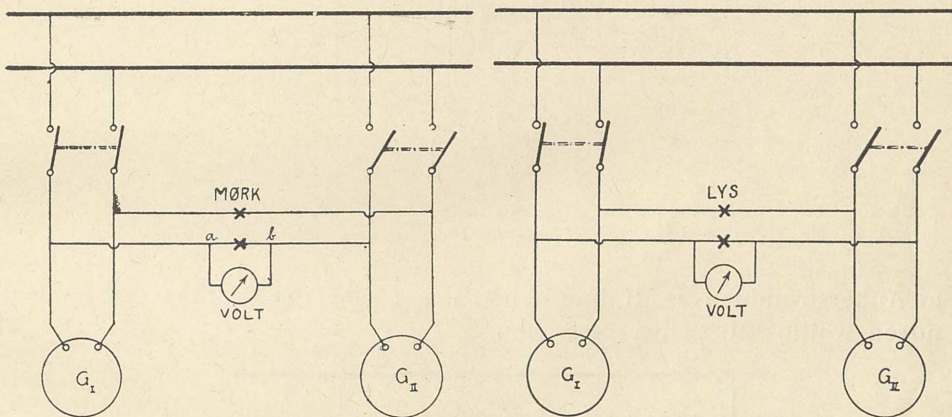


Fig. 14 a.

Fig. 14 b.

Der viser sig nu, som tidligere omtalt, den Ejendommelighed ved alle Vekselstrømsgeneratorerne, at naar to eller flere af dem arbejder parallelt paa samme Net, kan man ikke faa den ene til at levere en større Energi mængde til Nettet blot ved at magnetisere den lidt stærkere, hvilket jo er den Methode, der anvendes ved Jævnstrømsmaskiner.

I dette sidste Tilfælde vil Regulatoren for Jævnstrømsdynamoens Drivkraftmaskine automatisk indstille sig saaledes, at Energitilførselen (Damp, Petroleum, Benzin o.s.v.) forøges, idet Maskinen ved voksende Belastning falder lidt af i Omløbstal.

Vil man forøge eller formindske Belastningen for en Vekselstrøms-generator, der arbejder parallelt med andre, maa man direkte paavirke Regulatoren.

En Forhøjelse eller Formindskelse af Magnetiseringsstrømmen for den ene Maskine vil kun have til Følge, at de andre Maskiner søger at opretholde »status quo« ved at sende en henholdsvis afmagnetiserende eller opmagnetiserende wattløs Strøm hen til den paagældende Maskine.

Vi skal dog ikke her nærmere undersøge, hvorfor dette er Tilfældet, men nøjes med at henvise til I Del, Side 288.

Man finder da den rigtige Magnetisering af en Maskine ved at prøve at regulere lidt op og ned paa Magnetiseringen, indtil man finder,

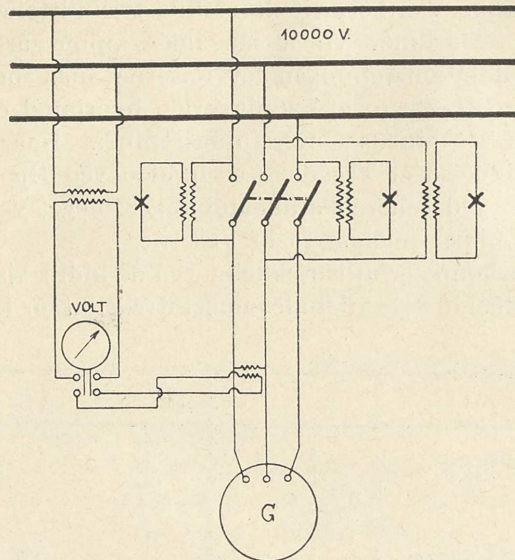


Fig. 15.

at Ankerstrømmen er Minimum, idet den i saa Tilfælde ikke indeholder nogen wattløs Magnetiseringsstrøm.

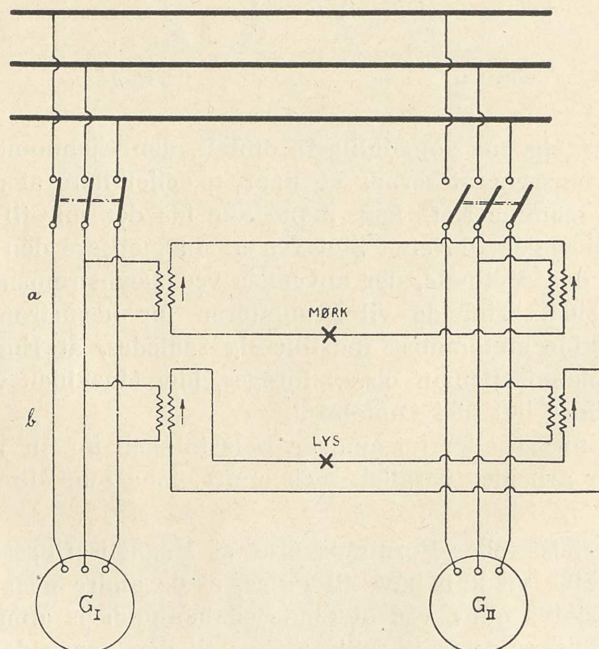


Fig. 16.

Skal Samleskinnespændingen forhøjes lidt, da maa Magnetiseringen efterreguleres for alle Generatorerne.

Paa dette Sted skal for nemmere Orienterings Skyld gentages nogle af de almindeligste Synkroniseringsforbindelser, der allerede har været omtalte under »Elektriske Maalinger« (se I. Del, Side 525—519).

Ved den paa Fig. 14 a viste Synkroniseringsforbindelse finder Parallelkoblingen Sted, naar Lamperne er mørke. Naar Ledningerne krydses, d. v. s. tages fra modsatte Faser (Fig. 14 b), vil Lamperne netop være lyse i det Øjeblik, hvor Spændingsretningen for de to Maskiner er ens.

Medens i første Tilfælde begge Lamperne kan ligge i hver sin Ledning, som vist, vil der iøvrigt her intet være i Vejen for at anbringe dem begge paa eet Sted ved a—b.

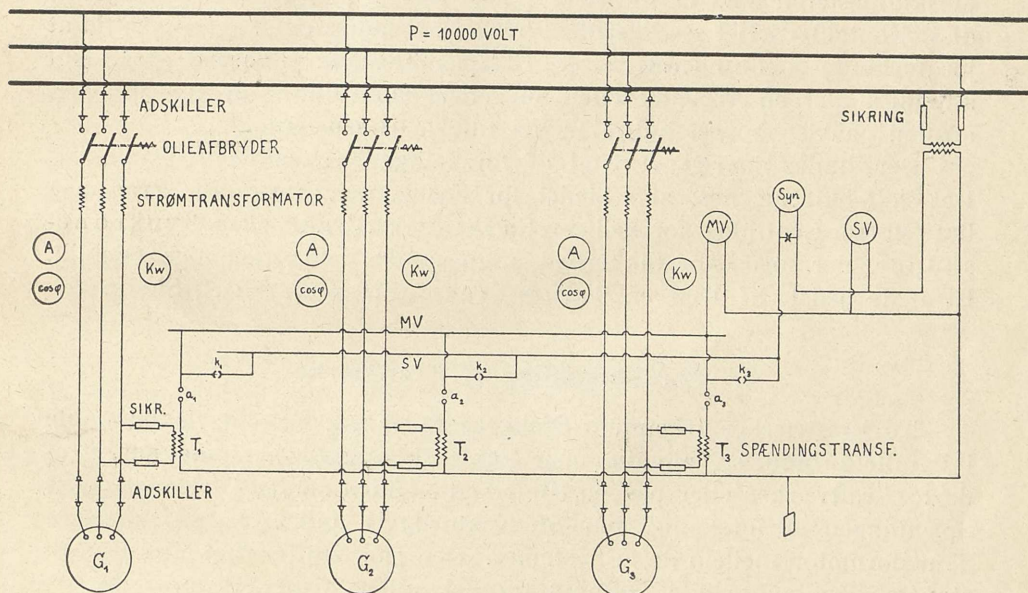


Fig. 17.

Dette kan imidlertid ikke gøres i andet Tilfælde, da der i saa Fald vil ske Kortslutning, naar Afbryderen lægges ind.

Synkroniseringsforbindelserne vist i Fig. 14 a og b gælder for Lavspænding.

Det er sikrere at koble ind paa Lys, da det Moment, hvor Lyset er stærkest, meget lettere iagttages end det Øjeblik, hvor Mørket er sortest. Endvidere vil en falsk Synkronisering ikke kunne finde Sted, hvis der er sket Traadbrud, en Sikring er smeltet eller lignende.

Ved Højspændingsanlæg kan Lamper kun anvendes med Benyttelse af Spændingstransformatorer.

Den ved Højspænding til Fig. 11 svarende Anordning er vist paa Fig. 15.

De til Fig. 14 a og b svarende Forbindelser ved Højspænding er vist paa Fig. 16. Det vil forstaaes, at man meget nøje maa paase, at

Transformatorernes Klemmer forbindes netop paa rette Maade, og at Traadene ikke krydses, da man ellers let kan tage Fejl og tro, at der skal kobles ind paa Mørke, naar man har forbundet til Lys.

Fig. 17 viser det System, der for Ekspl. anvendes paa Københavns Elektricitetsværker.

Samleskinnerne og de enkelte Maskiner har hver sin Spændings-transformator T_s, T_1, T_2, \dots .

Ønsker man at aflæse Spændingen for Maskine G_{II} , sætter man en Stikkontaktprop i ved a_2 . Ønsker man at synkronisere denne Maskine, sættes yderligere en Kontaktstift i ved k_2 .

Hvis G_{II} staar stille, og begge Kontakter sættes i ved a_2 og k_2 , vil der fra T_3 gennem T_2 overføres Spænding til Højspændingsfeltet for G_{II} . Maskinmesteren maa derfor være sig sit Ansvar bevidst med Hensyn til disse Kontakter. Det ses ligeledes, hvor nødvendigt det kan være altid at jordforbinde Ledningerne i et Højspændingsfelt, hvorpaa der skal arbejdes, idet en Arbejder ellers meget let vilde kunne dræbes ved den ad den paaviste meget indirekte Vej tilførte Højspænding.

Der findes iøvrigt et Utal af forskellige Synkroniseringssystemer. Det skal blot nævnes, at i Stedet for Faselamper anvendes gerne paa lidt større Centraler forskellige Faseindikatorer eller Synkronoskop, der med stor Sikkerhed angiver det netop nøjagtige Øjeblik. Et af de bedste af disse er *Westons* Synkronoskop (se I Del, Side 518).

f. Parallelkobling af Kraftværker.

To Kraftværker af samme Frekvens lader sig forholdsvis let koble i Parallelforbindelse, navnlig naar Parallelkoblingen kan ske paa et af de to Kraftværker eller paa en Understation med stadig Tavlevagt. Hvis Spændingen er forskellig, maa der naturligvis anbringes en passende Transformator mellem de to Systemer. Den paa Kraftværket eller Understationen indkommende Ledning fra det andet Kraftværk maa da betragtes, som om den kom fra en af Kraftværkets Generatorer, og maa parallelkobles paa sædvanlig Maade ved Hjælp af Faselamper eller Synkronoskop, idet Synkronismen opnaas ved Regulering af Frekvensen paa et af de to Kraftværker. Efter Parallelkoblingen maa Faseforskydningen efterreguleres ved Regulering af Spændingen paa et af Kraftværkerne, medens Belastningsfordelingen kontrolleres ved Regulering af Omdrejningstallet for Maskinerne paa et af Kraftværkerne. Der kræves til denne Kontrol et $\cos \varphi$ -Instrument og et KW -Instrument.

Der gøres udtrykkeligt opmærksom paa, at ligesom ved Paralleldrif af Generatorer vil en Efterregulering af Magnetiseringen paa det ene Kraftværk kun frembringe større eller mindre Faseforskydninger til den ene eller den anden Side, medens en Regulering af Belastningsfordelingen kun kan opnaas ved Indstilling af Maskinernes Hastighedsregulatorer.

Under Driften vil — naar Efterregulering ikke sker — Fordelingen

af Belastningen ske i Afhængighed af Følsomhedsgraden af Driftsmaskinernes Regulatorer. Belastningen vil indstille sig saaledes, at Faldet i Frekvens er ens for begge Værker. Deraf følger, at den største Maskine (det største af de to Kraftværker) bør have den følsomste Regulator, for at den i Tilfælde af Uheld kan tage den største Part af Belastningen.

Ved disse Forhold spiller den ohmske og den induktive Modstand i Forbindelsesledningerne mellem Kraftværkerne en vis Rolle, navnlig ved store Afstande, men det vil føre for vidt at komme nærmere ind derpaa her.

Ønsker man paa det ene Værk at kunne foretage Spændingsreguleringer uafhængigt af det andet Værk, maa der opstilles en Regulerings-transformator (Autotransformator) eller en Potentialregulator (se I Del, Side 239 og Side 243).

Ved Parallelkobling af to Kraftværker ude paa Nettet bliver Forholdet straks betydelig mere indviklet. Selve Synkroniseringen maa foretages derude med en Olieafbryder paa sædvanlig Maade ved Hjælp af Voltmetre og Synkronoskop. Indreguleringen af Frekvensen til Synkronisme maa ske ved telefonisk Forbindelse til et af Kraftværkerne. Den senere Regulering af Belastningen og Faseforskydningen maa ligeledes ske som Følge af telefoniske Meddelelser til et af Værkerne, idet en Regulering paa Stedet ikke er mulig. Eller der maa anbringes Instrumenter med Ledningsforbindelse til nævnte Kraftværk, saaledes at man dør ved Fjærnaflæsning kan kontrollere $\cos \varphi$ og KW . I første Tilfælde kræves permanent Tavlevagt paa Koblingsstedet, og dette kan derfor af rent praktiske Grunde kun være en Understation eller en til Kraftlednings-systemet tilknyttet speciel Koblingsstation; i begge Tilfælde kræves lange og kostbare Lavspændingsledninger, der endda i Tilfælde af Luftledningsnet helst maa have deres egen Masterække, da det af mange Aarsager vil være uheldigt at føre dem frem paa Højspændingsledningens Master.

Er de to Værker, der skal parallelkobles, af forskelligt Faseantal, bliver Forholdet noget mere kompliceret.

En Overføring af Energi mellem et tofaset og et trefaset System af samme Frekvens kan ske ved Hjælp af en statisk Transformator i *Scott-Kobling* (se I. Del, Side 241).

Derimod kan der ikke fordeles enfaset Energi symmetrisk til et Flerfasenet ved Hjælp af statiske Transformatorer. Der maa nødvendigvis anvendes roterende Omformere i dette Tilfælde.

Ligeledes maa der anvendes roterende Omformere, naar der skal tilvejebringes Forbindelse mellem to Kraftnet af forskellig Frekvens. Der er ved Driften af disse forskellige ret store Vanskeligheder, navnlig naar Kraftudvekslingen skal kunne ske i begge Retninger, idet der i saa Tilfælde maa anvendes en Omformer bestaaende af to synkrone Maskiner, hvorved Omformersættet kommer til at virke som en omtrent fuldstændig stiv Kobling mellem de to Systemer. Omformerens Størrelse maa da af Hensyn hertil ved rolig Drift ikke gærne være mindre end ca. 20

pCt. af det mindste af de to Kraftanlægs samlede Maskinstørrelse, medens den ved meget svingende og urolige Driftsforhold maa vælges paa 40 à 50 pCt. af det mindste af Anlæggene.

Skulde Trollhättans Kraftstation (ca. 80,000 KVA, $\sim = 25$) saaledes sammenkobles med Københavns Net (ca. 20,000 KVA, $\sim = 50$), maatte Omformeren (eller Omformerne) alene under Hensyn til en tilstrækkelig driftsikker Forbindelse have en Størrelse paa ca. 10,000 KVA.

Skal Energioverføringen kun ske i den ene Retning, vil man kunne anvende en asynkron Motor koblet med en synkron Generator og ved passende Valg af Motorens Slip vil man kunne opnaa en tildels elastisk Kobling og væsentlig ringere Maskinstørrelse.

[For at kunne prøve paa i nogen Grad at overse de Forhold, der kan gøre sig gældende ved en saaden Kraftoverføring, vil vi tænke os to Kraftværker I og II, der yder Effekterne A og B og er belastet med

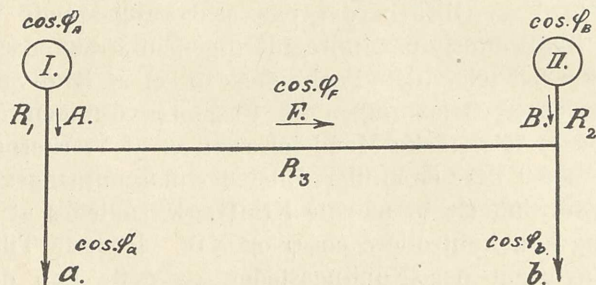


Fig. 18.

Effekterne a og b , idet Belastningernes Faseforskydning er $\cos \varphi_a$ og $\cos \varphi_b$ (Fig. 18).

Frekvensen er den samme paa begge Værker.

Imellem de to Kraftværker overføres i Forbindelsesledningen en Effekt F med en Faseforskydning $\cos \varphi_f$.

Samtlige Effekter maales i KVA. Den omhste Modstand i Maskiner og Ledninger for de to Kraftværker er R_1 og R_2 , i Forbindelsesledningen R_3 . Man har nu, at den samlede Effekt for de to Værker er

$$s = A + B = a + b \text{ (geometrisk),}$$

$$\text{samt } F = A - a \quad (\text{do.}).$$

Forudsat, at Værkerne arbejder lige økonomisk og er tilstrækkeligt store, hvorledes skal man da fordele de to givne Forbrug a og b paa de to Værker og Forbindelsesledningen, saaledes at det samlede Energital (Kobbertab) T bliver Minimum.

Ved en given Spænding er dette Tab (Strømvarmetabet) proportionalt med $R \cdot \text{KVA}^2$, eller $T = k \cdot \Sigma (R \cdot \text{KVA}^2)$. Altsaa

$$T = k (R_1 \cdot A^2 + R_2 \cdot B^2 + R_3 \cdot F^2).$$

Da Strømvarmetabet ikke alene kan findes af J^2 , men ogsaa kan findes ved simpel Addition af Varmetabet af Wattstrømmen for sig og af den wattløse Strøm for sig, idet jo $J^2 = J_w^2 + J_{wl}^2$, indsættes det let, at man kan finde Fordelingen af Belastningen, selv om a og b har forskellig Faseforskydning, naar man fordeler Wattstrømme og wattløse Strømme hver for sig. De efterfølgende Ligninger maa da forstås paa denne Maade, selvom Index ikke udtrykkeligt er anført.

Kun naar Faseforskydningen er ens, kan arithmetisk Addition anvendes. Kraftværkenes samlede Maskineffekt kan selvfølgelig kun findes ved arithmetisk Addition.

Værdierne for B og a , fundne af foranstaaende Ligninger, indsættes i Lign. for J , og idet man erindrer, at a og b er givne konstante Størrelser, findes Minimumsbetingelsen

$$\frac{dT}{dA} = 2A(R_1 + R_2 + R_3) - 2(R_2 \cdot s + R_3 \cdot a) = 0.$$

Heraf faas nu

$$A = \frac{R_2 \cdot s + R_3 \cdot a}{R_1 + R_2 + R_3}, \quad B = \frac{R_1 \cdot s + R_3 \cdot b}{R_1 + R_2 + R_3}, \quad \text{samt } F = \frac{R_2 \cdot B - R_1 \cdot A}{R_3}.$$

Det ses af Ligningernes Form, at man ikke behøver at kende selve de ohmske Modstande, men at det er tilstrækkeligt at kende det indbyrdes Størrelsesforhold mellem Modstandene.

Eksempel 1. I og II er de to Kraftværker, hvis Andele A og B i Belastningsfordelingen skal findes. Givet er

$$a = 18000 \text{ KVA}, \quad \cos \varphi_a = 0,9.$$

$$b = 12000 \text{ KVA}, \quad \cos \varphi_b = 0,7.$$

$$\text{samt } R_1 = 0,05, \quad R_2 = 0,2, \quad R_3 = 0,35. \quad \Sigma R = 0,6.$$

Heraf findes nu

$$a_w = 16200, \quad a_{wl} = 7850$$

$$b_w = 8400, \quad b_{wl} = 8560$$

$$s_w = 24600, \quad s_{wl} = 16410$$

Af de ovenfor udledede Ligninger findes

$$A_w = \frac{0,2 \cdot 24600 + 0,35 \cdot 16200}{0,6} = 17650,$$

$$B_w = \frac{0,05 \cdot 24600 + 0,35 \cdot 8400}{0,6} = 6950,$$

$$F_w = \frac{0,2 \cdot 6950 - 0,05 \cdot 17650}{0,35} = 1450.$$

Analogt hermed findes

$$A_{wl} = 10030, \quad B_{wl} = 6360, \quad F_{wl} = 2200.$$

Heraf findes nu atter paa sædvanlig Maade ved Kvadrering

$$A = 21600, \quad B = 9430, \quad F = 2635,$$

samt

$$\cos \varphi_A = 0,818, \quad \cos \varphi_B = 0,738, \quad \cos \varphi_F = 0,5551.$$

Det kan altsaa under de givne Forudsætninger betale sig at overføre 2635 KVA ved $\cos \varphi = 0,551$ fra Kraftværk I til Kraftværk II. Den samlede Maskineffekt bliver $A + B = 31030$ KVA.

Eksempel 2. Hvis de to Værkers Størrelse (Maskinkraft) saavel som Belastningen er givne, kan der opstaa Spørgsmaal om, hvorledes man skal fordele Wattbelastning og wattløs Strøm mellem de to Værker, navnlig hvis Anlæggenes Driftsøkonomi er i væsentlig Grad forskellig, saaledes at Tabet i Forbindelsesledningen ingen nævneværdig Rolle spiller.

Forholdene ses lettest, idet vi vælger de samme Belastninger i KVA som før

$$a = 18000 \text{ KVA ved } \cos \varphi_a = 0,9,$$

$$b = 12000 \text{ KVA ved } \cos \varphi_b = 0,7.$$

$$A = \text{ca. } 24000 \text{ KVA,}$$

$$B = \text{ca. } 6000 \text{ KVA, idet } \frac{B}{A} = \frac{1}{4}.$$

Man faar nu

$$a_w = 16200, \quad a_{wl} = 7850.$$

$$b_w = 8400, \quad b_{wl} = 8560.$$

$$s_w = 24600, \quad s_{wl} = 16410.$$

$$\frac{A}{A+B} = \frac{4}{5} = 0,8.$$

Hvilken Effekt gaar der nu i Forbindelsesledningen, og ved hvilken Faseforskydning vil denne Effekt blive overført, hvis man indregulerer sine Maskiners Magnetisering paa de to Kraftværker saaledes, at der er samme Faseforskydning begge Steder, altsaa $\cos \varphi_A = \cos \varphi_B$.

Man har

$$A_w = 0,8 \cdot s_w = 19700 \text{ KW,} \quad B_w = \frac{1}{4} \cdot A_w = 4920.$$

$$A_{wl} = 0,8 \cdot s_{wl} = 13120 \text{ KVA,} \quad B_{wl} = \frac{1}{4} \cdot A_{wl} = 3280.$$

$$A = \sqrt{A_w^2 + A_{wl}^2} = 23600 \text{ KVA.} \quad B = \frac{1}{4} A = 5900.$$

$$F_w = A_w - a_w = 3500 \text{ KW,}$$

$$F_{wl} = A_{wl} - a_{wl} = 5270 \text{ KVA.}$$

Heraf findes nu

$$F = \sqrt{F_w^2 + F_{wl}^2} = 6320 \text{ KVA.}$$

$$\cos \varphi_F = \frac{F_w}{F} = 0,55.$$

$$\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \frac{A_w}{A} = \frac{B_w}{B} = 0,826.$$

Det ses heraf, at Faseforskydningen i Forbindelsesledningen i dette Tilfælde er langt slettere end paa Værkerne. Den samlede Maskineffekt bliver $A + B = 29500$ KVA.

Eksempel 3. Lad os antage, at Kraftværk I arbejder betydelig mere økonomisk end Kraftværk II, og at man derfor ønsker, at Værk I skal præstere hele Wattstrømmen, medens Værk II kun skal præstere wattløs Effekt. Man faar da med samme Forbrug som før

$$\begin{aligned}
 B_w &= 0, & B_{wl} &= 6000 \text{ KVA}, & \cos \varphi_B &= 0. \\
 F_w &= A_w - a_w, & F_{wl} &= A_{wl} - a_{wl}. \\
 A_w &= 24600, & A_{wl} &= 10410, & A &= 26600, & \cos \varphi_A &= 0,93. \\
 F_w &= 2560, & F &= 8810, & \cos \varphi_F &= 0,95.
 \end{aligned}$$

Forbindelsesledningen er væsentlig stærkere belastet end før til Trods for den bedre Faseforskydning. Den samlede Maskineffekt bliver $A + B = 32600$ KVA, altsaa større end før.

Eksempel 4. Det antages, at Kraftværk II kun leverer Wattstrøm, saaledes at nu al wattløs Effekt skal tilføres fra Kraftværk I.

Man har da

$$\begin{aligned}
 B_{wl} &= 0, & B_w &= 6000 \text{ KW}. \\
 F_w &= 2400, & F_{wl} &= 8560. \\
 F &= 8990, & \cos \varphi_F &= 0,27.
 \end{aligned}$$

De i Eksemplerne 3 og 4 anførte extreme Tilfælde vil næppe forekomme i Praksis, men de bidrager dog sammen med de tidligere anførte Tilfælde til klart at vise Betydningen af nogle af de karakteristiske Forhold, der kan gøre sig gældende ved Fordeling af wattløs Effekt mellem to eller flere parallelt arbejdende Kraftværker. Ved Afslutning af Kontrakter om gensidig Strømlevering spiller disse Forhold en ikke ubetydelig Rolle m. H. t. Anlæggenes samlede Økonomi, og der bør derfor altid i Kontrakter træffes fornøden Afgørelse om, ikke alene hvorledes der skal maales og betales for Udveksling af Wattstrøm, men ogsaa for Maaling og Betaling af den overførte wattløse Effekt.]

g. Belastningsprøver.

Ved en Belastningsprøve paa en elektrisk Centralstation drejer det sig oftest om at bestemme Forholdet mellem det af Dynamoen i en vis Tid producerede Antal KWT og den i samme Tid forbrugte Olie eller Dampmængde, altsaa at bestemme det samlede Maskinaggregats Virkningsgrad.

Olieforbruget for en Dieselmotor bestemmes simpelthen ved Vejning af den tilførte Brændsels-Olie under passende Hensyn til Forbruget af Smøreolie. Dampforbruget bestemmes ved Vejning af Kondensatet.

Elektricitetsproduktionen bestemmes simplest ved Hjælp af justerede Maalere med eventuelt tilhørende ligeledes justerede Maaletransformatorer.

Saafernt det er muligt, afgives den producerede Energi til Nettet, men i mange Tilfælde, for Ekspl. hvor Maskinen er større end det i Øjeblikket tilstedeværende Forbrug, bliver det nødvendigt at opstille særlige Belastningsmodstande, der helt eller delvist kan optage den elektriske Energi.

Man vil da ofte anvende Vandmodstande. Fig. 19 viser en saadan Vandmodstand, der er benyttet ved Prøve af en 10,000 Volt 3-faset Maskine paa 500 KW.

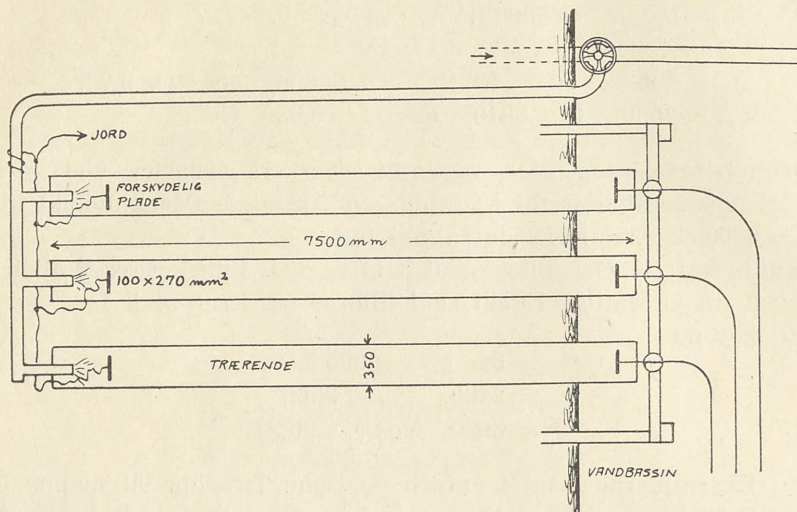


Fig. 19 a.

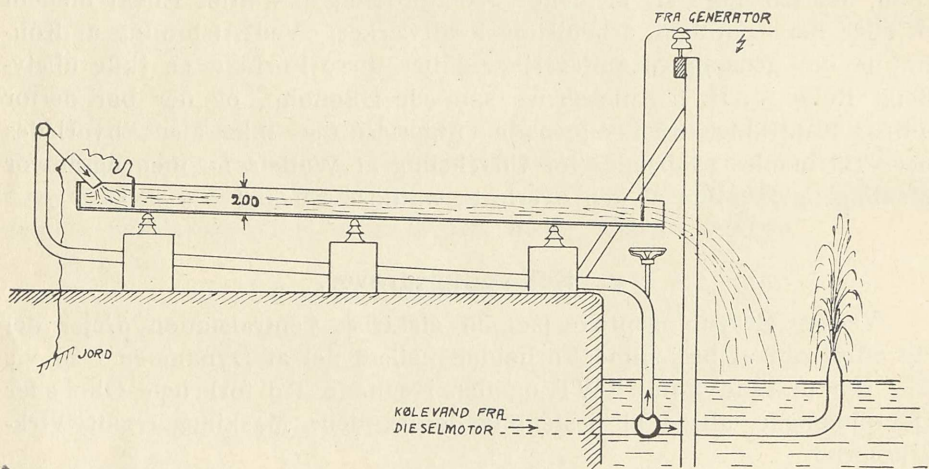


Fig. 19 b.

Til Hjælp ved Dimensionering af Modstanden kan iflg. Deutsche Kal. für Elektr. 1917 Side 246 benyttes følgende Tabeller.

For hver 1000 KW skal af rindende Vand anvendes	
Liter pr. Sek.	Temperaturstign. af Vandet
24,0	10° C.
8,0	30° -
4,8	50° -
3,4	70° -
2,7	90° -

Vandets Temp.	Modst. i 1 mm ² og 1 m	Mindste tilraadelige Elektrode pr. 1 Amp.
30° C.	38 Megohm	2 cm ²
50° -	28,5 —	3,7 -
78° -	23 —	6,3 -
85° -	20 —	10 -

Ved Vekselstrømsmaskiner, der skal prøves ved en vis Faseforskydning, for Ekspl. $\cos \varphi = 0,8$, man maa beregne Wattstrømmen, der indreguleres ved passende Ændring af Vandbelastningsmodstanden (større eller mindre Neddypning af Elektroderne, større eller mindre Afstand mellem Elektroderne o. s. v.), medens den beregnede wattløse Strøm maa skaffes tilveje paa anden Maade, for Ekspl. ved Paralleldriften med en undermagnetiseret Synkronmotor.

Temperaturen paa Maskinens enkelte Dele efter en foretagen Belastningsprøve, indtil al Temperaturstigning er ophørt, maales med Thermometer eller ved Modstandsmaaling efter derom fast vedtagne Regler, der ligeledes indeholder Bestemmelser for de i hvert enkelt Tilfælde tilladte Overtemperaturer.

3. Elektriske Hjælpemaskiner paa Centralen.

Indledning.

Foruden Motorer til sædvanlig Brug, saasom til de mekaniske Fyrapparater ved Dampkedelanlæg, til Drift af forskellige Pumper, Elevatorer o. s. v. anvendes der paa elektriske Kraftstationer en Del Maskiner (og Transformatorer) af ganske speciel Art eller til ganske specielt Brug.

Blandt disse maa først og fremmest nævnes Lade-, Udlignings- og Puffermaskiner til Brug i Forbindelse med Akkumulatorbatterier, samt Spændingsforhøjere (Boostere) for saavel Jævnstrøms- som Vekselstrømsanlæg, samt Celleskifttere i Forbindelse med Akkumulatorbatterier.

a. Lademaskiner [*battery charger — Zusatzmaschine*]

anvendes, naar Dynamoer ikke er indrettet til at give tilstrækkelig høj Spænding for Opladning af Batteriet. Den bestaar af en Motor og en Dynamo. Denne sidstes Anker er koblet imellem Samleskinne og Batteri. Idet Strømmen passerer Ankeret, faar den en vis forøget Spænding svarende til den Magnetisering, man giver Ladedynamoens Polsystem. Ladedynamoens Ankerkobber og Kommutator skal derfor være i Stand til at taale den fulde Ladestrøm. I det allerførste Øjeblik af Ladetiden maa Tillægsspændingen i Ankeret være lig Nul. Senere skal Tillægsspændingen vokse, som vi tidligere har set (I. Del, Side 163) til ca. 50 pCt. over den normale Samleskinnespænding P . Maskinens Magnetsystem maa derfor være beregnet for den dertil svarende magnetiske Kraftliniestrøm. I Slutningen af Ladeperioden nedsættes gerne Ladestyrken

til ca. en Trediedel eller Halvdelen af normal tilladelig Ladestrøm J_B saaledes, at Lademaskinens Effekt kan anslaaes til

$$J_B \times \left(\frac{1}{3} \text{ à } \frac{1}{2} \right) \times P \times \frac{50}{100} \times \frac{1}{1000} = \frac{PJ_B}{1000} \times (0,15 \text{ à } 0,25) \text{ KW.}$$

Eksempelvis skal anføres, at for et 550 Volts Pufferbatteri paa 270 Elementer, 440 Amp. i 1 Time, hvor Ladestrømmen er ca. 180 Amp., vil Lademaskinens Størrelse blive paa 16 à 25 KW afgiven Ladeeffekt.

Motoren optager da ved 20 KW afgiven Effekt $\frac{\text{KW}}{\eta_M \cdot \eta_D} = \frac{20}{0,91 \cdot 0,91} = 24 \text{ KW.}$

Motorens Hestekraft er $\frac{20}{0,91} \cdot \frac{1}{0,736} = 30.$

Skal Lademaskinen kunne oplade hver Side for sig af Batteriet i et Trelederanlæg, maa den bestaa af 2 Ladedynamoer, hver af halv Størrelse, samt en fælles Motor, der da gerne indkobles mellem Yderlederne. De to Lademaskiner bygges for stor Strømstyrke og forholdsvis lav Spænding, hvorfor de faar store Kommutatorer i Sammenligning med Motoren, der jo bygges for fuld Yderlederspænding og mindre Strømstyrke.

Naar Motoren erstattes med 2 Motorer, der hver arbejder paa sin Halvdel af Nettet, vil Aggregatet, der saaledes bestaar af 4 Maskiner, ogsaa kunne benyttes som Udligningsmaskine.

b. Udligningsmaskiner [balancer, equalizer—Ausgleichmaschine]

benyttes til at fordele et uligestort Forbrug paa de to Nethalvdele af et Trelederanlæg, saaledes at Samleskinnerne saa vidt muligt faar lige stor Belastning.

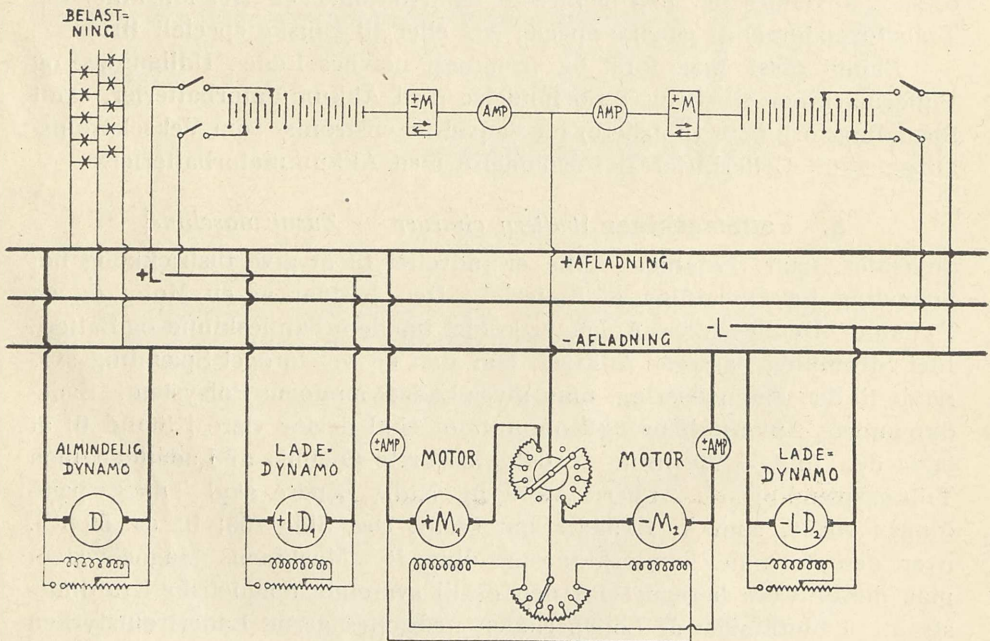


Fig. 20 a.

I sin simpleste Form bestaar en Udligningsmaskine af to Shuntmotorer paa fælles Aksel, hver arbejdende fra sin Side af Nettet, men deres Magnetbeviklinger er krydsforbundne. Se Fig. 20 a, hvor Maskinerne $+LD_1$ og $-LD_2$ foreløbigt kan tænkes udeladte, idet Udligningsmaskinen bestaar af de to Maskiner $+M_1$ og $-M_2$.

De to Igangsætningsmodstande kan have fælles Haandgreb og iøvrigt være sammenbyggede, saaledes som vist. Der kan være fælles Magnetreguleringsmodstand, der ved lige store Belastninger paa de to Net-sider indstilles saaledes, at Motorerne tager lige megen Strøm fra Nettet til deres eget Tomgangsforbrug.

Hvis nu for Ekspl. den negative Side af Nettet faar et større Forbrug end den positive Side, vil Spændingen mellem 0 og $-$ Samleskinne falde noget. Maskinen $+M_1$, hvis Magnetiseringsvikling jo er tilsluttet til den negative Skinne, vil altsaa faa mindre Magnetisering og vil derfor optage Strøm fra $+$ Skinnen, samtidigt med at den vil søge at gaa op i Hastighed. Maskinen $-M_2$, der saaledes faar større Fart, vil derved faa forøget Spænding og vil da afgive Strøm til $-$ Skinnen.

Udligningsmaskinen vil saaledes automatisk tage Strøm fra den mindre belastede Side af Nettet og afgive Strøm til den belastede Side. Virkningen kan forøges eller svækkes vilkaarligt ved Efterregulering paa Magnetmodstanden.

Udligningsaggregatets to Maskiner kan benyttes som Motorer for et Ladeaggregat, idet der da paa samme Aksel tilkobles de to Ladedynamoer $+LD_1$ og $-LD_2$ (Fig 20 b). Naar Maskineriet kun benyttes til Udligning, løber de to Ladedynamoer tomt med, uden Magnetisering.

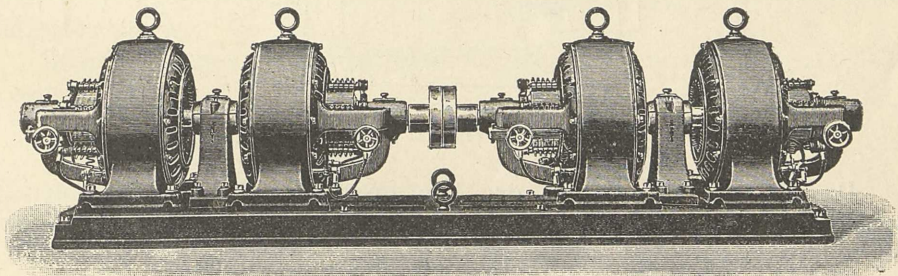


Fig. 20 b.

Udligningsmaskinerne benyttes gerne i Forbindelse med et Akkumulatorbatteri. Mindre Skævheder tages af Batteriet og rettes her ved Opladningen eller ved at lade Udligningsmaskinen løbe i kortere Tid. Større Skævheder, der vedvarer i længere Tid, maa tages med Udligningsmaskinen.

Ved Anlæg, hvor der findes Dynamoer til halv Spænding, eller hvor en eller flere af Dynamoerne er bygget med Udligning for Øje, behøves en speciel Udligningsmaskine naturligvis ikke.

c. Dynamoer med Indretning til Udligning

anvendes undertiden, for at man derved kan spare Udligningsmaskinen.

Det almindeligst anvendte System (Fig. 21) bestaar i, at Dynamoen, der er bygget til fuld Yderlederspænding, forsynes med 3 Kontaktringe, hvorfra der kan aftages trefaset Vekselstrøm (se I Del, Side 272).

Denne Strøm føres til de tre Beviklinger paa en trefaset Induktionsspole, hvorefter de forenes i et Nulpunkt, der da ikke alene bliver et Nulpunkt for Trefasestrømmen, men ogsaa for Jævnstrømmen i Maskinen. Dette Nulpunkt kan forbindes til Nul-Samleskinnen, og Maskinen kan derved ved nogle faa Volts Skævhed paa Samleskinnerne producere indtil 10 pCt skæv Belastning mellem Yderpolerne, idet Differensen passerer gennem Induktionsspolen og Nulpunktet.

Dette Udligningssystem benyttes væsentligst ved mindre Anlæg.

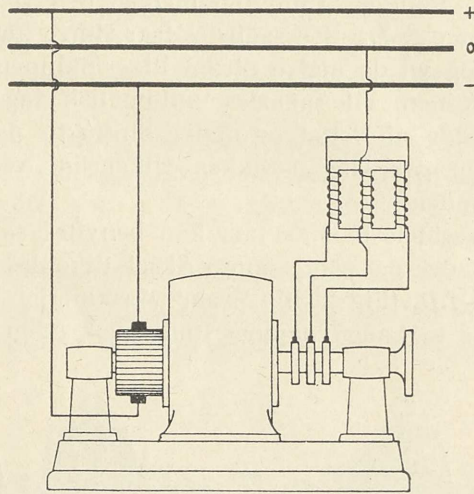


Fig. 21.

Da det har vist sig, at der kan opstaa skadelig Jævnstrømsmagnetisering i denne Induktionsspoles Jærn, kan man til Undgaaelse heraf

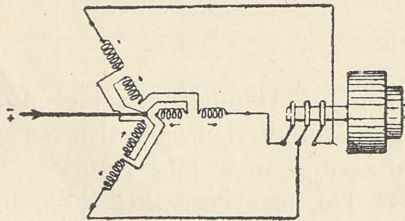


Fig. 22 a.

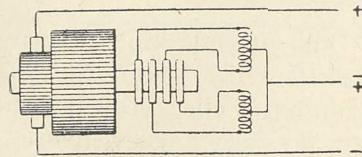


Fig. 22 b.

anvende en Induktionsspole i Zig-Zagforbindelse (Fig. 22 a) eller et tofaset System med 4 Kontaktringe (Fig. 22 b), hvorved denne Ulempe for-

svinder. Disse Anordninger finder navnlig Anvendelse ved lidt større Maskiner.

Ved Kaskadeomformere og Etankeromformere, hvor et saadant Nulpunkt i Forvejen forefindes, anvendes denne Udligning ofte (se I Del, Side 343).

d. Automatisk Spændingsregulering paa Centralen.

Ved Jævnstrømsanlæg vil der som oftest ikke være større Vanskelighed ved at holde en nogenlunde jævn Centralspænding, idet det parallelt til Dynamoerne indkoblede Batteri altid vil virke beroligende paa Spændingen. Endelig har man i en passende Kompounding af Dynamoerne et udmærket Middel til at opnaa en automatisk Spændingsregulering.

Ved Vekselstrømsanlæg savnes Batteriet, og en simpel Kompounding af Generatorerne er ikke mulig, idet Belastningsstrømmen, der jo er en Vekselstrøm, ikke kan benyttes til Magnetiseringen af Polhjulets Poler.

Endvidere virker Belastningsstrømmen svagere eller stærkere afmagnetiserende, eftersom den væsentligst bestaar af Wattstrøm eller wattløs Strøm.

Ved Jævnstrømsdynamoer og ved normale Vekselstrømsgeneratorer ved $\cos \varphi = 1$ er Spændingsfaldet uden at der sker nogen Efterregulering fra Tomgang til fuld Belastning ca. 7—10 pCt., ved et induktivt $\cos \varphi = 0,80$ er Spændingsfaldet 25—30 pCt.

Turbogeneratorer har henholdsvis ca. 10 og 35 pCt. Spændingsfald.

Det kan derfor ved Vekselstrømscentraler ofte være nødvendigt, at Spændingen paa Centralens Samleskinner maa holdes konstant ved kunstige Midler, idet man anvender forskellige Typer af automatiske Spændingsregulatorer.

Blandt de mest kendte af disse kunstigt virkende Regulatorer kan nævnes følgende.

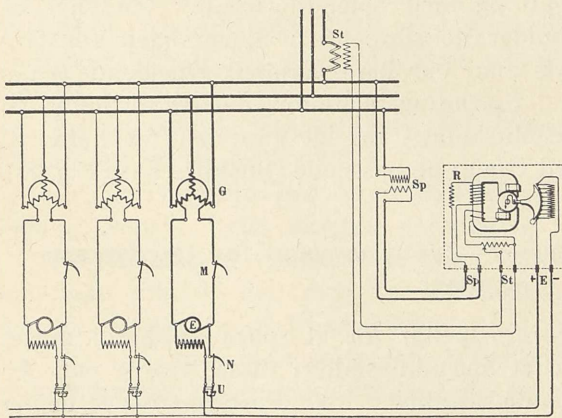


Fig. 23.

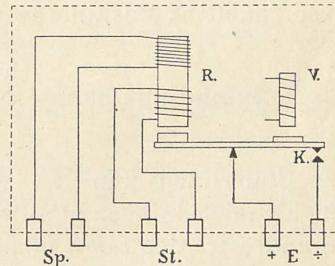


Fig. 24.

Brown-Boveri's Hurtigregulator (Fig. 23) er indrettet efter *Ferraris* Princip (se I Del, Side 393—394), idet en Strøm- og en Spændingsspole faar

en Skive til at dreje sig. Ved Drejningen bringes et buetformet Kontaktstykke til at kortslutte en større eller mindre Del af Magnetiseringsmaskinens Magnetreguleringsmodstand. Apparatet kan i en lidt ændret Udførelse bruges ved Jævnstrømsanlæg.

Tirrill-Regulatoren, der er meget skematisk angivet paa Fig. 24, har en bevægelig Fjeder, der paavirket af en Elektromagnet slutter og bryder en Kontakt nogle hundrede Gange i Minuttet. Ved Hjælp af denne Kontakt kortsluttes hver Gang en Del af Modstanden i Magnetregulatoren for Magnetiseringsmaskinen.

Jo længere den Tid, hvori Kontakten er sluttet, er i Forhold til den Tid, hvor den er aabnet, des større bliver Gennemsnitsværdien af Magnetiseringsstrømmen for Maskinen. Fjederens Svingninger paavirkes af en Elektromagnet *R* med en Strømspole (Strømtransformator) og af en Spændingsspole (Spændingstransformator) paa en saadan Maade, at den ønskede Svingning af Kontaktfjedren opnaas.

Hurtigregulatorer med Vibrationsmagnet og Kortslutningskontakt findes iøvrigt i forskellige Udførelser (*AE*G — *SS* — o. s. v.).

En tredje meget benyttet Hurtigregulator er konstrueret af *Thury* (Ateliers *H. Guénod*, Genf), der gennem en stadigt arbejdende lille Hjælpemotor kan bringes til at dreje Armen paa selve Magnetreguleringsmodstanden frem og tilbage.

Bevægelsen kan paavirkes saavel af en Strøm- som af en Spændingsspole, og der er draget Omsorg for, at Virkningen i første Øjeblik er noget forstærket, saaledes at den forsinkende Virkning af Selvinduktionen i Magnetspolerne paa passende Maade modvirkes. Der findes ved denne Regulator ingen strømførende Kontakter, der kan komme i Uorden under Driften. Paa Fig. 230 i I Del, Side 244, ses en *Thury*regulator i Forbindelse med en Reguleringstransformator.

Samtlige omtalte Spændingsregulatorer virker komponderende, naar de forsynes baade med Strøm- og med Spændingsspole. Forsynes de kun med Spændingsspole, holder de simpelthen Spændingen konstant indenfor ca. ± 1 à 2 pCt. Hvis man har flere parallelt arbejdende Generatorer, kan man nøjes med 1 Spændingsregulator, der da forbindes til den største af de arbejdende Maskiner. Iøvrigt kan den forbindes til hver enkelt af Maskinerne ved Hjælp af passende Omskifttere (se Fig. 23).

e. Spændingsforhøjer [*booster—Zusatzmaschine*] for Jævnstrømsanlæg.

Undertiden kan det være ønskeligt for at spare Kobber i meget lange Fødeledninger at tillade et Spændingsfald i disse, større end for de andre fra Centralen udgaaende Ledninger. Skal Forbrugerne desuagtet have uforandret konstant Spænding, maa denne Ledning derfor paa Centralen fødes med Strøm af en Spænding, der er højere end Samleskinnernes, svarende til det højere Spændingsfald.

Paa Fig. 25 er $\pm x$ en Fødeledning tilsluttet Hovedsamleskinnerne

$\pm S$. Fødeledning $+y$ er om Dagen og Natten under lille Forbrug tilsluttet $+S$. Om Aftenen, naar den store Belastning begynder, igangsættes Tillægsmaskinen, der bestaar af en Motor og en Dynamo, der er bygget omtrent som en Ladedynamo. Denne er tilsluttet mellem $+S$ og en Reserveskinne $+R$. Ledningen $+y$ tilsluttes gennem en Omskifter uden Afbrydelse til $+R$. Strømmen gaar da fra $+S$ gennem Dynamoen til $+R$ og derfra ud gennem $+y$. (Strømmen maa ikke sendes gennem den stillestaaende Maskine, da denne ellers vil blive utilladelig opvarmet paa enkelte Steder af Viklingen og Kommutatoren og derved kan ødelægges).

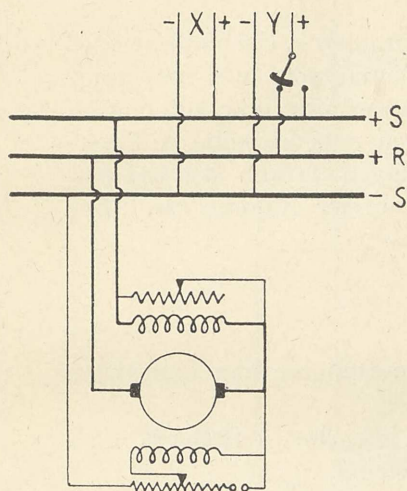


Fig. 25. Skema for Spændingsforhøjerens Dynamo (Motoren er ikke tegnet).

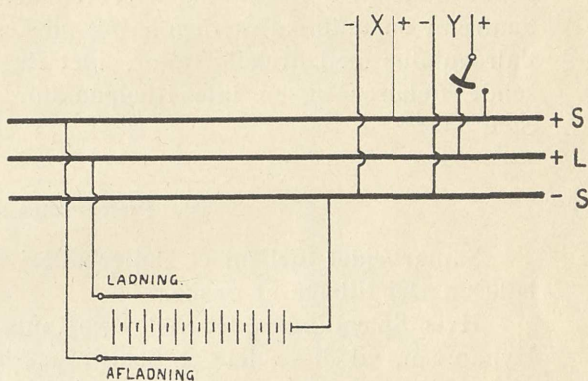


Fig. 26.

Maskinens Seriebeviklinger vil nu give en vis Tillægsspænding svarende til Strømstyrken. Kompoundingen kan ved Hjælp af en regulerbar Modstand i Parallelforbindelse med Kompounden indstilles saaledes, at Spændingsforhøjelsen paa Reserveskinnen netop svarer til Spændingsfaldet i Ledningen.

Endelig kan Spændingsforhøjelsen vilkaarligt reguleres paa almindelig Maade ved en Shuntbevikling.

Ved et Trelederanlæg driver Motoren 2 Tillægsmaskiner, en for hver Side af Nettet. Dette foregaar automatisk.

Er det kun en mindre Belastning, der kræver Spændingsforhøjelse, kan man tilkoble den paagældende Ledning til Batteriets Ladeskinne, der da benyttes som Reserveskinne (Fig. 26). Idet man omkobler fra $+S$ til $+L$, maa man sørge for, at Celleskifterens Lade- og Afladebørste staar nøjagtigt paa samme Kontakt, da man ellers vil kortslutte de mellemiggende Celler. Efter Omskiftningen kan man med Ladebørsten vilkaarligt forhøje Spændingen paa Ladeskinnen. Dette er ikke automatisk.

Cellerne bliver herved uens afladede, hvilket navnligt er skadeligt,

hvis Belastningen paa Ladeskinnen er stor i Sammenligning med Afladningen.

f. Spændingsforhøjelse for Vekselstrømsledninger.

Til Opnaaelse af særlig Spændingsregulering paa enkelte af de fra et Kraftværk udgaaende Fødeledninger kan man ved Vekselstrøm vanskeligt anvende roterende Spændingsforhøjere, idet disse jo skal gaa absolut synkront med Hovedgeneratorerne, og endvidere bliver Virkningsgraden daarligere end ved Anvendelsen af Autotransformatorer eller Potentialregulatorer.

Paa Fig. 225 i I Del er vist en Autotransformator i Forbindelse med en Celleskifter med den sædvanlige todelte Kontaktarm med mellemliggende Modstand. Reguleringen er ved denne Anordning ikke automatisk. Saafremt en automatisk Regulering ønskes, maa man anvende en Potentialregulator med drejelig Rotor, idet Reguleringen da kan ske ved passende Relaiser og en lille Hjælpemotor, der drejer Rotoren (se I Del, Side 244).

g. Puffermaskiner.

Samarbejdet mellem et Pufferbatteri og en Dynamo kan undertiden lade en Del tilbage at ønske.

Hvis Spændingsfaldet ved Belastning er lige stort i Batteriet og i Dynamoen, vil disse dele et Belastningsstød ligeligt.

Saaledes omtrent er Forholdet ved damp- eller dieseldrevne Dynamoer, idet Dynamoens eget Spændingsfald forøges ved, at Drivkraftmaskinen ved Belastningsstødet taber lidt i Hastighed.

Ved Omformere er Hastighedsfaldet betydeligt mindre; ved synkrone Omformere er der slet intet Hastighedsfald, idet Periodetallet maa forudsættes absolut konstant. Spændingstabet for selve den hurtigtgaaende Omformer er heller ikke saa stort som for den langsomt gaaende Dynamomaskine. Resultatet bliver, at Omformerens Dynamo optager langt den største Del af Stødet, medens Batteriet kun tager meget lidt. Dette kan virke uheldigt for Ekspl. paa Steder, hvor Omformeren fødes fra et Højspændingsnet, der samtidigt har Lysforsyning. Den pludseligt forøgede Omformerbelastning bevirker et pludseligt Spændingsfald paa Højspændingsledningen, hvilket gennem Transformatorer forplanter sig til Lyset, som derved kommer til at virke uroligt og blinkende.

For at faa Batteriet til at arbejde med, anbringes i Serie med Batteriet en stærkt komponderet Seriedynamo, drevet af en Motor. Puffervirkningen kan nu opnaas mere eller mindre godt paa forskellig Maade, og der findes efterhaanden en Del forskellige Puffermaskiner, hvor der anvendes en særlig komponderet Magnetiseringsmaskine (System *Pirani*), eller der anvendes Hurtigregulatorer af en eller anden Art.

[Her skal kun beskrives en enkelt af de benyttede Typer, der ud-

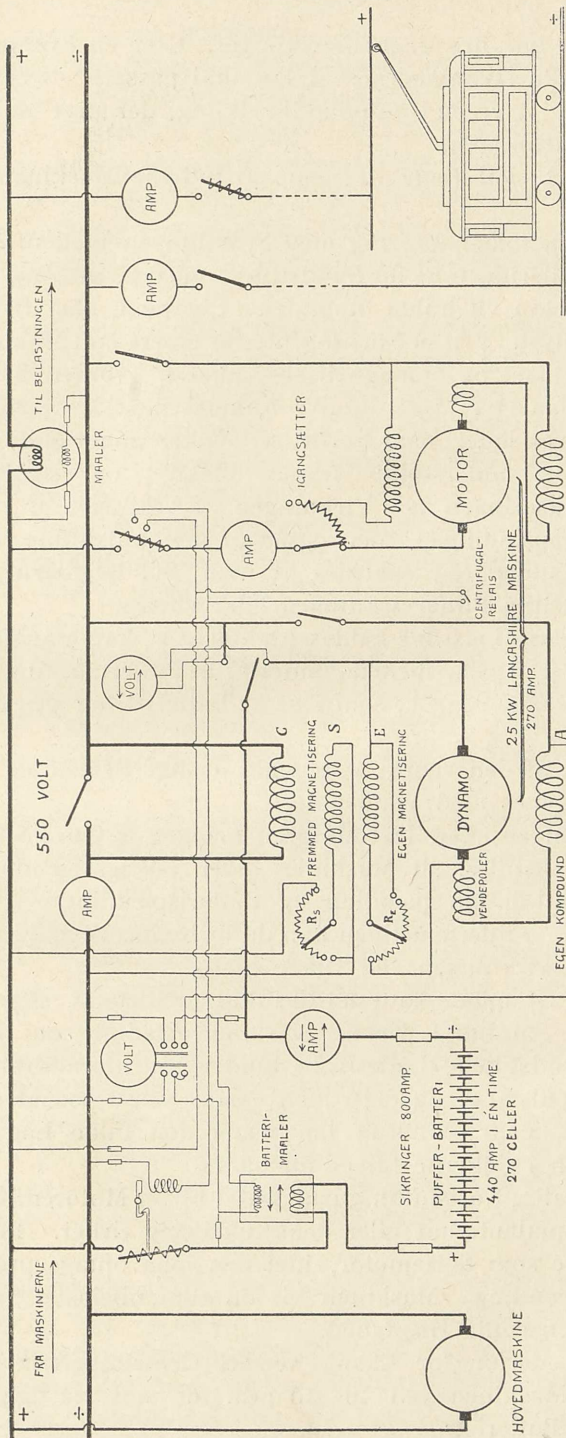


Fig. 27.

mærker sig ved sin store Simpelhed, nemlig den saakaldte Lancashire-maskine (Fig. 27).

Dynamoen har fire Magnetbeviklinger. *C* er en Kompoundbevikling, hvorigennem alle Dynamoernes Strøm skal passere. *S* er en almindelig Shuntbevikling. *A* er en Kompoundbevikling, der fører Maskinens Ankerstrøm (Batteristrømmen).

Viklingen *A* skal tjene til netop at udligne Maskinens eget Spændingsfald.

E giver Egenmagnetisering med Spændingen mellem Ankerets Poler.

Magnetreguleringen R_s for *S* indstilles saaledes, at *S* og *C* ved Middelbelastningen netop vil holde hinanden i Ligevægt, idet disse to Viklinger er viklede modsat. Ved et Forbrug, der er større end Middelbelastningen, vil *C* faa Overtaget og opmagnetisere Ankeret, hvorved Batteriet aflades, medens *S* vil faa Overtaget og give Ankeret modsat Spænding, saaledes at Batteriet bliver ladet, naar Forbruget synker under Middelbelastningen. Denne Virkning understøttes meget effektivt og ganske automatisk af Egenmagnetiseringen *E*. Virkningen af Viklingen *E* afhænger ikke alene af Ankerspændingen, men ogsaa af den Indstilling, man giver Reguleringsmodstanden R_E , saaledes at man ved Reguleringsmodstandens Hjælp kan indstille Puffervirkningen efter Ønske.

Hvis et Belastningsstød kaldes for 100 pCt., kan man opnaa, at Generatorerne leverer 5 pCt., medens Batteriet af Puffermaskinen tvinges til at afgive de resterende 95 pCt., saafremt da Batteriet har den dertil fornødne Størrelse.

Paa Grund af den stærkt svingende urolige Belastning bør Maskinen naturligvis forsynes med Vendepoler.

Igangsætningen sker, idet Motoren bringes op paa normal Hastighed, hvorefter R_s indstilles, til Maskinen giver Tillægsspændingen 0. Samtidigt maa Samleskinnespænding og Batterispænding (+ Pufferdynamo) være lige store. Puffermaskinen kan da forbindes til Skinnerne. Herefter indstilles Puffervirkningen ved Hjælp af R_E .

Hvis man vil oplade Batteriet til fuld Ladetilstand, efterregulerer man blot paa R_s . Samtidigt virker Maskinen stadig som Puffermaskine. Den saaledes indstillede Ladestrøm holder sig uforandret uafhængig af Batteriets Ladetilstand, og man maa derfor passe paa at regulere Ladestrømmen ned, naar Batteriet har naaet den fulde Ladespænding, og Luftudviklingen i Cellerne bliver for stærk.

Ved en kraftig Kortslutning paa Nettet bliver Motoren let overbelastet, og dens Maksimalautomat eller dens Sikringer virker. Pufferdynamoen løber nu videre som Seriemotor, idet den maa optage praktisk talt den fulde Batterispænding. Maskinen vil da som ubelastet Seriemotor løbe op paa en faretruende Hastighed.

Man maa derfor for Ekspl. ved et Centrifugalrelais paa Akselen sørge for, at Maskinen ved 10—15 pCt. for stor Hastighed automatisk kobles løs fra Batteriet.

Endelig kan man forsyne Motoren med en Maksimalafbryder, der,

idet den falder ud ved Overbelastning (ikke naar den tages ud med Haanden) slutter en Strøm til en Relaispole for Batteriets positive Hovedafbryder, som derved udkobles.

Ved den saakaldte Pirani-Puffermaskine findes Viklingerne *A* og *E* ikke. For at Virkningen af Viklingerne *C* og *S* skal blive tilstrækkelig kraftig, er disse to Viklinger i Almindelighed anbragt paa en særlig lille direkte koblet Magnetiseringsmaskine, hvis Ankerstrøm føder Magnetbeviklingen paa den egentlige Puffer-Seriemaskine.

Dette har imidlertid den uheldige Virkning derved, at to Systemer af Jern skal opmagnetiseres, at Puffingen ved pludselige Strømstød kommer for sent.

Ved meget store Strømstyrker benyttes ikke den fulde Samleskinne-strøm til Kompounding af Puffermaskinen, men kun en shuntet Del deraf. Derved er imidlertid den Fejl, at ved pludselige Strømstød deles Strømmen ikke saaledes som ventet, idet der gaar for lidt ind igennem Kompouden paa Grund af dennes induktive Modstand. En saadan Anordning er derfor ikke at anbefale.]

Pufferanlæg, hvor Puffervirkningen opnaas ved Hjælp af et Akkumulatorbatteri eventuelt forstærket ved Anvendelsen af en Puffermaskine, egner sig kun for større Forhold for Ekspl. paa Elektricitetsværker eller paa temmelig store Fabrikker.

Ved mindre Motorinstallationer, hvor en Dæmpning af stærke Belastningsstød vil være ønskelig, bliver et saadant Pufferbatterianlæg for kostbart, og ved Vekselstrømsanlæg kan Batterier ikke let anvendes, medmindre man vil opstille en Omformer mellem Batteriet og Vekselstrømsanlægget.

Ikke sjældent hænder det, at en Smedepresse, en Jernsaks, en Lokkemaskine, eller en større Kran skal tilsluttes i en Yderkant af et elektrisk Ledningsnet, hvortil ogsaa er tilsluttet Lys. Disse Maskiner kan ikke altid fordres standsede i Belysningstiden, og de vil da under deres Arbejde kunne virke yderst generende paa Lyset paa Grund af det stærke Spændingsfald, der vil opstaa i Ledningerne ved de pludselige stødvide Belastninger.

Man kan da ofte med Fordel anvende kraftige Svinghjul paa Motorakslen ved de Maskiner, der løber kontinuerligt.

Motoren bør have en stærkt faldende Hastighedskurve for voksende Belastning, idet den ved Belastningsstød mister noget af sin Hastighed og derved overlader til Svinghjulet at afgive en Del af dettes Energi, der jo er proportional med Svinghjulets Vægt og med Hastigheden i 2den Potens.

Vekselstrømsmotorer af den sædvanlige Type (Induktionsmotorer) har kun et meget ringe Slip og egner sig derfor ikke uden videre til at anvendes sammen med Svinghjul, hvorfor man bør anvende en trefaset Vekselstrøms-Kommutatormotor med dertil egnet Hastighedskarakteristik.

En almindelig Induktionsmotor vil ogsaa nok kunne anvendes i Forbindelse med Svinghjul, naar en Del af Igangsætningsmodstanden



forbliver indskudt i Rotorkredsløbet. Ved et Strømskud stiger Spændingsfaldet i den indskudte Del af Rotormodstanden, og Maskinen vil gaa langsommere. Virkningen vil forøges ved, at et Relais, der enten paa-virkes af Rotorstrømmen eller af en almindelig Svingregulator, indskyder

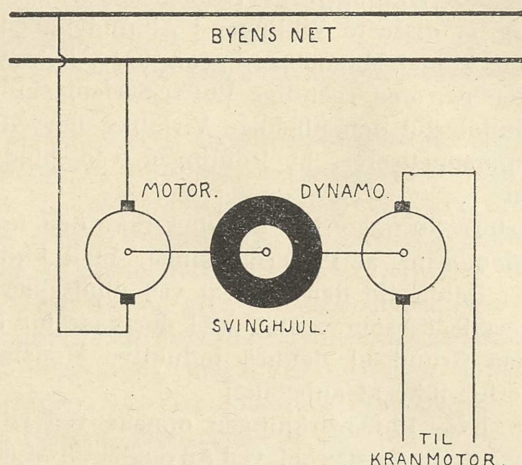


Fig. 28.

yderligere lidt mere Modstand, naar Rotorstrømmen vokser lidt eller Hastigheden falder lidt ved Belastningsstødet.

Ved Kraner, hvor Motoren hyppigt skal startes og standses, samt omstyres, kan Svinghjulet ikke anbringes paa selve Motoren, men man indskyder en Omformer (Motor-Dynamo) med Svinghjul mellem Nettet og Kranmotoren (Fig. 28). Det er dyrt, men saavidt bekendt det eneste brugbare Middel.

h. Maskiner til Ophævelse af $\cos \phi$.

Paa en Vekselstrømscentral, der væsentligt forsyner Motorer, vil der i Belastningstiden være en Faseforskydning paa ca. 0,70 à 0,80. De elektriske Generatorer vil derfor ikke kunne udnyttes fuldtud, Ledningerne belastes med watløs Strøm, Spændingsfaldet paa Nettet bliver større end ved ren Wattbelastning o. s. v.

Det vil derfor være heldigt, om man kunde formindske denne Faseforskydning.

Anvendelsen af Motorer, der arbejder uden Faseforskydning (synkrone Motorer, Kommutatormotorer) kan ikke gennemføres for alle Smaamotorenes Vedkommende, idet disse af Hensyn til Anskaffelsesomkostningerne nødvendigvis maa være almindelige Induktionsmotorer i Hovedparten af Tilfælde, hvor ikke ganske specielle Hensyn gør sig gældende (Hastighedsregulering og lign).

Større Induktionsmotorer kan det betale sig at forsyne med en Fasehjælper [*phase advancer* — *Phasenschieber*], saaledes at Motoren ikke optager watløs Strøm fra Nettet.

Vi har set, at den Strøm, der frembringer de resulterende AV i Motoren, staar vinkelret paa Spændingen og er rent wattløs. Hvis vi altsaa ad anden Vej kan fremskaffe en Strøm, der kan give Motoren den nødvendige Magnetisering, behøver Motoren ikke at optage nogen wattløs Strøm fra Nettet.

Hvis vi tilfører Motoren mere Magnetisering end nødvendigt, vil den kunne afgive wattløs Strøm til Nettet, som saaledes fra Motoren modtager en forudilende Strøm, der kan hjælpe Generatoren med at opmagnetisere andre ikke »fasehjulpne« Induktionsmotorer.

Der er konstrueret flere forskellige Apparater til dette Formaal.

[Her skal kun beskrives et enkelt Apparat af denne Art (Fig. 29).

Strømmen fra en almindelig trefaset Induktionsmotors Kontaktringe føres gennem 3 Børster ind i et almindeligt Jævnstrømsankers Kommu-

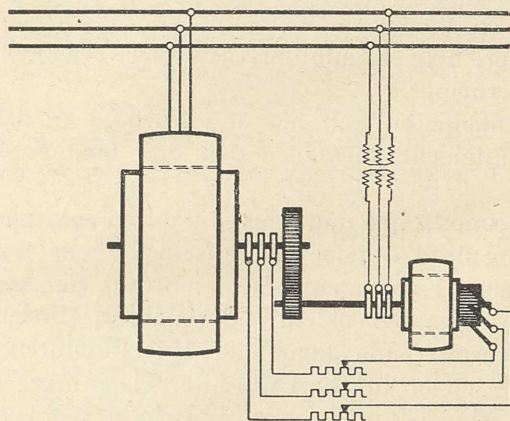


Fig. 29.

tator. Jævnstrømsankeret faar saaledes tilført en Vekselsstrøm svarende til Motorens Slip, og det vil kunne opfattes ganske som en trekantforbundet Vekselsstrømsvikling.

Der vil da i Ankerjernet opstaa et trefaset Drejefelt, roterende med Slippets Frekvens $n_1 - n_2$. I denne Henseende er det ganske ligegyldigt, om Ankeret roterer eller ikke, thi de 3 Børster vil altid befinde sig ens i Forhold til Ankerets Jerndelev og Bevikling. For at Feltet kan blive tilstrækkelig kraftigt, lægges en Jernring (Stator) uden om Ankeret.

Hvis Ankeret staar stille, vil Strømmen ganske naturligt være 90° bagud for Spændingen ved Børsterne = Kontaktringsspændingen P_K , og Ankerets induktive Modspænding E_S vil være 90° forud for Strømmen, idet $\angle E_S P_K = 180^\circ$.

Hvis Ankeret nu bringes til at rotere med en Hastighed, der netop er lig $n_1 - n_2$, vil Drejefeltet ikke skære Ankerlederne, og E_S vil være Nul. Naar Ankeret bliver drejet med større Hastighed end Drejefeltets, vil E_S faa modsat Fortegn. Det vil altsaa sige, at nu er Strømmen forud for Spændingen, og denne Strøm vil nu ved at gaa gennem Børsterne og

Kontaktringene ind i Induktionsmotorens Rotor kunne magnetisere denne og dermed hele Induktionsmotorens Jernsystem. Derved slipper Induktionsmotoren for i sin Statorbevikling at optage bagudilende wattløs Strøm fra Nettet, og dens Faseforskydning bliver Nul, altsaa $\cos \varphi = 1$. Hvis den Strøm, der kommer fra det roterende Jævnstrømsanker, er større end nødvendigt, vil Induktionsmotoren fra sin Stator afgive en tilsvarende forudilende Strøm til Nettet.

Jævnstrømsankeret trækkes lettest rundt ved at det anbringes paa Motorens Aksel, idet Hastigheden da bliver $n_2 > n_1 - n_2$.

Da Rotoren kun har lille Modstand og faa Vindinger, behøves kun en lille Spænding paa Jævnstrømsankerets Kommutator for at faa en stor Støm, der kan give det nødvendige Antal AV paa Rotor. Jævnstrømsankerets Effekt bliver derfor lille, og hele Faseudligneren bliver lille i Forhold til Induktionsmotoren, for Ekspl. vil den for en 800 HK Motor blive paa ca. 25 KVA.

Paa de Steder, hvor Kommutteringen sker, svækkes Magnetfeltet ved Udkæringer i Jernringen.

For at Fasehjælperen kan faa et i Forhold til dens Størrelse passende hurtigt Omløbstal, forbindes den ofte med Tandhjul til Hovedmotorens Aksel.

Igangsætningsmodstanden for Hovedmotoren anbringes mellem dennes 3 Kontaktringe og de 3 Børster paa Fasehjælperens Kommutator.

Fasehjælperens AV er afhængig af den Strøm, der kommer fra Hovedmotorens Kontaktringe og saaledes afhængig af Hovedmotorens Belastning, og da det resulterende Magnetfelt i Hovedmotoren, som vi tidligere har indset, jo næsten er konstant ved alle Belastninger af Hovedmotoren, vil Fasekompenseringen kun kunne være rigtig ved een bestemt Belastning. Ved Tomgang er Kompenseringen lig Nul.

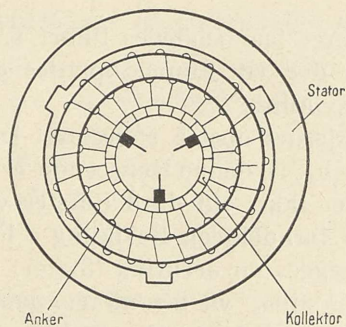


Fig. 30.

For at kunne opnaa Kompensering ved alle Belastninger kan man da fra en særlig lille Transformator tilføre Fasehjælperens Anker Vekselsstrøm af Nettets Periodetal gennem 3 Kontaktringe. Der vil da hidrørende herfra opstaa et Drejefelt i Fasehjælperen, ved hvis Hjælp den kan fremskaffe Magnetiseringsstrøm til Hovedmotorens Rotor under alle Belastningsforhold.

Denne forbedrede Anordning er vist paa Fig. 30.]

Synkrone Maskiner, der overmagnetiseres, vil kunne afgive wattløs forudilende Strøm til Nettet og vil saaledes kunne levere wattløs Strøm til Induktionsmotorerne.

Det vil i Almindelighed ikke være til megen Nytte at opstille en saadan Synkronmaskine paa selve Kraftværket, idet derved kun Generatoren bliver aflastet for Faseforskydningen, medens denne stadig eksisterer paa Nettet.

Den synkrone Motor anbringes bedre langt ude paa Nettet hos en Storforbruger, der har den nødvendige Jævnstrøm til Magnetiseringen, eller paa et ældre Jævnstrømsværk, der har sluttet sig til Højspændingsværket som Understation.

Man kan da lade Omformerne være Synkronmotor-Dynamoer og sørge for, at Synkronmotoren har den fornødne Størrelse og Magnetregulering.

Eksempel: I Nærheden af Enden af en Højspændingsledning med en Belastning paa 100 KW væsentligst bestaaende af Induktionsmotorer, hvilket giver en Faseforskydning paa $\cos \varphi = 0,85$, ønsker en Fabrik tilsluttet en Omformer paa 35 KW. Fabrikken er villig til mod en passende Godtgørelse at anskaffe Motoren saa stor at den kan ophæve Faseforskydningen paa Nettet. Hvor stor skal den være?

Nettets KVA bliver $\frac{KW}{\cos \varphi} = \frac{100}{0,85} = 117,5$. Nettets wattløse Effekt bliver

$$\sqrt{KVA^2 - KW^2} = \sqrt{117,5^2 - 100^2} = 61,6.$$

Dette skal Synkronmotoren præstere foruden de 35 KW. Dens Effekt bliver derfor $KVA = \sqrt{61,6^2 + 35^2} = 71$.

Hvis Kraftværket for egen Regning vilde have opstillet en tomtgaaende overmagnetiseret Synkronmotor til Fasekompensering, skulde denne ifølge ovenstaaende have haft en Effekt paa 61,6 KVA.

Ved at vælge Motoren 9,4 KVA større, bliver den altsaa i Stand til samtidigt at afgive 35 KW til Fabriksdrift (bortset fra dens Virkningsgrad).

En saadan Motor kan forsynes med automatiske Indretninger, som til enhver Tid indstiller Magnetiseringen svarende til den Faseforskydning, der i Øjeblikket er paa Nettet, hvorved Kompenseringen kan foregaa rent automatisk.

Det skal bemærkes, at hvis man vil anvende en Etankeromformer til dette Formaal, vil der ikke længere i dennes Anker være Balance mellem optagen og afgiven Strøm, idet den wattløse Strøm ikke har nogen tilsvarende Modvægt paa Jævnstrømsiden. Maskinen maa derfor bygges med betydeligt sværere Ankerledere end sædvanligt, idet den ellers vil blive for varm.

i. Celleskiftere.

Som tidligere omtalt (I Del, Side 164) vil det under Brugen af et Lysbatteri være nødvendigt at kunne til- eller frakoble en vis Del af Cellerne, idet Samleskinnespændingen jo skal holdes konstant.

Man anvender hertil en saakaldt Celleskifter [*battery switch* — *Zellenschalter*], der i sin simpleste Form er vist paa Fig. 31 a.

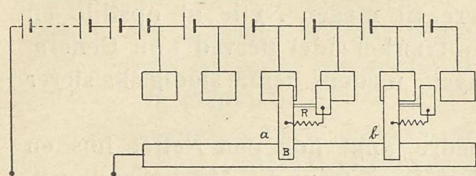


Fig. 31 a. Celleskifter med Spring paa 1 Celle.

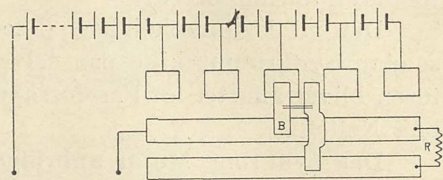


Fig. 31 b. Celleskifter med fast Modstand med Spring paa 2 Celler.

Den bevægelige Børstearm *B* maa ikke, naar den bevæger sig fra Kontakt til Kontakt, berøre to Kontakter paa een Gang, da derved den eller de Celler, der ligger mellem de to Kontakter, vil blive kortsluttede. Da der af Hensyn til en kontinuerlig Strømafgivelse fra Batteriet heller ikke maa finde nogen Afbrydelse Sted, lader man den bevægelige Børste bestaa af 2 Dele med en mellemliggende Modstand. Arbejdsmaaden forstaas let af Fig. 31 a, hvor Stillingen *b* viser Celleskifteren i normal Kontakt, medens Stilling *a* viser Børstearmen i en Overgangsstilling, hvor den dog af Hensyn til Energitaabet i Modstanden *R* og Afladningen af den mellemliggende Celle ikke bør blive staaende.

Modstanden bør dog af Hensyn til Fejlbetjening være i Stand til at taale den fulde Strøm i nogen Tid.

Ved mindre Celleskiftere anbringes Kontakterne i Kredse (Fig. 31 c) med en om Cirkelns Centrum drejelig Børstearm, medens man ved meget store Celleskiftere ofte anbringer to lige Kontaktskinner med en mellemliggende fast Modstand (Fig. 31 b).

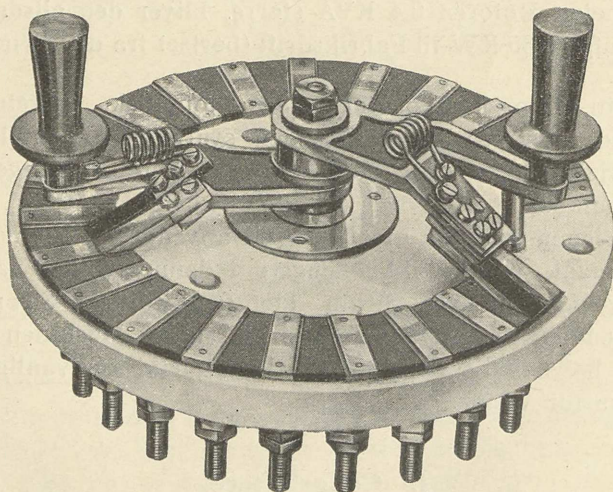


Fig. 31 c. Rund Dobbeltcelleskifter. (A/S Mecano, Kbhvn.).

Ved Blybatterier paa 110 Volt reguleres gerne med 1 Celle (ca. 2 Volt) ad Gangen, ved 220 Volt reguleres ofte med 2 Celler ad Gangen (Fig. 31 b).

I Tilfælde, hvor man anvender en Celleskifter til Ladning og en anden til Afladning, forbindes de to Celleskiftere til de samme Celle-

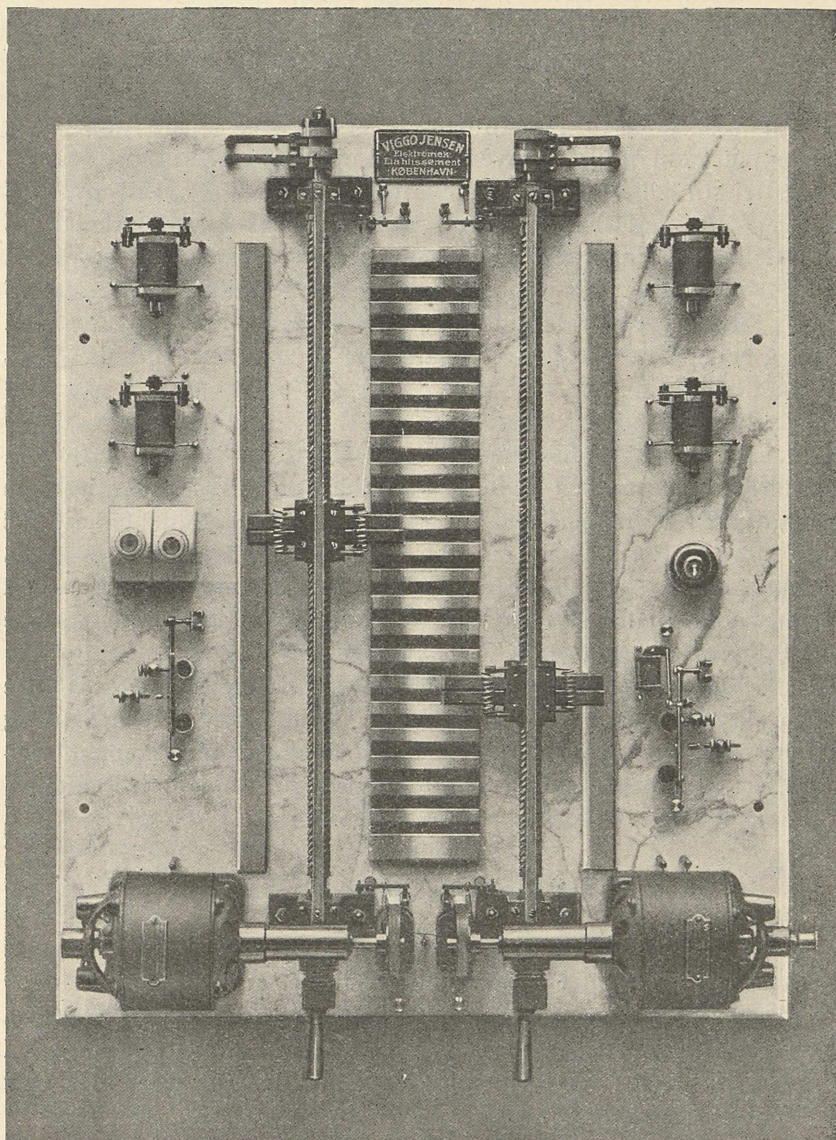


Fig. 32. Dobb. Spindelcelleskifter, 150 Amp., 21 Kontakter, fuldstændig automatisk med Trykknopstyring samt Spændingsregulering.
(A. S. Viggo Jensens elektromekaniske Etablissement, Kbhvn.)

skifterledninger fra Batteriet. I Stedet for to Enkeltcelleskiftere [*simple battery switch—Einfachzellenschalter*] anvendes ved mindre Anlæg undertiden en Dobbeltcelleskifter [*double battery switch—Doppelzellenschalter*] (se Fig. 31 c og 32), hvilket dog ikke forandrer det principielle i Virkemaaden.

Det bør eventuelt ved en mekanisk Blokering forhindres, at Ladebørsten kan komme nærmere Stambatteriet end Afladebørsten, da Batteriet ellers let vil tage Skade, saaledes som nærmere forklaret i Teksten til Fig. 36 (Side 61).

Celleskifterne udføres ved mindre Anlæg i Almindelighed for Haandbetjening, men ved større Anlæg, hvor Celleskifterne af Hensyn til Bekostningen ved de dyre Tilledninger helst anbringes i et Rum saa nær Batterirummet som muligt, anvendes ofte elektrisk Fjernbetjening.

Et Batteri til 220 Volts Driftsspænding med 240 Volts Centralsspænding vil med en minimal Cellespænding paa 1,77 Volt faa 136 Celler. Ved 2,7 Volt Cellespænding i den sidste Del af Opladeprioden kræves, naar Centralsspændingen er 225 Volt (Opladningen foretages gerne om Formiddagen med lav Centralsspænding), kun 84 Celler, hvorved Antallet af Reguleringsceller bliver 52, og med 2 Celler pr. Kontakt faas da 27 Kontakter paa Celleskifteren.

Ved Afladning falder Spændingen pr. Celle meget hurtigt ned til ca. 1,95 Volt, og Celleskifteren maa da køres fra Celle 84 hen til Celle 114. Celleskifterledningerne paa dette Stykke kan da gøres væsentligt spinklere (= halvt Tværnsnit) end de øvrige Ledninger fra Celle 114 til 126.

Ved store Batterier kan en yderligere Formindskelse af Kobberforbruget opnaas ved Anvendelse af særlige Celleskiftere med Hjælpeceller (for Ekspl. efter Driftbestyrer *Kjærs System*), hvorved Antallet af Celleskifterledninger kan reduceres til Halvdelen.

Da de yderste Celler hurtigt oplades og derefter udskydes af Kredsløbet, og da den sidste Del af Opladningen sker ved væsentlig svagere Strøm, har det vist sig, at man ved Opladningen for Ekspl. af et 440 Volts Batteri kun behøver ca. 600 Volt Ladespænding maksimalt.

4. Batterianlæg.

a. De forskellige Batterityper og deres Anvendelse.

Som allerede omtalt i I Del (Side 162—164) anvendes i Praksis kun to Hovedtyper af Akkumulatorbatterier [*storage battery* — *Sammler*], nemlig Bly-Svovlsyre Cellen og Nikkel-Jern-Alkali Cellen. Den første Type anvendes væsentligst til Centralanlæg (stationær Drift), den sidste ved transportable Anlæg.

Batterier til transportabelt Brug anvendes til visse Laboratorieinstrumenter, til Haandlamper, som Tændbatterier ved Motoranlæg, ved Anlæg til Reservebelysning o. s. v. samt til Drift af elektriske Motorvogne.

Navnlig denne sidste Anvendelse synes at have en Fremtid for sig. Til hver Vogn hører to Batterier, hvoraf det ene er i Drift, medens det andet staar til Ladning. Denne Opladning sker gerne udenfor Elektricitetsværkets Maksimalbelastningsperiode. Da Centralens Maskinanlæg alt-saa ikke af denne Grund behøver at forøges udover det, der i Forvejen findes til andet Brug, kan Værket med Fordel sælge Elektricitet til Op-

ladning til lidt over den rene Brændselspris. Det samme vil gælde for Fabrikker med eget Kraftanlæg. Elektromobiler egner sig navnlig til Kørsel over bestemte Ruter, hvor man i Forvejen kan udregne, naar Batteriet trænger til Opladning, saaledes til Pakkepostvogne, Ølvogne og lignende, og de vil i saadanne Tilfælde kunne være lige saa økonomiske som Benzinvogne.

Til Droskekørsel egner de sig ikke saa godt paa Grund af det ganske uberegnelige Antal Kilometer, der skal køres, og som maaske ender langt borte fra Ladestationen.

For at Celleantallet ikke skal blive for stort i Batterier til elektriske Vogne og lign., vælger man gerne en lav Spænding for Vognene, 65—80—100 Volt, alt efter Batteriets Størrelse. De elektriske Postautomobiler i København kører saaledes ved 80 Volt.

Det kan i Almindelighed ikke betale sig at bygge egen Ladestation undtagen paa saadanne Fabrikker, der i Forvejen har sit eget elektriske Maskinanlæg.

Som oftest vil man staa sig ved at købe Strømmen fra et offentligt Elektricitetsværk, navnlig hvis man kan gaa ind paa kun at aftage Strøm udenfor Spærretiden, d. v. s. udenfor Tiden fra 5—10 i de mørke Vintermaaneder.

Mange Elektricitetsværker (amerikanske) gør sig store Anstrængelser for at skaffe sig Elektromobiler som Kunder udenfor Maksimumsperioden, og de opretter ofte selv Ladestationer.

I det Tilfælde, at der kun er Vekselstrøm til Raadighed, bliver det nødvendigt at anvende Omformning for at skaffe Jævnstrømmen, idet man hertil kan anvende en Kviksølvretsretter, en Etankeromformer i Forbindelse med en regulerbar Transformator paa Vekselstrømssiden eller en regulerbar Modstand paa Jævnstrømssiden, eller endelig en almindelig Induktionsmotor-Dynamo.

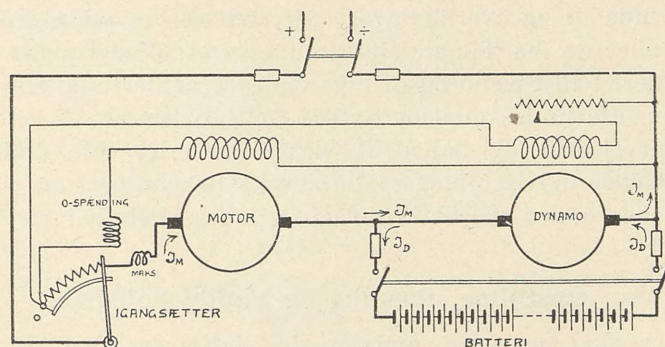


Fig. 33.

Har man Jævnstrøm til Raadighed, kan der anvendes en almindelig Motordynamo eller en regulerbar Modstand.

Bygges Motordynamoen som en Slags Spændingsdelermaskine (Fig. 33), vil begge Maskiner blive væsentlig mindre end ved et almindeligt Motor-

dynamo-Sæt, idet Strømfordelingen vil blive noget i Lighed med det, der sker i en Autotransformator (Se I Del, Side 239).

Denne saakaldte Lancashire Lademaskine bliver saaledes mindre og billigere end en almindelig Lademaskine, ligesom Virkningsgraden bliver en Del bedre end ved nogen af de andre Metoder, hvilket vil

Opladning af et Batteri paa 180 Amp, 100 Volt.

Anvendte Metoder	Nettets Spænding	Forbrugt Effekt i KW.	Virkningsgrad i pCt.	Strømart
Modstand	550	99	18,2	Jævnstrøm
	440	79	22,7	
	220	38,5	45,4	
Motor-Generator	550	23,8	76,0	Jævnstrøm og Vekselstrøm
	440	23,8	76,0	
	220	23,8	76,0	
Lancashire Spændingsdeler	550	22,6	80,0	Jævnstrøm
	440	22,1	81,5	
	220	20,7	87,0	

fremgaa af vedføjede Tabel, der viser Forholdene for et Batteri paa 180 Amp., 100 Volt ved de 3 mest almindelige Netsspændinger 550, 440 og 220 Volt.

Til stationær Drift anvendes Batterierne enten som Kapacitetsbatterier eller som Pufferbatterier.

Batterierne skal altid kunne arbejde i Paralleldriften med Dynamoer. De anvendes desuden i svagt belastede Perioder til alene at overtage Forsyningen. Ved Lysanlæg kan Batteriet under Maksimalbelastning træde hjælpende til og overflødig gøre Anvendelsen af yderligere Maskinkraft i den eller de faa Timer, Maksimum varer. Ved Toleder Lysanlæg benyttes Batteriet til Spændingsdeling, saaledes at det regulerer de Skævheder, der maatte findes mellem Nettets to Halvdele.

Ved Sporvejsdrift og Banedrift virker Batteriet som Pufferbatteri, idet det helt eller delvist optager alle stærke Belastningsstød, saaledes at Batteriet aflades under stærkt Forbrug, og lades i det Øjeblik, Forbruget falder.

b. Opstilling, Pasning og Vedligeholdelse.

Herunder skal nærmest omtales de stationære Batterier af Bly-Svovlsyre Typen.

Beholderne for de enkelte Celler er ved de mindre Typer af Glas, ved de større af Træ, foret med en tæt Beklædning af 1,5 à 2 mm Blyplade. Cellerne er opstillede paa kraftige Underlag af olieimprægneret Træ og isolerede fra dette ved Hjælp af Glas- eller Porcellænsfodder (Fig. 34). De positive og negative Plader, der stikker skiftevis ind

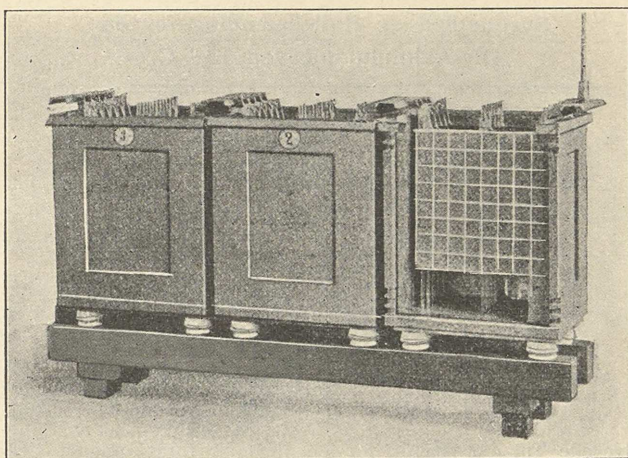



Fig. 34.

imellem hinanden, holdes i indbyrdes Afstand af lodretstaaende Glasrør eller af særlige dertil egnede tynde Træplader.

Imellem alle de positive Pladeenheder i den ene Celle og alle de negative Pladeender i den næste Celle er anbragt en  Bro af Bly, hvortil alle Enderne er loddede fast ved Hjælp af Knaldgas Blæseflamme. Til- og Afgangsledninger af blankt Kobber er paa lignende Maade fastloddet i særlige Kabelsko af Bly, der er fastsmeltet til Broen.

Lodningen er egentlig en Indsmeltning, idet der ikke maa anvendes fremmede Loddemetaller, der eventuelt kunde danne lokale Elementer og saaledes medvirke til eventuelle Ødelæggelser.

Ledningsforbindelserne af blankt Kobber bør alle loddet, og derefter bør alle Ledningerne males flere Gange med syrefri Lakfarve eller indsmøres med Vaseline.

Isolatorerne bør være Drypknapper eller Klokker, da der ofte er fugtigt af Syredampe i Lokalet, selv om dette iøvrigt er godt ventileret. Syretaagen, der væsentligst opstaar under Opladningen, naar Luftboblerne brister, kan dæmpes stærkt, ved at der lægges Glasplader over Cellerne.

Den anvendte Svovlsyre skal være aldeles ren og maa navnlig ikke indeholde Klorforbindelser af nogen Art.

Derfor skal ogsaa det anvendte Vand være rent, destilleret Vand. Syreblandingens Vægtfylde er størst (1,20) ved Slutningen af Ladningen og aftager til 1,17 à 1,15 ved største tilladelige Afladning.

Vægtfylden maa af og til kontrolleres med Flydevægt og eventuelt ved Tilsætning af destilleret Vand eller Syre af Vægtfylden 1,18 bringes op til den rigtige Værdi. Hvis en Celle i Sammenligning med Naboerne har en unormal lav Vægtfylde, kan man gaa ud fra, at Cellen har en indre Kortslutning, hvilket yderligere kan undersøges ved at maale dens Spænding (se Tabellen paa næste Side).

Findes der ved den daglige eller ugentlige Inspektion saadanne lokale Kortslutninger, bør disse straks fjernes, da Pladerne i Cellerne ellers vil lide for meget derved.

**Syretæthed og Hvilespænding for en
Bly-Akkumulator ved 15° C.**

pCt. Syre	Vægtfylde	Hvile- spænding	Lednings- fylde
0	1,00	1,80	0,00
7	1,05	1,90	0,35
14	1,10	1,95	0,52
21	1,15	2,00	0,67
<u>27</u>	<u>1,20</u>	<u>2,05</u>	<u>0,74</u>
33	1,25	2,10	0,73
39	1,30	2,15	0,69

De understregede Tal bør gælde for en normal, fuldt opladet Celle. En Celles Spænding forandrer sig kun med 0,01 Volt for 25° C.

Efter meget pludselig og stærk Afladning for Ekspl. i Tilfælde af Kortslutning eller Maskinuheld, bør alle Cellerne omhyggeligt efterses, da Risikoen for lokale Kortslutninger ved Krumning af de positive Plader da er særlig stor.

Blybatterierne skal holdes i stadig godt opladet Tilstand og bør jævnlig benyttes, da Kapaciteten ellers tager noget af paa Grund af Pladernes Sulfatering paa Overfladen.

Et Batteris Levetid med jævn stærk Benyttelse maa sættes til ca. 10 Aar. Reparation og Vedligeholdelse maa i Løbet af denne Periode antages til gennemsnitlig 7—10 pCt. pr. Aar af Anskaffelsesværdien.

Ledningsforbindelserne fra Batterirummet til Tavleanlægget maa føres lufttæt ud, og saaledes at Sikringer, Afbrydere o. s. v. findes uden for Batterirummet.

Batteriets Forbindelsesmaade til Samleskinnerne kan iøvrigt være yderst forskellig og bestemmes af de forskellige Anvendelsesmaader for Batteriet.

I det følgende skal angives nogle af de vigtigste Forbindelseskemaer, hvor dog for Overskuelighedens Skyld alle for Forstaaelsen unødvendige Apparater o. s. v. er udeladte.

c. Toleder Lysanlæg med Enkeltcelleskifter og Lademaskine.

Et Strømskema for et Tolederanlæg med Dynamo, Batteri og Lademaskine ses paa Fig. 35, idet der er udeladt alle for Forstaaelsen unødvendige Apparater.

Naar Omskifteren staar paa *b*, arbejder Batteriet parallelt til Dynamoen. Naar Batteriet ønskes opladet, køres Lademaskinen op til forholdsvist lav Hastighed, men magnetiseres endnu ikke. Ved Hjælp af Celleskifteren reguleres Batteriets afgivne Strøm ned paa Nul, hvorefter Omskifteren lægges over paa *a*. Naar Ladedynamoen nu opmagnetiseres, vil den sende Strøm fra Samleskinnerne ind i Batteriet.

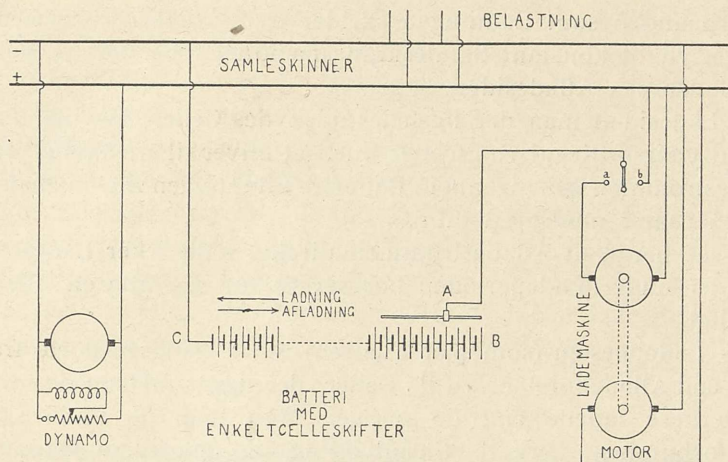


Fig. 35.

Ved Slutningen af Ladeperioden kan man forcere Lademaskinens Spænding ved Opregulering at dens Hastighed.

Ved denne Anordning kan Batteriet ikke afgive Strøm til Nettet i Ladeperioden.

Paa Grund af sin Simpelhed finder Methoden en Del Anvendelse for Ekspl. i mindre Landcentraler.

d. Toleder Lysanlæg med Dobbeltcelleskifter og Lademaskine.

Ved Anvendelse af Dobbeltcelleskifter vil Batteriet kunne afgive Strøm ogsaa i Ladetiden (Fig. 36).

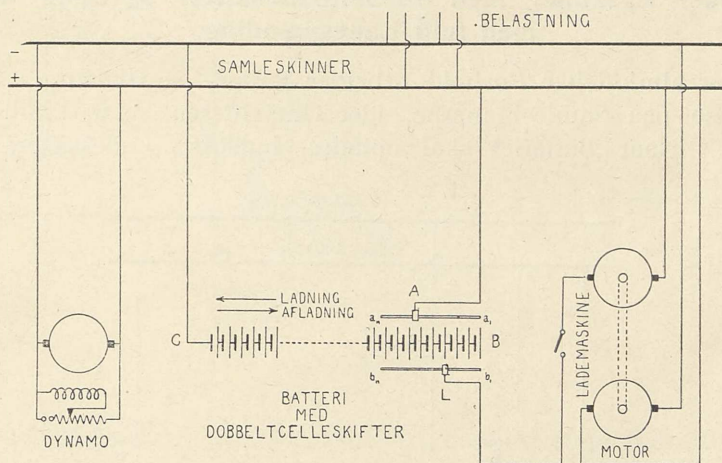


Fig. 36.

Umiddelbart ved Opladningens Begyndelse vil Afldearmen A befinde sig i Nærheden af yderste Kontakt a_1 , da Batteriets Spænding pr. Celle jo er ringe.

Ladearmen stilles ved yderste Celle paa Kontakten b_1 .

Efterhaanden som Ladningen skrider frem, vokser Cellespændingen, og af Hensyn til konstant Samleskinnespænding maa der da stadigt udskydes Celler paa Afladesiden.

Paa Ladesiden maa der ligeledes udskydes Celler, idet de kun svagt benyttede yderste Reguleringsceller hurtigst bliver tilstrækkeligt opladede.

Ladestrømmen gaar igennem Batteriet i Retningen *BC*, medens Afladestrømmen gaar i modsat Retning.

Det ses heraf, at Afladestrømmen direkte modvirker Ladestrømmen, hvorfor der under Ladeperioden bør sørges for saa lille en Afladestrøm som muligt.

Hvis Ladebørsten (som paa Figuren) staar længere borte fra Stambatteriet end Afladebørsten, vil de Celler, der ligger mellem de to Børster, blive stærkere ladede end de øvrige. Man maa da finde sig i den herved forbundne stærkere Gasudvikling og daarligere Økonomi. Jo større Afladestrømmen er, des værre er Forholdet.

Hvis Ladebørsten staar nærmest ved Stambatteriet, vil de Celler, der ligger mellem de to Børster, blive afladede, hvilket jo ikke var Meningen. Det vil bagefter være ret vanskeligt at faa disse Celler opladede igen, medmindre hele Resten af Batteriet (undtagen de yderste Reguleringsceller) overlades. Man bør derfor absolut undgaa, at Ladebørsten kommer nærmere Stambatteriet end Afladebørsten.

Naar Ladningen er tilendebragt, reguleres Ladedynamoens Spænding saa langt ned, at Strømmen bliver Nul, hvorefter Afbryderen aabnes og Lademaskinen stoppes.

e. Toleder Lysanlæg med Dobbeltcelleskifter og Shunt Dynamo med fuld Ladespænding.

Under almindelige Forhold arbejder Batteri og Dynamo i Parallelforbindelse paa Samleskinnerne, idet Omskifteren staar i Stillingen *s* (Fig. 37). Naar Batteriet skal oplades, indstilles Celleskifterarmen *L*

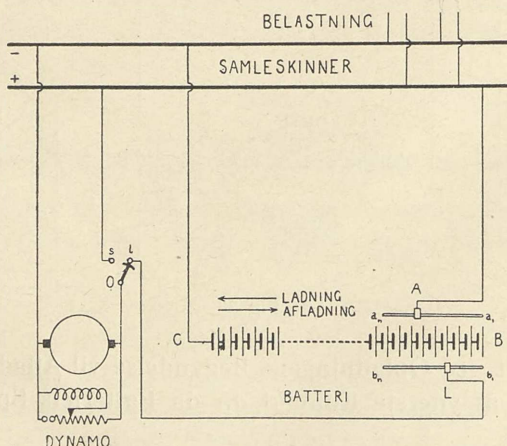


Fig 37.

saaledes, at den staar nøjagtigt ud for samme Celle, som Afladearmen A. Maskinens Omskifter *O* kan da lægges over fra *s* til *l*, idet begge Kontakter et Øjeblik kortsluttes. Maskinens Strøm vil nu gaa direkte over *L* og *A* til Samleskinnerne.

Naar Omskifteren ikke mere berører *s*, kan *L* og *A* forskydes i Forhold til hinanden, og Maskinspændingen kan indreguleres til at give passende Ladestrømstyrke. I alle Cellerne mellem *A* og *C* gaar kun Differensen mellem Ladestrøm og Afladestrøm. Det er derfor heldigst, om Afladestrømmen i Ladeperioden er saa lille som mulig.

Her gælder det, som forøvrigt altid ved Dobbeltcelleskiftere, at *L* ikke bør indtage nogen Stilling mellem *A* og Stambatteriet.

f. Toleder Lysanlæg med Enkeltcelleskifter og to Kompound-dynamoer, hvoraf den ene har fuld Ladespænding.

Har man et Anlæg med Kompounddynamoer og et Batteri, kan man oplade Batteriet med Lademaskine, eller Dynamoen kan være indrettet til at give fuld Ladespænding (Fig. 38). Omskifteren fra Afladning til Ladning maa da være mekanisk sammenkoblet med en Omskifter for

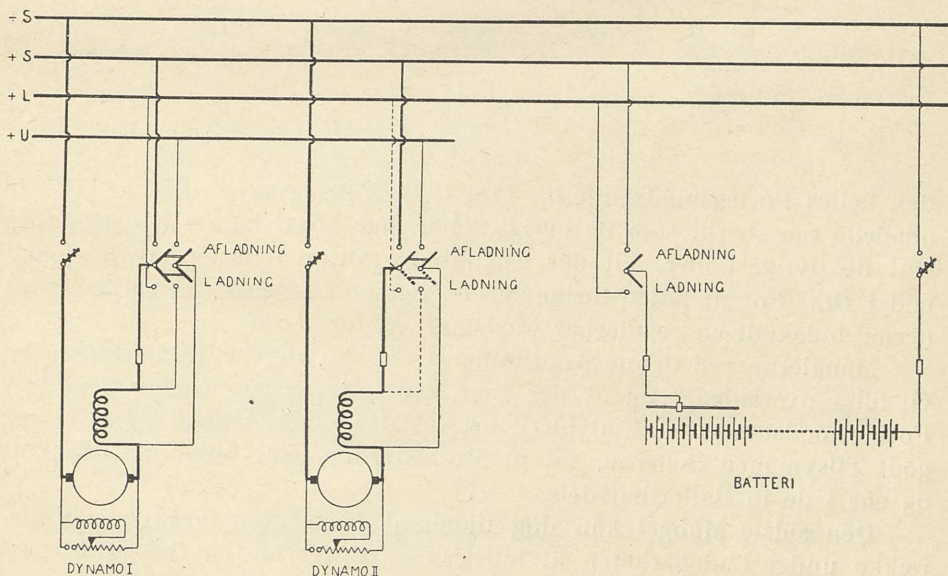


Fig. 38.

Udligningsledningen, saaledes at Maskinens Kompoundbevikling faar Strøm og forbindes til Udligningsskinnen, naar der arbejdes paa Samleskinnerne, medens Forbindelsen til Udligningsskinnen afbrydes og Kompoundbeviklingen kortsluttes, naar Dynamoen benyttes til Opladning.

Skal for Ekspl. Dynamo II ikke anvendes til Ladning, kan de Forbindelser, der er punkterede, helt udelades.

g. Toleder Lysanlæg med Omkobling af Batteriet i to Dele.

Dynamoen giver kun Samleskinnespændingen. Ved almindelig Afladning af Batteriet staar Omskifteren (Fig. 39) i Stillingen 1, og Modstanden R_1 er kortsluttet. Afladestromstyrken reguleres med Celleskifteren.

Naar Batteriet skal lades, indskydes hele Forlagsmodstanden R_1 , hvorved Stromstyrken holdes meget lavt nede, selvom Celleskifterarmen A føres hen paa yderste Kontakt, hvor den skal forblive under Ladningen.

Omskifteren lægges om i Stillingen 2, hvorved de to Batterihalvdele BD og DC kommer til at ligge i Parallelforbindelse til Skinnerne med

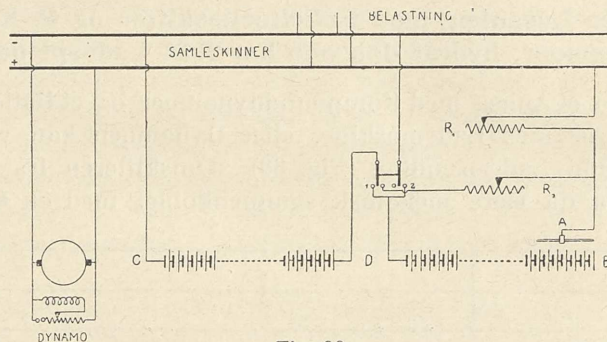


Fig. 39.

den fælles Forlagsmodstand R_1 . Da Celleskiftercellerne, der jo ikke er afladene saa stærkt som de øvrige Celler, har noget højere Modspænding end de øvrige Celler, vil der gaa mindre Strøm i Batterihalvdelen BD end i DC . For at holde Stromstyrken lige stor i begge Halvdele er der derfor indskudt en regulerbar Modstand R_2 foran DC .

Manglerne ved denne Anordning er, at de yderste Reguleringsceller vil blive overladede, og at der gaar temmelig megen Energi tilspilde i Forlagsmodstandene. Endvidere kræves der under Opladningen et ret godt Tilsyn med Cellerne, for at Stromstyrken skal holde sig konstant og ens i de to Batterihalvdele.

Den sidste Mangel kan dog tildels afhjælpes ved foran hver Cellerække under Ladeperioden at indskyde i Stedet for en Del af R_1 passende Variatormodstande (se I Del, Side 89). Antallet af Variatorelementer vælges saaledes, at disse ved Begyndelsen af Ladeperioden, d. v. s. ved laveste Cellespænding netop formaar at holde Strømmen paa den tilladte Værdi.

Efterhaanden som Cellespændingen stiger under Opladningen, vil Spændingsfaldet i Variatorerne automatisk ændre sig tilsvarende, saaledes at Stromstyrken holder sig praktisk talt uforandret. Samtidigt vil man være

istand til at udskyde Reguleringscellerne, efterhaanden som disse oplades, saaledes at Overladningen kan undgaas.

Energitabet i Forlagsmodstandene er uundgaeligt.

Ved et 220 Volts Anlæg bliver der 60 Celler i hver Række, og da Ladespændingen i Gennemsnit kan sættes til 2,33 Volt pr. Celle, faas en gennemsnitlig Spænding pr. Række paa 140 Volt.

I Forlagsmodstandene tabes der da $220 - 140 = 80$ Volt. Er Ladestrømmen pr. Række for Ekspl. 50 Amp. i 3 Timer, vil den i Modstandene forbrugte Energi blive $\frac{80 \cdot 100}{1000} \cdot 3 = 24$ KWT.

Den indladede Energi er

$$\frac{140 \cdot 100}{1000} \cdot 3 = 42 \text{ KWT.}$$

Tabet i Modstandene er altsaa over Halvdelen af den til selve Ladningen fornødne Energi. Denne Batteriforbindelse benyttes derfor yderst sjældent og kun paa Steder, hvor man har sin Primærkraft meget billigt.

For at formindske dette Tab har man fundet paa forskellige andre Forbindelsesmaader, hvoraf kun den følgende har fundet videre Anvendelse.

h. Toleder Lysanlæg med Enkeltcelleskifter og Micka-Forbindelse.

Dynamoen giver kun Samleskinnespændingen. Batteriet deles ved Ladningen i 3 lige store Dele A, B, C (Fig. 40). Under normal Afladning ligger alle 3 Dele i Serie (Stilling I).

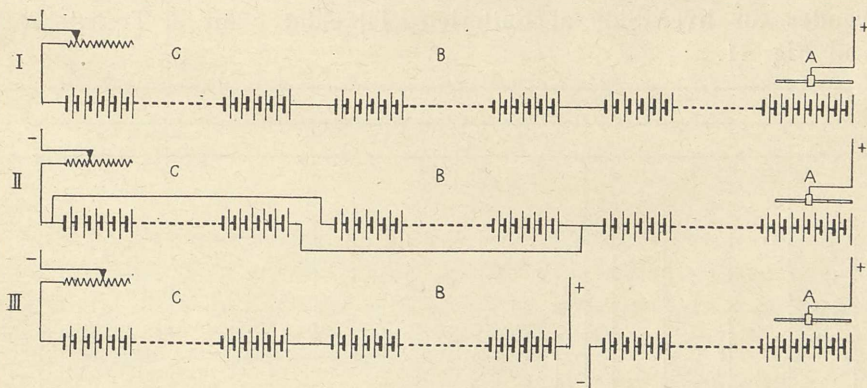


Fig. 40.

Ved Begyndelsen af Ladningen kobles B og C i Parallelforbindelse og A anbringes i Serie hermed (Stilling II). A lades altsaa med en dobbelt saa stor Strøm som hver af Delene B og C. Naar A er fuldt opladet, kobles denne Del af Batteriet fuldstændigt fra, B og C kobles i Serie, og der lades nu færdigt med normal Ladestrøm. Til disse forskellige Omkoblinger anvendes gerne et specielt Omskifterapparat, hvorved det saavidt muligt undgaas, at der gøres urigtige Manøvrer. I Stedet

for den regulerbare Forlagsmodstand kan der ogsaa i dette Tilfælde anvendes Variatorer.

Ladetiden er længere end i forrige Tilfælde. Der bruges normal Ladetid om at oplade Afsnittet A. Afsnittene B og C har da halv Ladning og maa derfor yderligere oplades i halv Ladetid.

Ialt medgaar der da en samlet Ladetid, der er $1\frac{1}{2}$ Gang den normale.

Er ved et 220 Volts Anlæg Batteriet paa 120 Celler, er der under Ladning kun $\frac{2}{3}$ af 120 lig 80 Celler i Serie. Middelspændingen er da $80 \cdot 2,33 = 186$ Volt. Spændingstabet i Forlagsmodstanden er da kun $220 - 186 = 34$ Volt.

Anvendes en Ladestrøm paa 100 Amp. i $3 \cdot 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$ Time, faas det samlede Energitab i Modstanden

$$\frac{34 \cdot 100}{1000} \cdot 4\frac{1}{2} = 15,3 \text{ KWT}$$

eller ca. $\frac{2}{3}$ af Tabet i forrige Tilfælde.

Denne og den forrige Forbindelse anvendes nærmest kun ved ældre Anlæg, der senere anskaffer sig et Batteri, og hvor Dynamoer ikke kan give Ladespænding. Det vil da ved mindre Anlæg ikke kunne betale sig at vikle Dynamoer om til højere Spænding, og en Lademaskine vil blive for dyr at anskaffe.

Ved Nyanlæg anvendes disse to Lademetoder saa godt som aldrig.

i. Treleder Lysanlæg med 2 Dynamoer, 2 Enkeltcelleskiftere og Lademaskine.

Ved Trelederanlæg kan de under c, d, e viste Forbindelsesmaader anvendes for hver Side af Batteriet. Tilfældet c for et Trelederanlæg ses af Fig. 41.

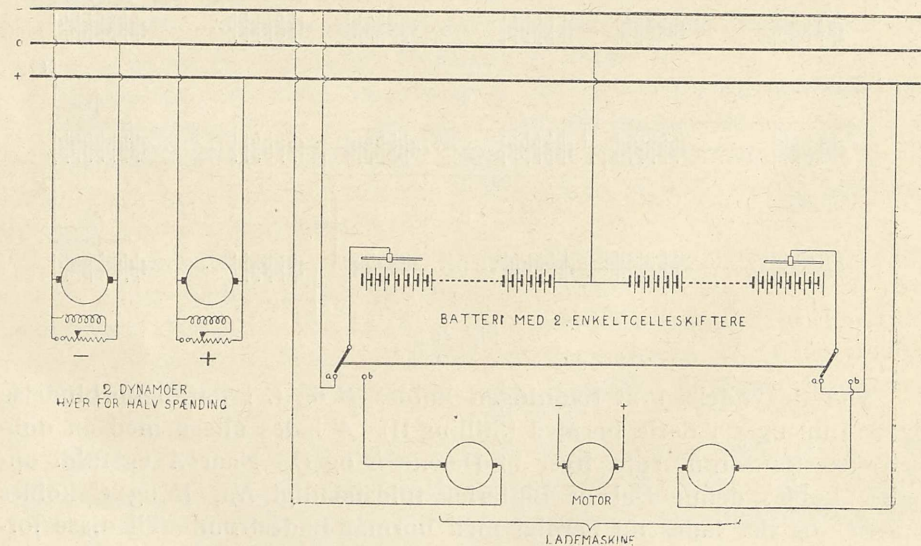


Fig. 41.

For denne Anordning gælder ganske de samme Bemærkninger som for Tilfældet c.

Hvis der i Stedet for to enkelte Dynamoer hver med $\frac{1}{2}$ Spænding, anvendes en Dynamo med fuld Yderlederspænding, vil Maskinen ikke mere kunne optage eventuelle Belastningsskævheder, medmindre den specielt er bygget som Treleder-dynamo.

Er dette ikke Tilfældet, vil det være nødvendigt at anvende en Udligningsmaskine, der kan fordele Belastningsskævheder ligeligt paa begge Sider af Batteriet, saaledes at begge Batterihalvdele aflades lige stærkt. Om Udligning se II Del Side 40—41.

j. Treleder Lysanlæg med 2 Dobbeltcelleskiftere og 2 Dynamoer til halv Ladespænding.

Denne Forbindelse svarer ganske til Tilfældet e ved Toledersanlæg.

De to Dobbeltcelleskiftere kan anbringes ved Midten af Batteriet eller ved de to yderste Ender af Batteriet. Paa Fig. 42 er det første Tilfælde vist.

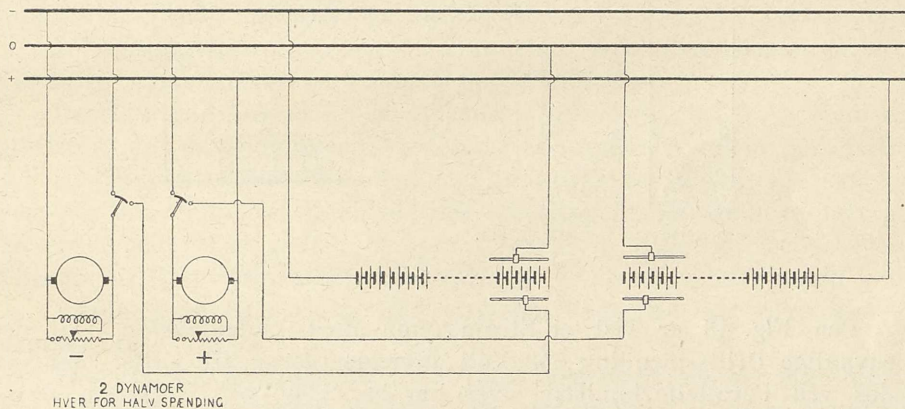


Fig. 42.

De to Dynamoer hver til $\frac{1}{2}$ Yderlederspænding kan i dette Tilfælde ikke erstattes af en enkelt Dynamo til fuld Yderlederspænding. En anden Sag er, at man foruden de to Dynamoer meget vel kan have en eller flere andre, der arbejder direkte paa Yderlederne.

k. Treleder Lysanlæg med 2 Dobbeltcelleskiftere, samt Lade- og Udligningsmaskine.

Dynamoer arbejder paa Yderlederne og kan ikke give Ladespænding. Lademaskinen har en Dynamo til den positive Side af Batteriet og en Dynamo til den negative Side, saaledes at de to Batterihalvdele kan oplades uafhængigt af hinanden. De to Ladedynamoer kan drives af en fælles Motor koblet mellem Yderlederne. Paa Fig. 20 b, Side 41 er

denne dog erstattet med to Motorer, der er koblet paa hver sin Net-halvdel, men alle fire Maskiner er koblet paa samme Aksel.

De to Motorer kan have en fælles Igangsætter og en fælles Magnet regulator, idet de to Magnetsystemer er forbundet til de modsatte Net-sider. Motorerne virker da ganske som en almindelig Udligningsmaskine, samtidig med at de driver Ladedynamoerne.

Ønskes Udligning ogsaa udenfor Ladetiden, kobles blot de to Ladedynamoer fra, og det vil da ikke gøre nogen Fortræd, at de vedblivende løber tomt med.

1. Pufferbatterier til Sporvejsdrift.

Batteriet kobles i Parallelforbindelse med Dynamoerne til Samleskinnerne.

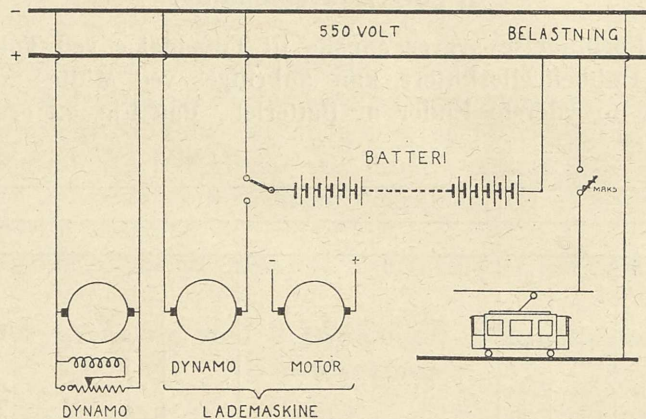


Fig. 43.

Paa Fig. 43 er vist et Strømskema med Lademaskine. Til den sædvanlige Driftsspænding 550 Volt anvendes gerne 270 Celler, der saaledes ved Parallelforbindelse hver har ca. 2,05 Volt. Naar nu Dynamoens Spænding ved Belastning falder stærkere end Batteriets, vil Batteriet ved et pludseligt Strømstød faa en i Forhold til Dynamoens højere Spænding, og det vil derfor afgive mere Strøm end Dynamo, hvorved det altsaa bliver afladet.

Omvendt vil ved en Aflastning Dynamoens Spænding være højere end Batteriets og vil sende nogen Ladestrøm ind i dette. Jo stærkere faldende Dynamoens Karakteristik er i Sammenligning med Batteriets, des stærkere vil dette puffe og skaane Maskinen for stærke Strømændringer.

Batteriet maa af og til have en Hovedopladning til fuld Ladespænding. Hertil anvendes en Lademaskine. Naar Batteriet er helt opladet og har staaet et Par Minutter, vil dets Spænding være ca. 620 Volt, og man maa da kortvarigt forhøje Samleskinnespændingen til denne Værdi, før Batteriet kan tilsluttes i Paralleldriften. Efter nogle faa Minutters Afladning kan Samleskinnespændingen efterhaanden sænkes igen til 550 Volt.

Ved Dynamoer med meget lille Spændingsfald (synkrone Omformere, Etankeromformere), vil Batteriet ikke puffe godt, medmindre det forsynes med en stadigt løbende automatisk virkende Booster- eller Puffermaskine. Nærmere herom, se II Del Side 46—50.

5. Tavleanlæg.

[*switchgear — Schaltanlage*].

a. Indledning.

Naar man har fastslaaet, hvilket System og hvilke Spændinger man vil anvende, samt hvilken Maskintype og Maskinstørrelse man vil opstille, skal det dertil nødvendige Tavleanlæg bestemmes.

Man maa da tegne et Strømskema [*wiring diagram, diagram of connections — Schalt-schema*], hvorpaa anføres alle nødvendige Apparater og Ledningsforbindelser paa Centralen saa nøjagtigt som muligt, helst samtidigt med paaskrevne Angivelser af Instrumenternes normale og maksimale Udslag, og med paaskrevne Tværsnitsarealer for Ledningerne.

Jo omhyggeligere og mere overskueligt dette Strømskema udføres, des bedre og lettere bliver Arbejdet med Udførelsen.

Derefter bør Tavleanlægget optegnes i Maalestok $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$ med Angivelse af alle Instrumenter, Skinner og Ledninger, hvorved det af Hensyn til Pladsforholdene eller den rent praktiske Anordning maaske kan vise sig nødvendigt at foretage visse Ændringer eller Omlægninger paa Strømskemaet. Det gælder her om at sørge for gode og rigelige Pladsforhold, hvilken Fordring der ikke sjældent er bleven syndet stærkt imod.

Baade Strømskemaet og den virkelige Udførelse bør være klar og overskuelig.

Instrumenter og Apparater for to forskellige Maskiner bør ikke anbringes ind imellem hinanden, ligeledes bør saavel store som smaa Ledninger oplægges pænt og omhyggeligt med saa faa Krydsninger som muligt.

Instrumenter og Apparater, som ikke skal aflæses under den daglige Drift, bør ikke anbringes paa Tavlernes Forside, idet Overskueligheden let kan lide derved.

Ikke alene Tavlefelterne, men ogsaa en Del Apparater (for Ekspl. Omskifttere) bør forsynes med tydelige Paaskrifter, hvor det maatte anses for heldigt, saaledes at Sandsynligheden for Fejlbetjening bliver saa lille som mulig, navnlig i Tilfælde af Driftsforstyrrelser, hvor der skal handles hurtigt og sikkert.

Alle Tavlerum bør være brandsikkert udført, idet elektriske Lysbuer og Gnister selv ved Lavspændingsanlæg kan række meget langt. Ved Højspændingsanlæg, hvor der anvendes Transformatorer og Afbrydere i Oliebad, maa navnlig tilraades særligt brandsikre Bygningskonstruktioner, og Højspændingsrummene bør ikke alene afspærres, men helst ogsaa helt tillukkes mod andre Rum.

Armerede Kabler, der fremføres frit inden for Kraftværkets Omraade, bør afklædes for den yderste meget brandfarlige Jutebespinding, hvorefter Jernet eller Blyet males. En Forsømmelse eller Udeladelse af denne simple Forholdsregel har i adskillige Tilfælde ført til meget svære Brandtilfælde og langvarige Driftsforstyrrelser.

Ligeledes af Hensyn til Brandrisikoen bør Træstel eller Træindfatninger ikke anvendes mere end højst nødvendigt.

Foruden de egentlige Maaleinstrumenter, som er beskrevet i I Del, Afsnit IV, anvendes en Række forskellige Apparater i det elektriske Tavleanlæg, hvoriblandt de vigtigste skal omtales her.

b. Smeltesikringer [*fuses — Schmelzsicherungen*].

For at forhindre Overbelastning og dermed forbunden skadelig Overtemperatur paa Maskiner, Apparater eller Ledninger anbringer man i Kredsløbet Smeltesikringer eller automatiske Maksimalafbrydere.

Smeltesikringerne bestaar af tynde Strimler eller Traade af et Metal, der allerede ved normal Strømbelastning antager en kendelig Temperatur, saaledes at Temperaturen i Sikringstraaden ved Overbelastning vil naa Traadens Smeltepunkt, hvorved Traaden brænder bort, og Strømmen afbrydes.

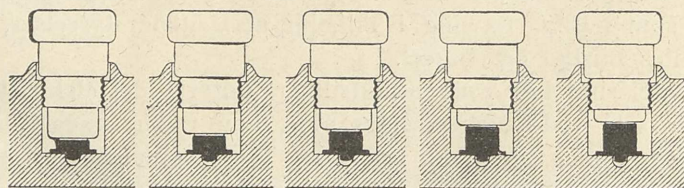
Ved Lavspændingsanlæg benyttes følgende Hovedtyper af Sikringer

- Propsikringer [*plug fuse — Stöpselsicherung*],
- Patronsikringer [*cartridge fuse — Patronensicherung*],
- Rørsikringer [*tubular fuse — Röhrensicherung*],
- La mellesikringer [*strip fuse — Streifensicherung*],

hvortil kommer forskellige Overgangsformer mellem de egentlige Smeltesikringer og de i det følgende Afsnit beskrevne automatiske Maksimalafbrydere.

Propsikringerne anvendes navnlig for mindre Strømstyrker fra 2 Amp. til ca. 60 Amp. med normalt Edisongevind, og de bliver ved større Gevind konstrueret op indtil 200 Amp.

Fig. 44 viser en af de almindeligste Udførelsesformer af saadanne Sikringer med Edisongevind.



6 Amp. 10 Amp. 15 Amp. 20 Amp. 25 Amp.

Fig. 44.

Fig. 45 viser en anden Udførelsesform med løse Propper.

Disse Sikringer finder i alt væsentligt Anvendelse til Husinstallationer for Lys og Motorer, hvor man maa forudsætte ganske ukyndig Betjening.

Det er derfor af største Vigtighed, at Sikringselementets enkelte Dele er konstrueret paa en saadan Maade, dels at for store Sikringspropper ikke kan skrues ind i en Sikringsholder, der er beregnet for

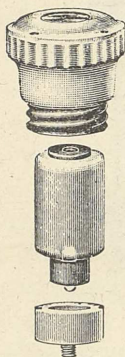


Fig. 45 a.

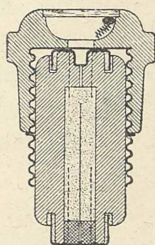


Fig. 45 b.

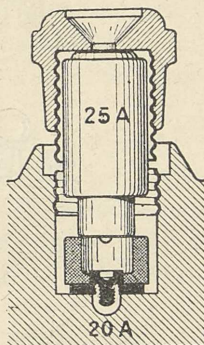


Fig. 45 c.

en mindre Strømstyrke, dels at Konstruktionen er af en saadan Art, at en Prop ikke for let af Uvidenhed eller Letsindighed kan erstattes med andet ledende Materiale for Eksp. Stanniol, Søm, Møttrikker o. s. v. Endelig maa det anses for et absolut nødvendigt Krav til en god Sikring, at selve Sikringsproppen ikke ved Hjælp af almindeligt Værktøj kan aabnes og repareres, da man efter en eventuel Reparation, der ofte paa de ældre Typer blev foretaget af en Cyklesmed eller Blikkenslager, ikke vil have nogensomhelst Garanti for, ved hvilken Strøm Sikringen smelter.

Sikkerheden mod Anvendelse af for store Sikringer kan ved Edison-sikringer for Eksp. opnaas ved Hjælp af forskellig Højde paa Bundskruen og dertil svarende Længde af Proppen.

Det ses saaledes let af Fig. 44, at en 10—25 Amp. Sikringsprop ikke vil kunne naa Bunden i en 6 Amp. Sikringsholder.

Det paa Fig. 45 viste System (*Diazed*) giver endnu større Sikkerhed. Sikringen bestaar af en løs Patron og et Skruedæksel. Bundskruen bestaar af et Metalstykke omgivet af en isolerende Ring af varierende Diameter for de forskellige Størrelser. Det ses let af Figuren, at en for stor Patron ikke kan naa Bundstykkets Metal og i det hele taget ikke kan faa fat i Gevindet, saaledes at Indlæg af fremmede Metaldele i Bunden ikke nytter noget.

Alle disse Sikringspropper er helt lukkede, tilsmeltede eller tilkittede, saaledes at selve Smeltetraaden er ganske utilgængeligt anbragt. For at man straks skal kunne se, om Traaden er smeltet, findes der hyppigt anbragt i Forbindelse med Traaden et lille farvet Mærke, som falder ud i Tilfælde af Oversmeltning (se Fig. 45 b).

Patronsikringerne bestaar ligeledes af en lukket Prop, der ved hver Ende er forsynet med Fane, der klemmes eller spændes fast i Sikringsholderen (Fig. 46). Disse Sikringer konstrueres for Strømstyrker op til ca. 400 Amp. Da de gerne finder Anvendelse paa Steder, hvor Betjeningen dog er i nogen Grad kyndig, spiller Fordringen om Umulig-

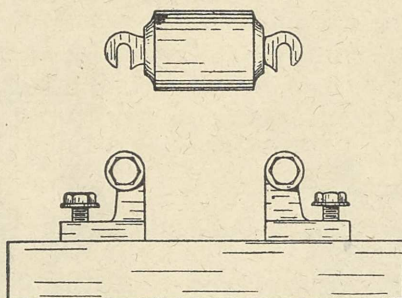


Fig. 46.

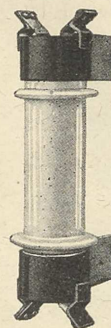


Fig. 47.

heden af Udveksling af Patronerne med større Typer ingen særlig Rolle, da Risikoen for Misbrug er mindre.

Patronerne er dog oftest ureparerbare, idet de gerne er fuldstændigt tillukkede.

Rørsikringerne indeholder Smeltetraaden indspændt i et ved begge Ender aabent Rør af Porcellæn eller et lignende Isolationsstof (Fig. 47). Det er altsaa her meget let at indsætte forskellige Traade og at reparere Sikringer efter en Afbrænding. De anvendes derfor nærmest kun ved elektriske Tavleanlæg med kyndig Betjening.

Lamellesikringernes Smeltestykker kan ligeledes let udveksles og erstattes. Selve Sikringen kan bestaa af en eller flere paralleltforbundne Metaltraade (Fig. 48 a, Sølvtraadssikring) eller af en Pladestrimmel indloddet mellem et Par svære Spændesko (Fig. 48 b, Blystrimmelsikring).

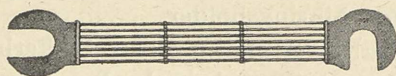


Fig. 48 a.

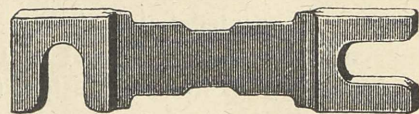


Fig. 48 b.

Disse Sikringer anvendes gerne for store Strømstyrker indtil flere Tusinde Ampère. Sikringerne dækkes oftest med lakerede Papdæksler, der dog i Tilfælde af de større Sikrings Afsmeltning yder en ganske utilstrækkelig Beskyttelse. Saadanne store Sikringer bør derfor anbringes lavt nede paa Tavlen, bag denne, eller i Kælderen, kort sagt paa Steder, hvor de ikke let kan gøre Fortræd paa Betjeningspersonalet, navnlig bør de ikke anbringes i Øjehøjde.

Ved Højspændingsanlæg bør man principielt ikke anvende større Sikringer end for nogle faa Ampère, indtil 10 à 15 Amp.

For hver Amp. der afbrydes pludseligt, idet Lysbuen blæser sig selv ud under Strømmens Maksimum, vil der opstaa Overspændinger, som kan opnaa meget høje Værdier, der ved Luftledninger kan beløbe sig til 400 à 800 Volt pr. Amp. og ved Kabelanlæg til 30 à 60 Volt for hver Amp., der afbrydes pludseligt.

Ved et 10.000 Volt Luftledningsanlæg vil altsaa Sikringen for en 100 KVA Transformator (Fuldlaststrøm ca. 6 Amp.) antagelig være indrettet for at smelte ved godt den dobbelte Strøm eller ved ca. 15 Amp. og vil derved kunne fremkalde en Overspænding paa $15 \cdot 800 = 12.000$ Volt, altsaa en Tillægsspænding, der er højere end selve Driftsspændingen. Se iøvrigt I Del Side 138—139.

Ved ganske smaa Strømstyrker indtil 2 à 3 Amp. anvendes ved Højspænding almindelige Rørsikringer af mere eller mindre aaben Type. Længden af Smeltetraaden maa rette sig efter Driftsspændingens Værdi.

Ved lidt større Strømstyrker konstrueres Sikringen som en Slags Olieafbryder (Fig. 49), hvorved Overspændinger udelukkes. Naar Traaden *a—b* smelter over, trækkes Kontaktstykket *b* af den spændte Fjeder hurtigt et betydeligt Stykke ned under Oliens Overflade, hvorved Lysbuen slukkes paa lignende Maade som i en Olieafbryder. Da man jo ikke kan sikre sig, at alle tre Sikringer i et trefaset Anlæg brænder af samtidigt, og da der i visse Tilfælde kan opstaa endog ret betydelige Overspændinger ved Overbrænding af en enkelt Sikring, bør man dog ikke anvende disse Sikringer udover højst et Par Hundrede KVA, men man bør foretrække trepolde Olieafbrydere i Forbindelse med passende Relais.

Ved de almindelige rørformede Højspændingssikringer kan man paaregne følgende Tider, før Overbrændingen finder Sted, idet Overbelastningen forudsættes at være 100 pCt.

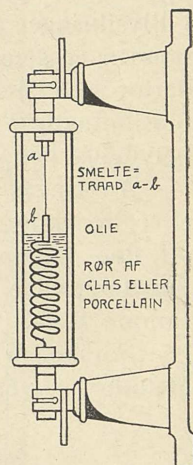


Fig. 49.

Amp.	1	2	4	6
Minutter	8	4	6	2

Ved 150 pCt. Overbelastning vil de brænde over straks.

Smeltestykkernes Materiale er gerne et Metal eller en Metallegering, der ikke for let ilter sig i Luften ved den ofte ret høje Temperatur, Smeltestykket er udsat for ved normal Belastning.

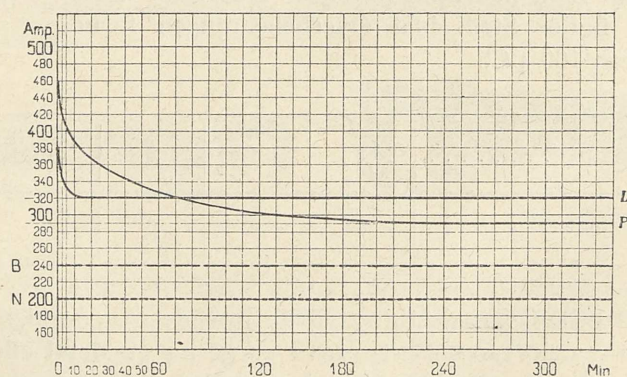
De til Sikringer sædvanligt anvendte Metaller er Sølv, Sølvlegering 830 ‰ (Kbhvn.s Prøvesølv), Kobber, Aluminium, samt navnlig tidligere Bly.

Metal	Modstandsfylde ρ ved 15°	Smeltepunkt i Grader Celcius
Sølv, Ag.	0,0158	962
Prøvesølv, 830° ₀₀	—	830
Kobber, Cu.	0,0175	1084
Aluminium, Al.	0,029	657
Bly, Pb.	0,20	327

Afstanden mellem Sikringstraadens eller Lamellens Befæstelsespunkter vokser med Spændingen, men ogsaa i nogen Grad med Strømmens Værdi. Ved stor normal Strøm er nemlig Mængden af smeltet Metal større og dermed bliver en eventuel Lysbue kraftigere, saaledes at den vanskeligere slukkes, hvis ikke samtidigt Længden er bleven forøget. Den Mængde Metal, der skal smeltes bort, er størst ved Metaller med lav Ledningsevne og lavt Smeltepunkt, og er for Ekspl. saaledes betydeligt større i Blysikringer end i Sølvsikringer. Den større Mængde Metal i Blysikringer bevirker ogsaa, at det varer lidt længere Tid, før Metal-massen er gennemvarmet til Smeltetemperaturen. Store Blysikringer vil derfor ved heftige og pludselige Kortslutninger ofte smelte med eksplosionsagtig Voldsomhed, medens Afsmeltningen af Sølvsikringer sker betydeligt lempeligere.

Anbringes en Smelte traad i en Patron pakket med Asbesttrævler eller lignende i Stedet for at være anbragt frit tilgængeligt for Luften, vil den lettere kunne opnaa Smeltetemperaturen, se Fig. 50 a, hvor Smeltekurvene er vist for en Lamellesikring og en Patronsikring af samme Metal (Sølv).

Forskellen kan blive endnu større, naar der anvendes forskellige Metaller. Anbringes saaledes i samme Kredsløb en Lamelle-Blysikring



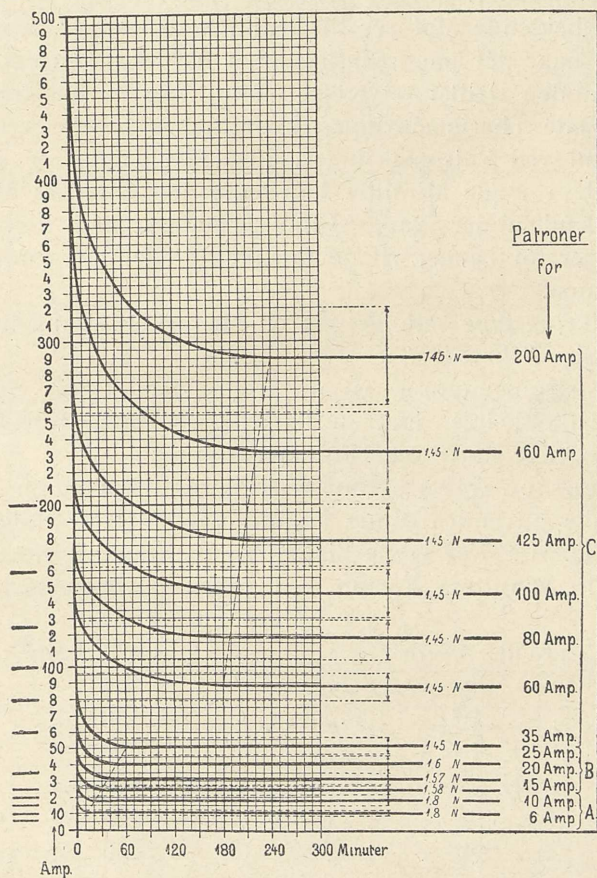
- N Sikringens paastemplede Normalstrøm.
- B Tilladelig Belastning for Ledningen.
- L Lamellesikringens Smeltestrøm.
- P Patronsikringens Smeltestrøm.

Fig. 50 a.

og en Patron-Sølvsikring af samme Værdi, vil ved Overbelastning Sølv-sikringen smelte.

Ved en meget kortvarig og meget stærk Strøm (Kortslutning) er det ikke Udstraalningen, der spiller den største Rolle for den Tid det varer, før Smeltetemperaturen er opnaaet, men det bliver i dette Tilfælde Sikringselementets Varmefylde, der bliver bestemmende for Tiden, indtil Afsmeltning finder Sted. Derfor vil ved heftige Kortslutninger en Patron-sikring virke langsommere end de Sikringer, der har fri Smeltetraad.

Af Fig. 50 a ses endvidere, at en Sikring for en Normalstrøm paa 200 Amp. (den paa Sikringen stemplede Strømværdi), anbragt i en



Smeltekurver for lukkede Sikringspatroner for Værdier fra 6—200 Amp.

Fig. 50 b.

Ledning, hvis højeste Belastning ifølge Forskrifterne maa være 240 Amp., først vil smelte ved 290 henholdsvis 320 Amp. eftersom det er en Patron- eller Lamellesikring, altsaa 45 og 60 pCt. over den paastemplede Værdi. Ved smaa Sikringer er det ikke ualmindeligt, at de først smelter ved op imod 100 pCt. over den paastemplede Værdi (se Fig. 50 b).

Dette Forhold kan undertiden faa en vis skæbnesvanger Betydning, navnlig ved Smaamotorer for Vekselsstrøm.

I Almindelighed vil en Montør for Ekspl. for en Motor paa 3 HK ved 380 Volt, hvis Normalstrøm er 5,1 Amp., ikke nøjes med at anbringe en 6 Amp. Sikring, idet han ræsonnerer, at Motoren ved Igangsætning bruger mindst $1,5 \cdot 5,1 = 7,6$ Amp. Der vil derfor blive anbragt den nærmest større Sikring for 10 Amp., der smelter ved 15 à 20 Amp., altsaa ved en Strøm, der er 3 à 4 Gange Normalstrømmen for Motoren. Da Kortslutningsstrømmen ved fuld Spænding i saadanne Motorer i Almindelighed højst er 3 à 4 Gange Fuldlaststrømmen, vil Sikringerne ikke smelte, eller maaske kun en enkelt smelter, i Tilfælde af at der skulde blive sat fuld Spænding paa en saadan Motor, der staar med kortslettet Igangsætter. Dette Tilfælde kan meget let indtræffe ved automatisk arbejdende Motorer til Grundvandspumper, Vandforsyningsanlæg o. s. v., naar der paa Ledningsnettet har været Fasebrud, Automatudfald eller anden Driftsforstyrrelse. Man kan da for saadanne Anlæg anvende specielle Thermosikringer, hvor Smeltekurven er endnu fladere forløbende end ved Patronsikringer, idet Sikringerne er saaledes konstrueret, at de i nogle Minutter kan taale den dobbelte Strøm uden at smelte (for Ekspl. under Igangsætningsperioden), men hvis denne Overbelastning varer for længe, vil de brænde af eller paa anden Maade afbryde Strømmen.

Denne Sikringstype danner paa en Maade Overgangen til de egentlige automatiske Afbrydere.

Ved Jævnstrømsmotorer vil de almindelige Typer Smeltesikringer være fuldt tilstrækkelige, idet en Jævnstrømsmotors Kortslutningsstrøm er meget betydeligt større end Fuldlaststrømmen.

Til Dimensionering af Smeltestykkerne i Rør og Lamellesikringer, for saa vidt der anvendes runde Traade, kan anvendes følgende Tabeller og Kurver (Fig. 51). For lange blanke Kobbertraade gælder, at disse vil smelte efter 15 Minutters Forløb ved følgende Strømstyrker (de tyske Normaler).

Traad	4 mm ²	220 Amp.
—	6 -	300 —
—	10 -	430 —
—	16 -	610 —
Kabel	25 -	890 —
—	35 -	1075 —
—	50 -	1330 —

Naar Bly ikke er nærmere omtalt, skyldes det, at Bly er forbudt ved alle mindre Sikringer, og iøvrigt nu ogsaa kun finder meget ringe Anvendelse ved de store Typer, idet det foruden den uheldige Egenskab at smelte med eksplosionsagtig Voldsomhed ogsaa i Tidens Løb bliver krystallinsk og skørt og samtidig dermed forandrer sin Modstandsfylde. Dette Forhold spiller navnlig en Rolle ved Vekselstrøm, samt ved Sikringer i Kabelkasser i Gaderne, hvor der er stærke Rystelser fra Vognfærdselen.

I disse Kabelkasser har det iøvrigt vist sig fordelagtigt at anvende Lamellesikringer med tynde Aluminiumsplader som Smeltestrimmel i

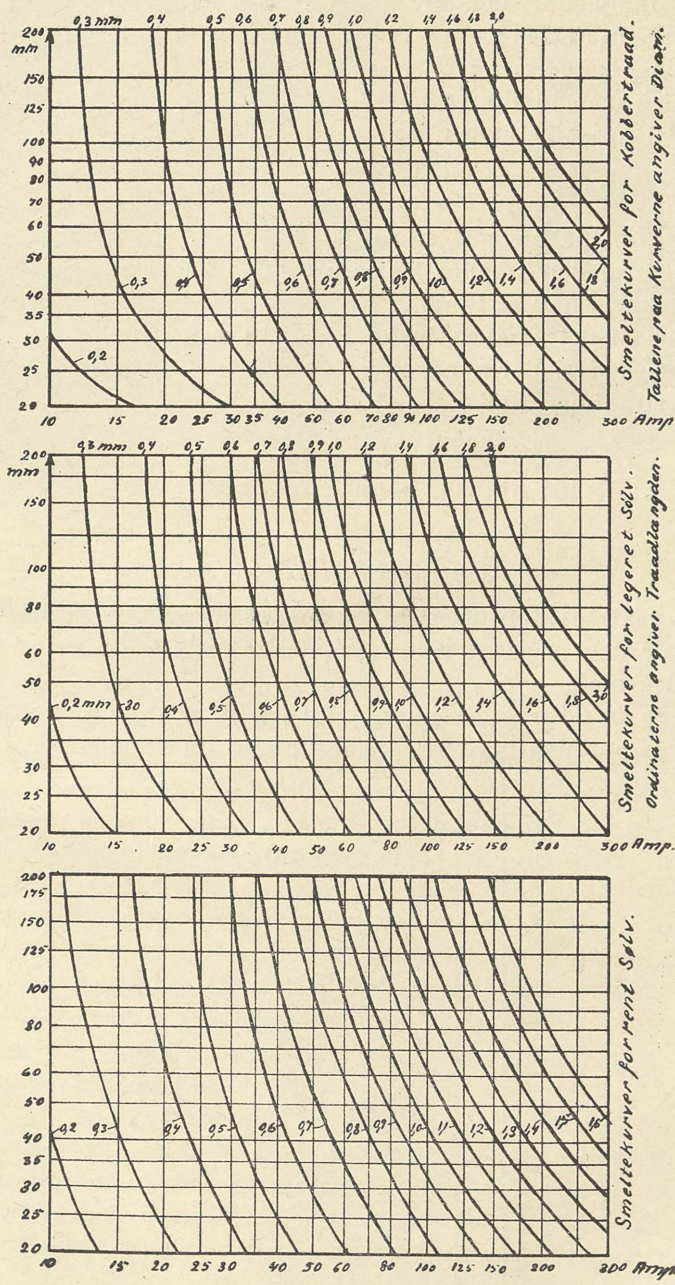


Fig. 51.

Stedet for Sølvs. Sølvets med dets høje Smeltepunkt antager nemlig ved normal Belastning en temmelig høj Temperatur, hvorved Kabelkassens Indre opvarmes stærkt, saa at Fyldmassen i Tilslutningsmufferne bliver

blød og sveder ud. Ved Aluminiumssikringer er Temperaturen væsentlig lavere, saaledes at disse Ulemper undgaas.

Aluminiumplader, der anvendes til Lamellesikringer over 200 Amp. og af Form som Fig. 48 b, kan dimensioneres efter følgende Formel, hvor A er Pladens Tykkelse og B er Bredden af det smalle Stykke, idet man erindrer, at Varmeudviklingen pr. mm^2 holder Ligevægt med Overfladeudstraalingen og Afledningen ved Enderne,

$$J^2 = 500 \cdot A \cdot B (A + B + 2,4 A \cdot B).$$

Eksempel.

Hele Strimlens Længde er ca. 80 mm,

Længden af den smalle Del er ca. 40 mm,

Pladetykkelsen $A = 1$ mm,

Bredden af det smalle Stykke $B = 25$ mm,

Bredden ved Enderne ca. $2 \cdot B$.

Smeltestrømmen findes da af

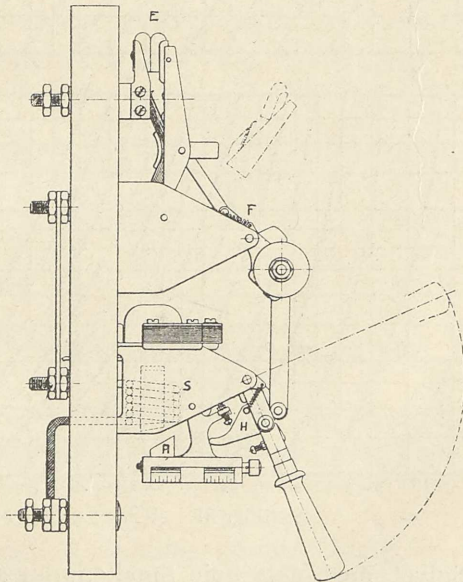
$$J^2 = 500 \cdot 1 \cdot 25 (1 + 25 + 2,4 \cdot 1 \cdot 25)$$

hvoraf $J^2 = 1,07 \cdot 10^6$, altsaa $J \approx 1000$ Amp.

c. Afbrydere [switches — Schalter]

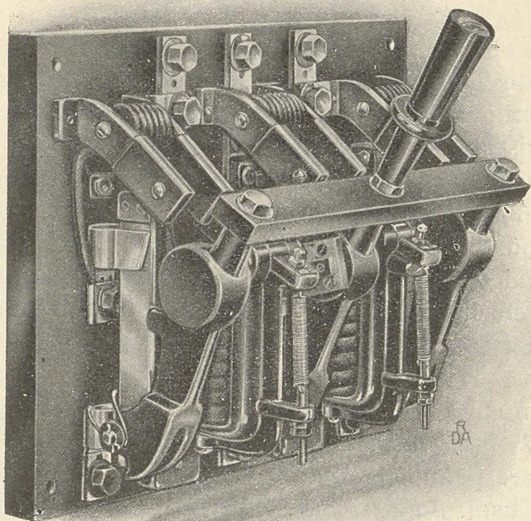
skal være saaledes konstruerede og med saa rigelige Kontaktflader, at de kan taale den paastemplede normale Strømstyrke uden at blive mere end haandvarme.

Daaseafbrydere anvendes indtil ca. 10 Amp. Ved større Strømstyrker bruges Knivaafbrydere. Skal disse kunne taale at afbryde den

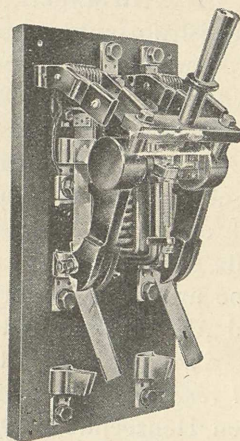


Jævnstrøms Maksimalafbryder (The British Westinghouse Co.).

Fig. 52 a.



Trefaset Maksimalafbryder (N. E. S.).
Fig. 52 b.



Topolet Maksimalomskifter (N. E. S.).
Fig. 52 c.

normale eller eventuelt i visse Tilfælde en større Strøm, bør de bygges som Moment-Knivafbrydere [*quick break switch — Momentschalter*], hvor Knivene frigøres ved Hjælp af spændte Fjedre. En Regel er det dog, at man helst skal undgaa at bryde for store Strømstyrker med disse Knivafbrydere, navnlig naar Spændingen forsvinder paa den ene Side af Afbrydningsstedet (Lysbelastning og lign.). Er der efter Afbrydningen omtrent samme Spænding ved begge Kontakter, vil Lysbuen lettere slukkes (Afbrydning for en arbejdende Motor, ved Batterier o. s. v.).

Automatiske Afbrydere (Maksimalafbrydere, Minimalafbrydere, m. fl.) bygges i Reglen ikke med Knivkontakt, men med Kontakten dannet mellem en fast Flade og et Bundt fjedrende Kobberlameller, der trykkes fast ind mod Fladen; der er da ingen Friktion at overvinde, naar Afbrydningen skal ske.

Maksimalafbrydere [*circuit breaker — Maximalschalter*] er saaledes indrettede (Fig. 52 a), at et Jernanker *A*, der tiltrækkes af Spolen *S*, naar Strømstyrken opnaar en vis forud bestemt Værdi, derved slaar en Spærhage *H* tilside, saaledes at Afbryderen aabner sig hurtigt dels ved Tyngden dels ved Fjederkraft (*F*). Afbryderen er forsynet med en let tilgængelig Bikontakt *E*, som afbryder sidst og derved tager den sidste Gnist med de dermed forbundne mindre Bortbrændinger og Smelteperler. Ofte anvendes en magnetisk Udblæsningsspole til Slukning af Gnisten. Gode Afbrydere af denne Type bør være saaledes indrettede, at Udløsningsstrømmen kan aabne Afbryderen, ogsaa naar man sætter Afbryderen ind paa en Kortslutning. Afbryderen maa derfor have et saakaldt

Frigreb [*loose handle switch — Freiauslösungsschalter*]. Udløsestrømstyrken bør kunne indstilles fra ca. 80 pCt. til ca. 150 à 200 pCt. af normal Belastning.

Disse Afbrydere anvendes baade ved Jævnstrøms og lavspændte Vekselstrømsanlæg, men i sidste Tilfælde maa Magnetjernet selvfølgelig være lamelleret, ligesom Justeringen bliver noget anderledes end ved Jævnstrøm (se Fig. 52 b, der viser en trefaset Maksimalafbryder).

Minimalafbrydere er saaledes indrettede, at de aabner sig, naar Strømstyrken naar ned under en vis Minimumsgrænse. De kan anvendes for at beskytte en Maskine mod Strøm fra Samleskinnerne og Batteriet. Ved en kraftig Kortslutning i Maskinen kan dog Strømmens Retning skifte saa hurtigt, at Afbryderen slet ikke faar Tid til at virke. Denne Type anvendes derfor kun yderst sjældent, og da nærmest ved Anlæg med Akkumulatorbatterier.

En kombineret Maksimal og Returstrømsafbryder [*overload and reverse current circuit breaker — Maksimal und Rückstromschalter*] er i den Henseende betydeligt mere paalidelig.

Denne Virkning kan for Ekspl. opnaas ved Hjælp af en Maksimalafbryder som foran beskrevet (Fig. 52 a), hvor blot Ankeret er polariseret,

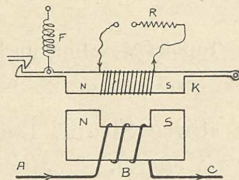


Fig. 53 a.

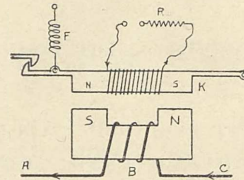


Fig. 53 b.

enten derved, at det bestaar af en Staalmagnet, eller bedre ved, at det er beviklet med en Spændingsspole, hvis Strøm altid er konstant rettet (Fig. 53 a og b).

Først idet Hovedstrømmen naar en vis ret stør Værdi, vil den ved normal Retning kunne overvinde Magnetismen i Ankeret K og tiltrække dette.

Vendes derimod Hovedstrømmen, behøver den kun at opnaa en ringe Styrke for at tiltrække Ankeret.

Værdierne for Udløsningsstrømstyrkerne kan indreguleres ved Hjælp af Afbalancerings af Ankeret og Indstilling paa Forlagsmodstanden R.

Sædvanligvis lader man Afbryderen udløse ved 150 à 200 pCt. af normal Strøm og ved 10 à 15 pCt. Returstrøm.

En Efterregulering af de eengang indstillede Værdier er ikke mulig undtagen ved Laboratorieforsøg.

Denne Type Afbrydere kan ikke anvendes ved Vekselstrøm, da den variable Faseforskydning mellem Strøm og Spænding hindrer en tilstrækkelig sikker Virkning af det polariserede Anker.

Derimod kan der i Forbindelse med Afbryderen anbringes et Relais for Returenergi [*reverse power relay — Rückwattrelais*], der bevirker

Afbrydelse, naar Energistrømmen skifter Retning, hvorom nærmere under Relaiser.

En bedre Type kombineret M & R-Afbryder for Jævnstrøm faas, naar man anvender en almindelig Maksimalafbryder i Forbindelse med en Udløsningsspole og et særskilt Returstrømsrelais. Dette kan være bygget i Form af et *Deprez d'Arsonval* Ampèremeter med indstillelig Kontakt (Fig. 54). Med normal Strømretning slaar Ampèremeternaalen haardt tilvenstre, ved omvendt Strømretning slaar den ud tilhøjre og vil ved den forud bestemte Værdi af Strømstyrken støde mod Kontakten og slutte Strømløbet til Udløsespolen. Denne Anordning har den Fordel, at Maksimaludløsning og Returstrømsudløsning let kan indstilles hver for sig, ganske uafhængig af hinanden.

Disse automatiske Afbrydere virker alle pludseligt ved de indstillede Værdier. En Maksimalafbryder og en Sikring til samme nominelle Strøm vil for et pludseligt Strømstød til den paagældende Værdi virke saaledes, at Afbryderen falder ud, før Sikringen smelter. Dette Forhold kan i adskillige Tilfælde have en vis Betydning.

Undertiden anvendes ogsaa saakaldte Nulspændingsafbrydere (Fig. 53 c) navnlig til Beskyttelse af Motorer mod Beskadigelse, naar Spændingen kommer pludseligt igen efter en Afbrydelse paa Nettet.

d. Olieafbrydere.

[oilswitch — Oehlschalter].

Ved Vekselstrømsanlæg for store Strømstyrker paa flere Tusind Ampère eller ved høje Spændinger, 1000 Volt og derover, anvendes Olieafbrydere, der er saaledes indrettede, at Afbrydningen finder Sted mellem Kontakter, der er fuldstændigt nedsænkede i et Oliebad (Fig. 55).

De er altid udført saaledes, at to eller alle tre Poler af Vekselstrømsledningen eller for Maskinen afbrydes samtidigt, idet det kan give Anledning til meget farlige Overspændingsfænomener, naar Afbrydelsen sker for en Pol ad Gangen. Undertiden deles Oliekassen i flere Dele, een for hver af Polerne, men Afbryderens bevægelige Dele bør da være mekanisk sammenkoblede. Betjeningen kan ske ved mekanisk Stang eller Kæde-træk, eller ogsaa anvendes elektrisk Styring med Elektromagnet (Fig. 55 b, 56) eller med en Motor, der spænder nogle Fjedre, som udløses, naar Bevægelsen skal ske.

Bevægelsen skal være hurtig og sikker, hvilket navnlig har Betydning ved Parallelkobling af Maskiner.

Ved Højspændingsanlæg bør der navnlig paa selve Kraftværket tages Hensyn til, at enhver Olieafbryder, der tilsluttes Samleskinnerne, bør være i Stand til, selv naar Centralen har opnaaet den størst tænkelige

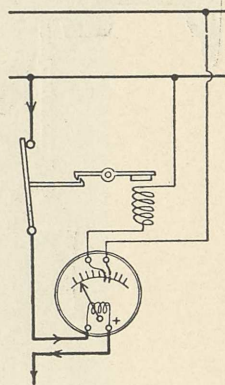
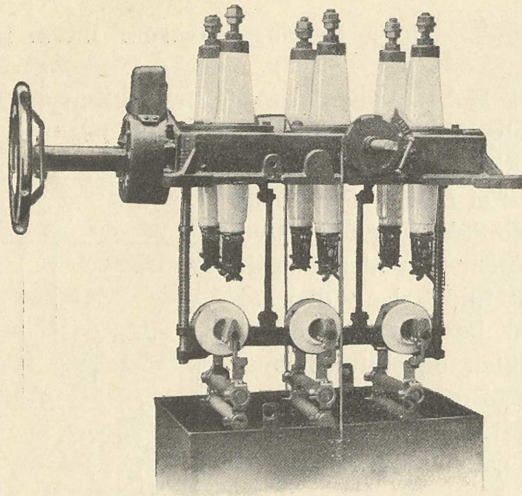
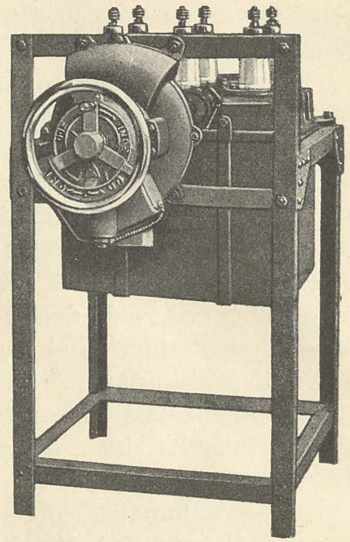


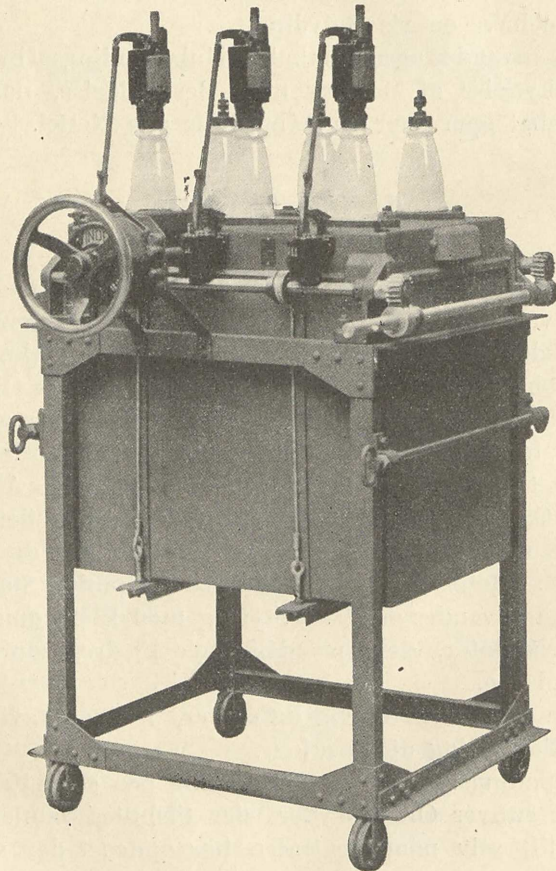
Fig. 54.



Trefaset Olieafbryder (Laur. Knudsen).
Fig. 55 a.



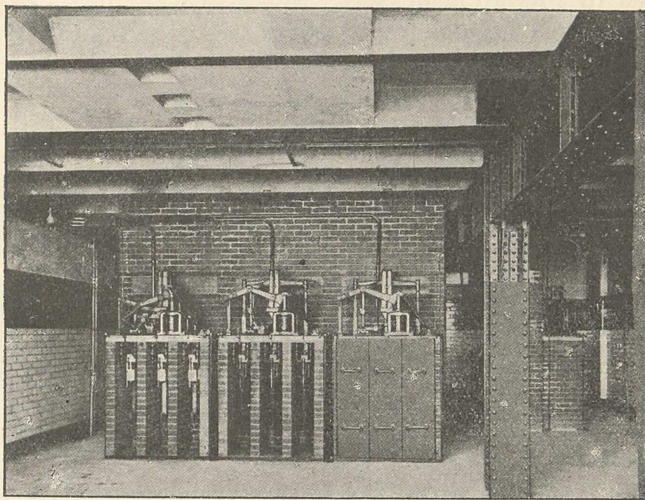
Elektrisk fjernstyret
Olieafbryder (Laur. Knudsen)
Fig. 55 b.



Trefaset Olieafbryder med Maksimalrelais indbygget paa Højspændingssiden (Laur. Knudsen).
Fig. 55 c.

Maskinkraft, at kunne afbryde den maksimale Samleskinneeffekt i Tilfælde af komplet Kortslutning.

Denne maksimale Kortslutningseffekt kan ansættes til 3 à 4 Gange største Maskineffekt.



Olieafbrydere med tredelte Oliekasser (British Westinghouse).
Fig. 56.

For lange Luftledninger eller lange Kabelstrækninger, samt for større Induktionsmotorer, der skal tilsluttes til Højspændingssystemet, bør Olieafbryderen ubetinget forsynes med Bikontakter og Forkoblingsmodstand til Undgaaelse af Overspændinger ved Til- og Frakobling. Denne Modstands Værdi ligger ved Anlæg paa 6000—10 000 Volt gerne mellem Værdierne 300 og 500 Ohm (se I Del Side 60).

Iøvrigt bør man af Sikkerhedshensyn utvivlsomt udstyre alle sine Olieafbrydere paa denne Maade, idet Afbrydelsen af stærke Kortslutninger bliver mindre pludselig, saaledes at de meget farlige og frygtede Olieafbryderekspllosioner ikke saa let kan indtræffe.

Den Strømsløjfe, der findes i Olieafbryderen, vil ved store Kortslutninger søge at udvide sig med stor Kraft (se I Del, Side 27, Fig. 28 og II Del, Side 109), idet Traversen vil stødes nedad, ofte med en Kraft paa flere Hundrede kg.

Selve Afbrydningsstrækningen a (eller rettere $2a$) — Fig. 57 — skal være lang, rettende sig efter den maksimale Kortslutningseffekt, som kan ventes. Ligeledes maa Afstanden b fra Afbrydningsstedet til Oliens Overflade have en passende stor Værdi, ligesom der maa være rigelige Afstande f fra Afbrydningsstederne til Jærnkassen. I de tyske Normaler

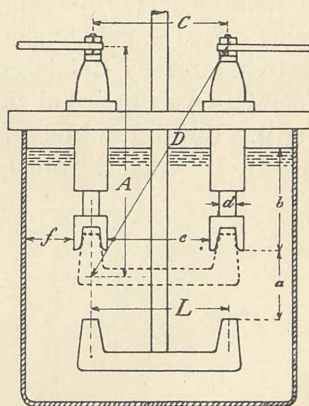


Fig. 57.

findes for Ekspl. disse Forhold nærmere belyste paa klar og tydelig Maade.

Af stor Vigtighed er en hurtig Afbrydelse, saaledes at Lysbuen saavidt muligt kun eksisterer i en Halvperiode (0,01 Sek) og derfor ikke faar Lejlighed til Udvikling af særlig megen Varme med deraf følgende Opstaaen af eksplosive Olie-dampe o. s. v.

e. Relais.

[relays — Relais].

Om disse, som er behandlede i I Del, Side 520—523, skal der paa dette Sted kun tilføjes nogle Bemærkninger vedrørende Relaisers Virke-maade i Praksis.

Naar man i et udstrakt Ledningssystem har flere Relais ind-koblede forskellige Steder i Systemet, saaledes at visse af Relaiserne

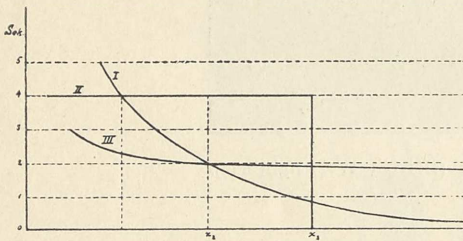


Fig. 58 a.

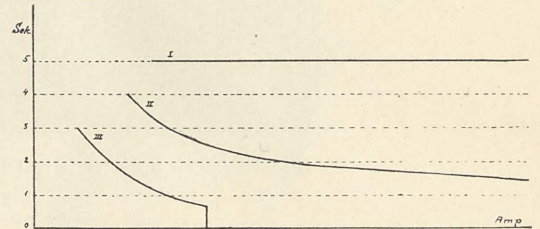


Fig. 58 b.

kommer til at ligge i Serie, maa man passe paa, at de karakteristiske Kurver for disse Relais ikke krydser hinanden, da den rigtige Virkning af Relaiserne (Trip-Trap-Træsko) derved bliver umuliggjort i visse Til-fælde. Lad Rækkefølgen bort fra Kraftværket være I, II, III, saaledes at Generatorens Relais er I (se Fig. 58 a). I Tilfælde af en Kortslutning yderst i Systemet skal da Relais III udløse, før de andre faar Lejlighed dertil. Indtil Punktet x_1 er Rækkefølgen for Udløsning rigtig, nemlig III, II, I. Naar Strømstyrken ligger mellem x_1 og x_2 , er Rækkefølgen

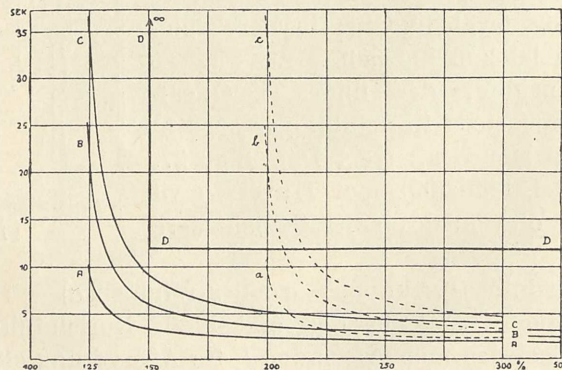


Fig. 59.

for Udløsning III, I, II, mellem x_2 og x_3 sker Udløsningen I, III, II og efter x_3 faas II, I, III. Rækkefølgen er saaledes ret tilfældig, og Relaisers med saadanne Kurver bør derfor ikke kobles i Serie.

Hvis Kurverne derimod er indreguleret saaledes, som vist paa Fig. 58 b med forskellige Relais typer eller som for Ekspl. vist paa Fig. 59 med samme Relais type, sker Udløsningen i samme Rækkefølge, nemlig III, II, I.

Man kan fastslaa følgende Hovedlinier for Indbygning af Relaisers i store forgrenede Anlæg.

1. Olieafbrydere med Momentudløsning ved Kortslutning bør i Almindelighed kun anvendes i et Anlægs Slutningsled, altsaa i Transformatorstationerne.

2. For Olieafbrydere, der befinder sig i et saadant Punkt af et Anlæg, at de har andre mindre Olieafbrydere bag sig, bør man anvende Relaisers, hvis Udløsetid ved Kortslutning ikke synker ned under en bestemt indstillelig Værdi, da serieforbundne Olieafbrydere med Momentudløsning ved Kortslutning udløser i tilfældig Rækkefølge.

3. Relaisers med en saadan bestemt Minimums-Udløsetid bør have saa nær som muligt samme Kurveform for højeste og laveste Strøm-indstilling.

4. Med afhængige eller halvt uafhængige Relaisers bør følge en Fremstilling af Kurveformen.

5. Udløsetiden ved Kortslutning bør i afhængige Relaisers med en bestemt Minimums-Udløsetid, selektiv Relaisers, kunne sættes op til 4 à 5 Sekunder, og i helt uafhængige Relaisers til 10 à 15 Sekunder.

6. I afhængige Relaisers bør Udløsetiden ved den indstillede Udløsestrøm, altsaa den maksimale Udløsetid, kunne sættes op til mindst 25 Sekunder.

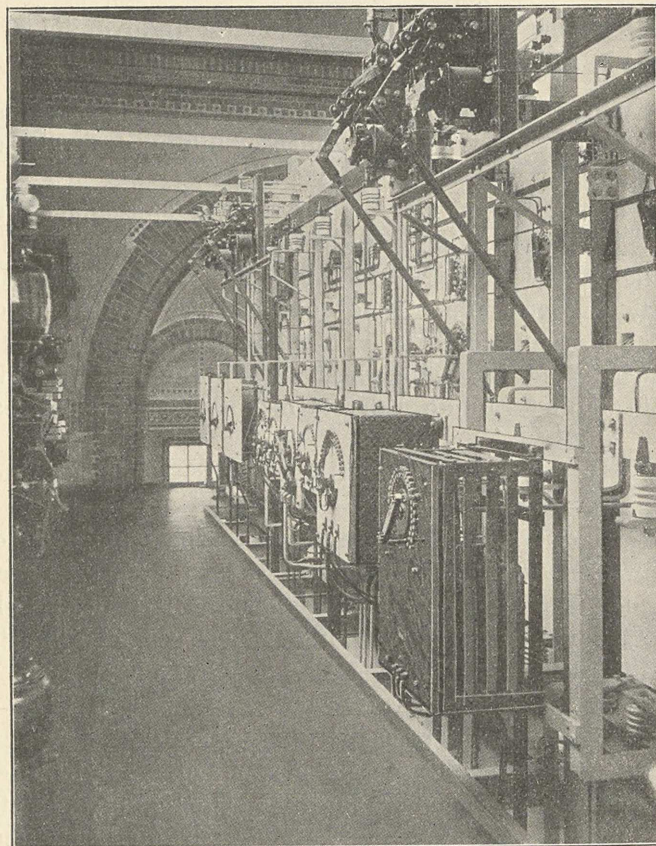
7. Alle Relaisers Egenbevægelse maa være saa stærkt dæmpet, at den, efter at en Kortslutning er ophørt, afsluttes, inden Relaiset har bevæget sig saa meget, som der svarer til et Sekunds Udløsetid.

8. Ved Relaisers indbyrdes Indstilling bør man sammenligne Udløsetiderne ved Kortslutning, da det er lige saa vigtigt som Udløsetiderne ved almindelige Overbelastninger. Ligeledes bør man erindre at tage Hensyn til den Belastning, andre Dele af Anlægget normalt paafører den ene af de to Olieafbrydere, hvis Udløsetid man vil sammenholde.

Det ses klart, at Maksimalrelaisers Indstilling i et forgrenet Anlæg kræver grundig Overvejelse, specielt hvis man har Relaisers med forskellige Kurveformer, der skal samarbejde, og det ses endvidere, at afhængige Relaisers, der er i Overensstemmelse med det ovenanførte, giver rigtige Tidsforskelle mellem Udløsetiderne ved alle Strømstyrker og yder en gunstigere Beskyttelse end helt uafhængige Relaisers eller en Blanding af helt uafhængige og afhængige Relaisers.

f. Tavler og Pulte,

Tavler for lavspændt Vekselstrøm og Jævnstrøm indtil 600 à 700 Volt udføres gerne af polerede 25—40 mm tykke Marmorplader anbragte paa et Stel af Profiljern. Instrumenter, Afbrydere o. s. v. anbringes oftest paa



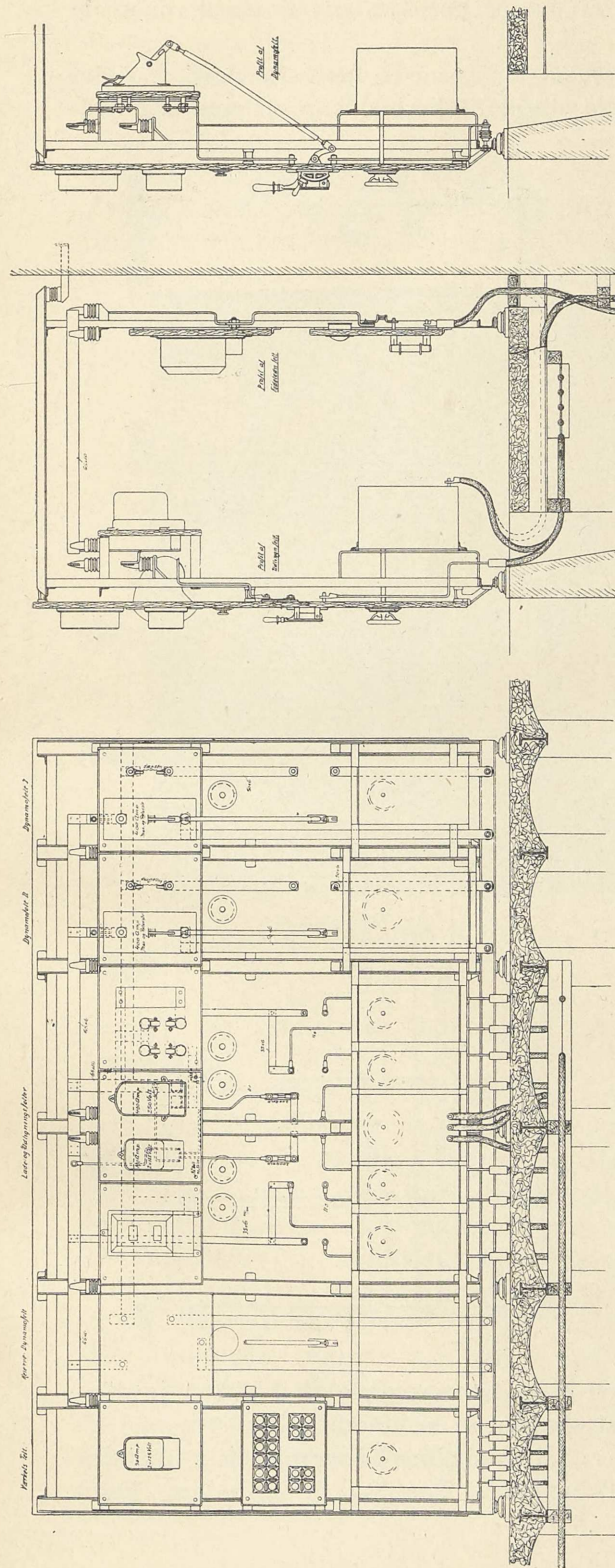
Bagside af større Jævnstrømtavle.

Fig. 60.

Forsiden, medens samtlige Ledningsforbindelser, Samleskinner o. s. v. er anbragt bagved.

I en Del nyere Tavleanlæg har man dog anbragt alle strømførende Dele bagved Tavlen, idet for Ekspl. Afbryderne da maa betjenes ved Hjælp af Vægtstangsforbindelser eller lignende. Dette fordyrer dog Tavlen en Del.

Afbrydernes Haandgreb og Haandhjul til Modstande o. s. v. bør anbringes i bekvem Højde for Betjeningen. Maksimalafbrydere anbringes øverst af Hensyn til eventuel Flammedannelse ved pludselig Afbrydning. Større Lamelsikringer bør enten anbringes meget lavt paa Tavlen eller



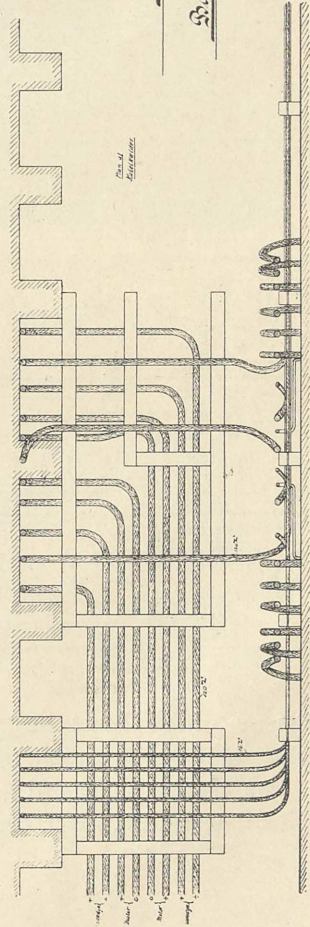
Naribo Elektrifiserings

Skjæde og Profil af Bøjningsstænen, samt

Målestilling



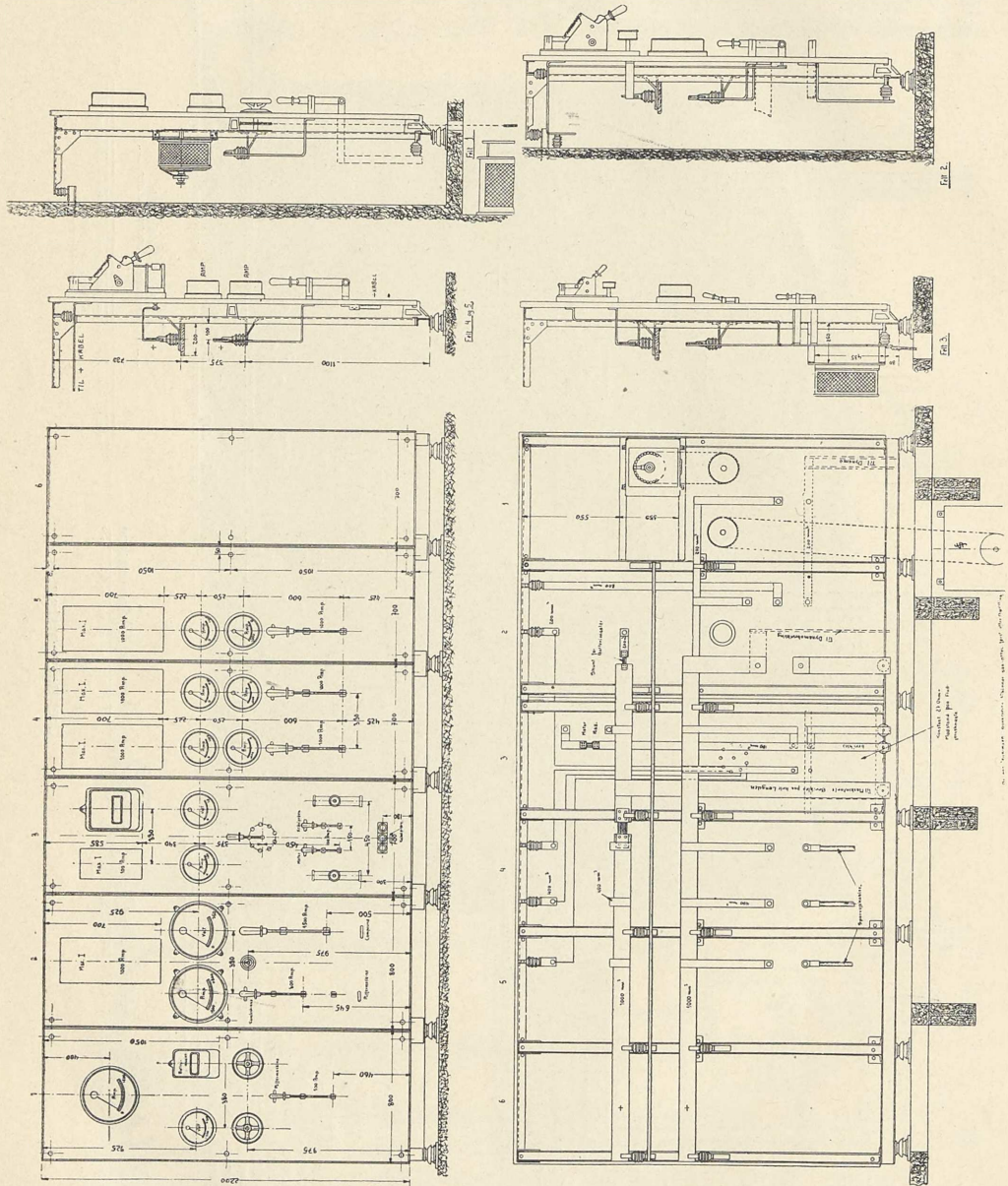
Skæde 1: 50



Jævnstrømsstavle.
Fig. 61.

helt bagved, idet de ellers let vil kunne gøre Øjnene Fortræd, naar de smelter af med en Eksplosion.

Jernstellet er paa Jævnstrømstavler gerne isoleret fra Jord, hvilket medfører, at man med væsentlig større Sikkerhed kan arbejde paa Led-

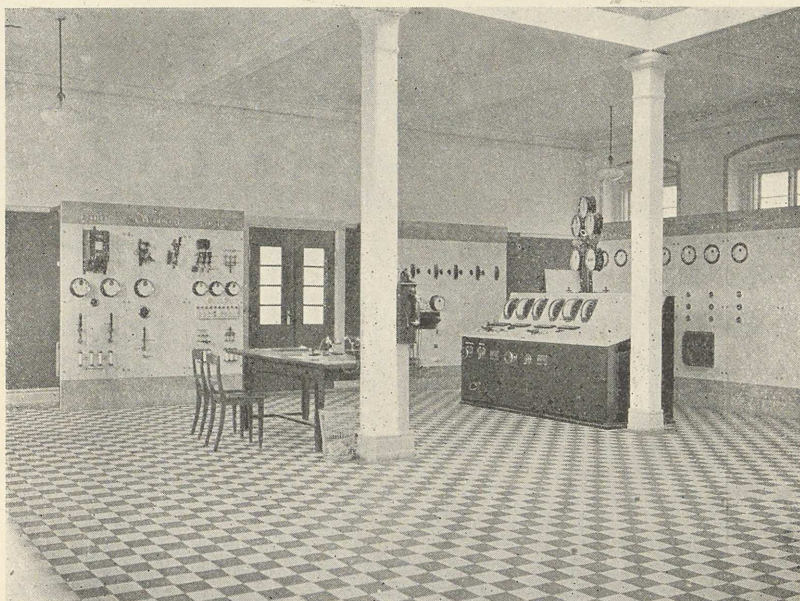


Spurvejstavle (Bragesgades Understation, Kbhvn.).
Fig. 62.

ningerne under Spænding. Ved Vekselstrømsanlæg skal Stellet jordforbindes, idet Jordtraaden mindst skal være en 10 mm² Kobbertraad.

Paa Figurerne 60—61—62 er vist forskellige Eksempler paa moderne Tavleanlæg udført efter disse Principper. Paa Fig. 60 og 61 ses, hvor-

ledes de store automatiske Afbrydere er anbragt øverst oppe bag paa Tavlen med mekanisk Fjernstyring fra Tavlens Forside. Det ses paa alle tre Tegninger, hvorledes Tavlestellet er isoleret fra Jord ved svære Porcelænsisolatorer. Paa Sporvejstavlen (Fig. 62) er der under den øverste Halvdel af Tavlen, hvor de positive Skinner findes, anbragt en vandret Marmorplade til Adskillelse fra den nederste negative Del af Tavlen. Den klare og overskuelige Fremføring af de forskellige Kabler paa Fig. 61 bør særlig bemærkes, idet det erindres, at Kablerne af



Tavlesalen paa H. C. Ørsted Kraftværket i Kbhvn.

Fig. 63.

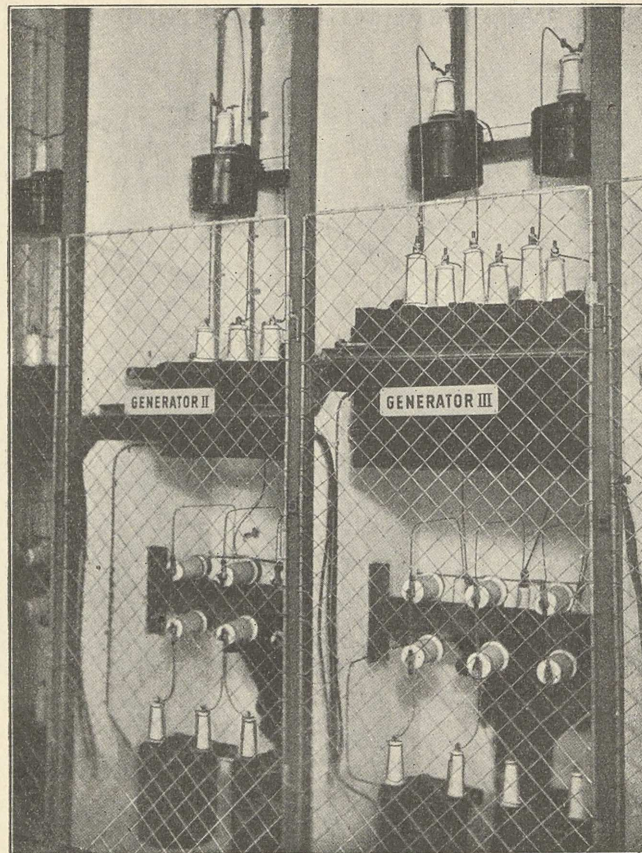
Hensyn til Brandfaren bør være afklædte for den yderste Jutebespinding.

Ved Tavleanlæg med Fjernstyring anvendes ofte Pulte af sortlakeret Jern, eller Instrumenter og Styrenøgler anbringes paa fritstaaende Søjler (Fig. 63). Alle Fjernstyreledninger og Maaleledninger kommer da til at ligge inde i Pulten, ofte tæt sammentrængt. Det er her af største Betydning, at disse Smaaledninger oplægges, saaledes at eventuelle Fejl o. s. v. let kan findes og udbedres. Selve Smaaledningerne lægges uden for Pulten gruppevis i større Rør eller i flerkorede Kabler, hvor hver Traad er kendelig ved sin særlige Farve. Ledninger til forskellige Felter bør ikke anbringes i samme Rør eller Kabel.

Sikringer i Fjernstyreledningerne bør ikke være fælles for flere Maskinfelter, endvidere bør de helst være af en Type med Kendetegn, om Sikringen er hel eller afbrændt.

g. Højspændingsrum.

Højspændingsrummet bør være udført af brandsikkert Materiale og bør adskilles brandsikkert fra det øvrige Anlæg. Iøvrigt er der i Elektricitetskommissionens Regulativ givet nøje Oplysninger om de Fordringer, der stilles til Højspændingsrummenes Anlæg og Udstyr.



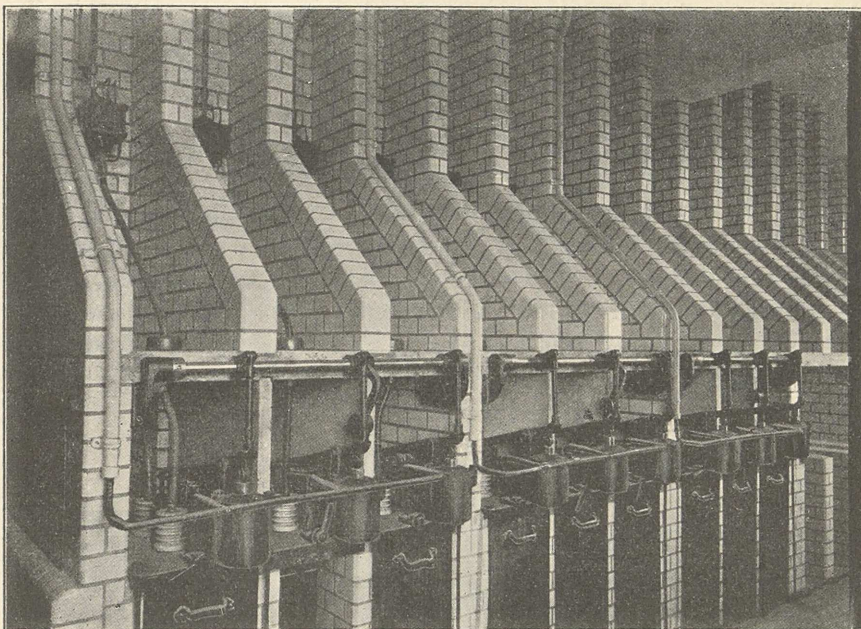
Detail af Højspændingsanlæg i Svinninge.

Fig. 64.

Der bør være meget rigelige Pladsforhold, og der bør drages omhyggelig Omsorg for, at en tilfældig Berøring med spændingsførende Dele er udelukket.

Hvert Felt bør adskilles fra de andre ved brandsikre Cellevægge af Murværk, Beton, Gipsplade eller lignende. Ofte støttes saadanne Konstruktioner af Profiljern (Fig. 64).

Undertiden anbringes ogsaa saadanne Cellevægge mellem Faseledningerne i den enkelte Celle (Fig. 65), men dette maa dog kun i sjældnere Tilfælde anses for nødvendigt (30—80 000 Volt Spænding, samt Anlæg med stor Effekt). Ledningsføringen bør være simpel og let overskuelig,



Cellevægge mellem Faserne (Vestre Elektricitetsværk, Kbhvn.).

Fig. 65.

og der bør anvendes det færrest mulige Antal Isolatorer, naturligvis under fornødent Hensyn til god Afstivning af Ledningerne. Ethvert Felt bør ved Ledningsadskillere kunne kobles fra Samleskinnerne for Eftersyn o. s. v. Ligeledes bør der være Ledningsadskillere mellem et Felt og den udgaaende Ledning.

h. Jordforbindelser og Jordslutningsvisere.

Indretninger til hurtig og nem Jordforbindelse (mindst 10 mm² Kobbertraad) bør findes ved hvert Felt.

Jordforbindelsen skal anbringes, saasomt og saalænge der arbejdes i Feltet, selv om »man selv har aabnet alle Ledningsadskillerne«, ogsaa selv om Centralen ingen Spænding har. Man bør altid ræsonnere: »Der kunde være Spænding alligevel, og saa er Døden sikker, hvis der ikke er jordforbundet!«

Da der altsaa ikke kan arbejdes paa Ledningssystemet under Spænding saaledes som ved Lavspændingssystemer, sørger man gerne for et Sæt Reservesamleskinner, som kan benyttes, medens Hovedskinnerne er under Eftersyn eller Reparation. Omkoblingen til Reserveskinnerne sker ved Hjælp af Ledningsadskillere.

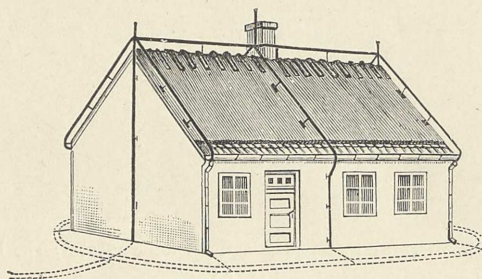
Alle Højspændingsmaskiners Stel, alle Jerndele i Højspændingsrum, saasom Konstruktionsdele i Bygningen (Jernbjælker, Jernindlæg i Beton o. s. v.), Olieafbryderstel, Kapper for Maaletransformatorer, Bærestativer,

Fodstykker for Støtteisolatorer og Gennemføringsisolatorer o. s. v. maa omhyggeligt jordforbindes.

Hvis der findes mere end een Jordplade i Anlægget, maa disse forbindes indbyrdes, for at der ikke skal opstaa farlige Spændingsdifferenser imellem dem.

Som Jordplade paa Centraler anvendes ofte en ca. 1 m² galvaniseret Jernplade eller fortinnet Kobberplade anbragt i en Drænbrønd eller lignende, saaledes at den staar neddykket i Grundvandet. Netlynaflader-systemets Jordledning (Fig. 66) kan ogsaa benyttes, ligesom man ofte som ekstra Sikkerhed forbinder til Hovedvandleddninger.

Paa Steder, hvor Grundvandet ligger meget dybt, kan man drive et eller flere 1" à 2" Gasrør et Par Meter ned i Jorden eller anbringe en



Hus med Netlynaflader.
Fig. 66.

Jordplade i et 1 à 2 m dybt Hul, der paa det nederste Stykke — omkring Jordpladen — fyldes med knuste Koks tilsat lidt Kogsalt eller Klormagnium. Ved en Mødding kan faas god Jordforbindelse.

Ved smaa Transformatorstationer kan et godt galvaniseret, stærkt Traadnet anbragt $\frac{1}{2}$ —1 m under Gulvet og strækkende sig ca. 1 m. uden for Bygningen paa alle Sider virke som en god Jordplade.

Jordpladernes Overgangsmodstand til Jord skal være saa lille som overhovedet mulig, paa selve Centralen helst lig Nul, ude paa Nettet ikke gerne over ca. 10 Ohm. Det forlanges, at denne Modstand maales og noteres mindst 1 Gang om Aaret.

En Jordplades Modstand vokser med den Tid, hvori en Afledning varer (Udtørring af Jordlaget omkring Pladen), saafremt Pladen ikke direkte befinder sig i Grundvandet.

Overflade-Jordforbindelse bestaaende af et vandret Net eller et vandret udbredt System af Traade eller hellere Baand er langt overlegen en Jordforbindelse gennem Gasrør neddrevne i Jorden eller en enkelt Jordplade i fugtig Jord, idet en Udtørring i dette Tilfælde ikke saa let finder Sted.

Blank Returledning i Jord for Jævnstrøm Trelederanlæg udført af galvaniseret Jernkabel eller Jerntraad kan ikke anbefales.

En Jordplade maa ikke nedsænkes i en muret Brønd, men hellere i en Sø eller et Gadekær. Endvidere bør man passe paa tilsyneladende

Grundvand, der ligger elektrisk isoleret i et Lerbækken (Fig. 67 a), idet Lerlaget vil repræsentere en meget stor Modstand, som man ikke vil finde ved den i I Del, Side 457 viste Methode til Maaling af Jordpladers Modstand.

Hvis en Højspændings-Fase faar Jordforbindelse, kan man vente sig en Jordstrøm, naar Systemets Nulpunkt (de strømforbundne Generatorers eller Transformatorers Nulpunkt) er isoleret, der pr. 100 km og pr. 1000 Volt vil blive ca. $\frac{1}{3}$ Amp. ved Luftledninger og ca. 12 Amp. ved Kabler.

Denne Strøm skyldes Kapaciteten af den beskadigede Fase og Jord til de to andre Faser.

I Tilfælde af jordforbundet Nulpunkt faas Kortslutning, naar en Højspændings-Fase faar Jordforbindelse. Ligeledes faas Kortslutning ved

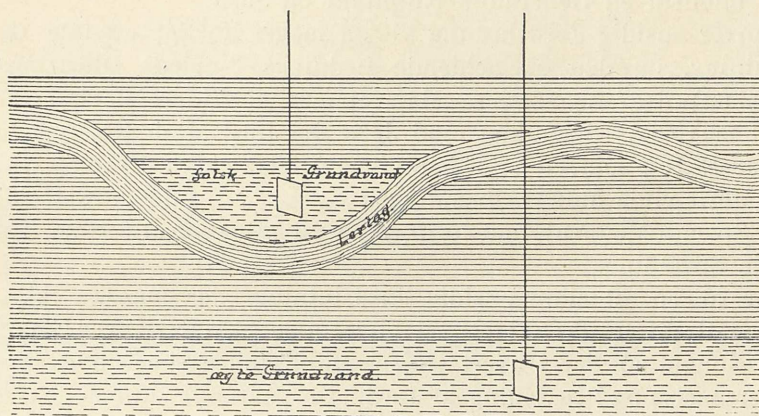


Fig. 67 a.

Fejl paa to Faser samtidigt. Kortslutningsstrømmen vil da blive 3 à 4 Gange Strømmen ved fuld Belastning af samtlige arbejdende Maskiner.

Da Olieafbryderne hurtigt vil afbrydes, kan man dimensionere Jordtraaden (blank Kobberledning) for den korte Tid, Kortslutningen varer, til at taale ca. 20 Gange den forskriftsmæssige tilladte Strøm for Installationsledninger.

Eksempel:

En Højspændingscentrals Generatorkraft er ca. 10 000 KVA ved 6000 Volt. Maksimal Strøm 1000 Amp. pr. Fase. Kortslutningsstrøm ca. 4000 Amp. ved total Kortslutning.

Kabelnettets Udstrækning er 75 km. Spændingen til Jord er 3470 Volt. Derved faas ifølge ovenstaaende en Kortslutningsstrøm ved ensidig Jordforbindelse paa $12 \cdot \frac{75}{100} \cdot \frac{3470}{1000} \approx 30$ Ampère.

Da disse 30 Amp. ikke vil være i Stand til at bryde Olieafbryderen for det beskadigede Kabel, idet den laveste Indstilling af Relaiserne er for ca. 100 Amp. (ved 6000 Volt \approx 1000 KVA), vil en saadan enkeltpolet

Fejl kunne vedblive at bestaa i længere Tid, naar Nulpunktet af Generatorerne holdes isoleret, og der ikke anvendes Gennemslagssikring.

Jordtraaden for det enkelte Felt maa da vælges til 16 mm^2 , medens den for Olieafbryderne og Hovedsamleskinnerne passende kan være 95 mm^2 .

Naar den enpolede Jordslutning maaske dannes af en stærkt svingende Lysbue eller udgøres af en Række Gnister, vil der kunne foraarsages meget kraftige Overspændinger og Resonansfænomener af betydelig Spænding og Periodetal.

Da Nulpunktet ikke godt kan jordforbindes permanent af Hensyn til de deraf følgende Telefonforstyrrelser hidrørende fra højere harmoniske Strømme, hvilket er paavist af E. v. H. R.: »Elektroteknikeren« 1910, Side 95 og 1912, Side 13, anbringer man ofte en Gennemslags-sikring imellem en Generators Nulpunkt og Jord.

Enhver ensidig Jordslutning vil da meget hurtigt udvikle sig til en Kortslutning, og den paagældende Lednings 3-polede Olieafbryder vil blive slaaet ud af Relaiserne. Man opnaar endvidere derved, at de to andre Faser, hvis Spænding mod Jord før Jordslutningen paa den 3die Fase var E_f , og som efter Jordslutningen (i Tilfælde af isoleret Nulpunkt) overfor Jord vilde antage Spændingen $E_n = \sqrt{3} \cdot E_f$ (idet jo den 3die Fase nu har Spændingen Nul mod Jord), ikke vil blive udsat for den $\sqrt{3}$ Gange saa høje Spænding.

For at en tilfældig ensidig Jordslutning, der maaske ikke straks medfører direkte Jord, i Tide skal blive opdaget, foreskriver Elektricitetskommissionen, at der i hvert Højspændingsanlæg skal findes Apparater til Undersøgelse og Paavisning af Jord. De gaar alle ud paa at fremkalde et Viserudslag eller andet Signal, naar Strømfordelingen eller Spændingsfordelingen i Tilfælde af ensidig Jordforbindelse er bleven unormal.

Vedrørende Forbindelseskemaer for saadanne Jordslutningsvisere henvises til I Del, Side 519—520.

Det kan være farligt at berøre Jordtraaden, idet der let i Nærheden til Tider kan optræde temmelig store Spændingsdifferencer.

Den normale Ladestrøm i et ikke jordforbundet Luftledningssystem kan ganske tilnærmelsesvis med ca. ± 10 pCt. Nøjagtighed sættes til

$$\text{ved Trefaseanlæg } J_c = \frac{\text{Kilovolt} \cdot \text{Kilometer}}{550}$$

$$\text{» Enfaseanlæg } J_c = \frac{\text{Kilovolt} \cdot \text{Kilometer}}{630}$$

Strømmen til Jord paa Fejlstedet bliver

$$\text{ved Trefaseanlæg } J_j = 1,4 J_c$$

$$\text{» Enfaseanlæg } J_j = J_c$$

Ved 1000 km Luftledning og 15000 Volts Trefasestrøm faas

$$J_j = \frac{15 \cdot 1000 \cdot 1,4}{550} = 38 \text{ Amp.}$$

Er Overgangsmodstanden til Jord $R_j = 20$ Ohm, faas den totale Spænding mod Jord $E_j = 20 \cdot 38 = 760$ Volt. Den paa Fig. 67 b tegnede Kurve viser, hvorledes Potentialfordelingen langs Jordoverfladen omtrentlig vil være i Tilfælde af, at der sker en Afledning (for Ekspl. en nedfalden Højspændingsledning) i Afstanden a_3 fra Jordforbindelsesstedet, idet Jordpladen forudsættes at have Modstanden Nul overfor virkelig Jord (Grundvandet). Det ses, at et Dyr, der med Forben og Bagben staar ved a_1 og a_2 , vil kunne blive udsat for en betydelig Spændingsdifferens $E_{a_2} \div E_{a_1}$, der eventuelt kan blive livsfarlig. Saaledes taaler Heste ikke ret stor Spænding, og man har Eksempler paa, at Heste er bleven dræbt af en halv Snes Volt Spændingsdifferens.

Det indses umiddelbart, hvor farligt det er, naar ikke enhver Afledning paa et Højspændingsnet øjeblikkeligt »gaar i Jord« og i Tilfælde af

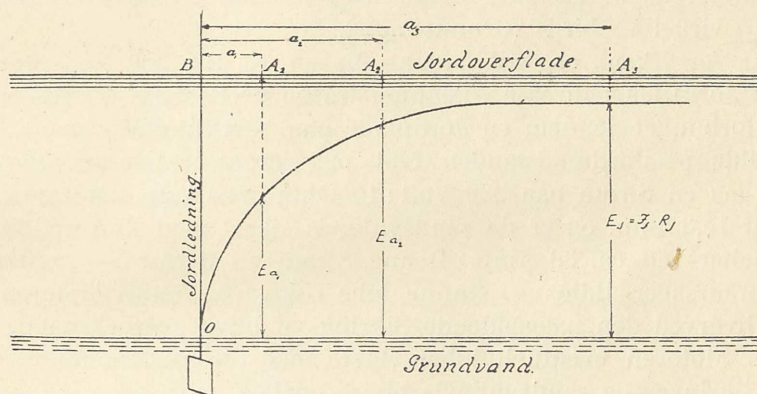


Fig. 67 b.

en større Fejl giver Kortslutning til Jord, samt hvor nødvendigt det derfor er, at alle Jernstel, Isolatorstøtter, Blykappen paa Kabler, Kabelmuffer o. s. v. paa Centraler, Transformatorstationer, Luftledningsmaster o. s. v. er effektivt jordforbundet til Højspændingsnettets Jordledning, idet denne skal have den bedst mulige og sikrest mulige Forbindelse til Jord.

Der bør udføres Jordforbindelse for hver 10 km Luftledning, højst 2—3 Ohm pr. Jordtraad. Da denne altsaa ikke bør have for stor Modstand, bør den derfor helst laves af Kobber.

Vanskeligheden ved Jordforbindelsen vokser med Udstrækningen af Nettet, og det synes derfor heldigt ved Net med stor Udstrækning, at skille Nettet i mindre ved Hjælp af Transformatorer. Derved formindskes Jordslutningsstrømmen, og det vil ogsaa af andre Grunde (Over-spænding) være en heldig Forholdsregel.

Paa en Transformatorstation bør Transformatorens Jernstel og Højspændingsanlæggets andre Jerndelev forbindes til Højspændingsnettets »Jord«. Ved Systemer, hvor en saadan Jordtraad ikke findes, bør Transformatorstel og andre Konstruktionsdele forbindes til en særlig Jordplade, der til Undgaaelse af den ovenfor nævnte Spændingsdifferenser staar i For-

bindelse med et Metaltraadsnet under Transformatorstationens Gulv og rækkende mindst 1 m udenfor denne til alle Sider.

Lavspændingsnettets Jordplade kan da passende anbringes ved første Lavspændingsmast 25–50 m fra Transformatoren. Hvis der nemlig benyttes fælles Jordplade, vilde der ved Afledning i Transformatoren kunne overføres Højspænding til Lavspændingsnettets Nulleder, saafremt denne Jordplade havde en kendelig ohmsk Modstand, hvilket meget ofte vil være Tilfældet.

Ogsaa i Lavspændingsnet kan daarlig Jordforbindelse afstedkomme Ulykker. Under Overskriften Sikring af Transformatorer er i I Del Side 232 vist, hvor uheldigt en stor ohmsk Modstand i Lavspændingsnettets Nulleder kan virke. Et lignende Forhold vil gøre sig gældende i Tilfælde af, at en af Faserne faar Afledning til Jord for Ekspl. i en Motor og enten Motorens Jordplade — eller begge — har en høj Overgangsmodstand til virkelig »Jord« (Grundvandet).

Har for Ekspl. en Stikkontakt for en 10 HK 380 Volt Motor (220 Volt til Jord) faaet direkte Afledning fra en af Faserne til Stel, og dette er jordforbundet gennem en Jordplade paa 10 Ohms Modstand, vil der i Tilfælde af Jordmodstanden Nul paa Transformatorstationen højst kunne gaa en Strøm paa $220 \text{ Volt} : 10 \text{ Ohm} = 22 \text{ Amp}$. Motoren bruger normalt 15,3 Amp. og er da sandsynligvis sikret med 20 Amp. Sikringer, der smelter ved ca. 30 Amp. Denne Strøm vil derfor — saafremt den ikke foraarsager Ildløs — kunne løbe i dagevis, indtil Motoren sættes igang, hvorved den paagældende Sikring vil blive overbelastet og smelte, medens Motoren eventuelt løber videre med Strømmen for de to resterende Sikringer og sandsynligvis bliver ødelagt.

Der vil da, saalænge Afledningen varer, fra Jordpladen ved Stikkontakten ske en Potentialfordeling i Lighed med Fig. 67 b, saaledes at $E_j = 220 \text{ Volt}$, idet den daarlige Jord ved Motoren er ved A_3 og den virkelige gode Jord (Grundvandet, Møddingen) er ved B . Er A_3 lig en halv Snes m, kan der da let paa et mellemliggende Stykke paa 1 à 1,5 m optræde en Spænding paa 20–30 Volt, stor nok til at dræbe en Hest.

Den ovenfor i I Del omtalte Sikkerhedsanordning vil ogsaa kunne virke i Tilfælde af en saadan stærk Afledning.

i. Skinner og Ledninger.

Alle Ledninger bag Tavlen maa lægges med gode indbyrdes Afstande og godt understøttede paa Isolatorer af Porcellæn eller paa Marmorklodser. Hvor forskellige Polariteter ikke kan holdes længere fra hinanden end 5–10 cm, bør Ledningerne være isolerede, eller Skinnerne bør omvikles sikkert og paalideligt med 1 à 2 Lag Isoleraand. Ledninger af forskellig Polaritet bør males med forskellig Farve.

Alle Ledninger over 10 mm² bør samles med Muffer eller Kabelsko. Blanke Kobberskinner samles ved Overlapping ved Hjælp af paaspændte

Klemmer (Fig. 68), hvorved dog maa erindres, at saafremt Skinnerne fører Vekselstrøm, maa Klemmer og Bolte, der ved Jævnstrøm normalt laves af Jern, her udføres saaledes, at der ikke dannes et om Lederen

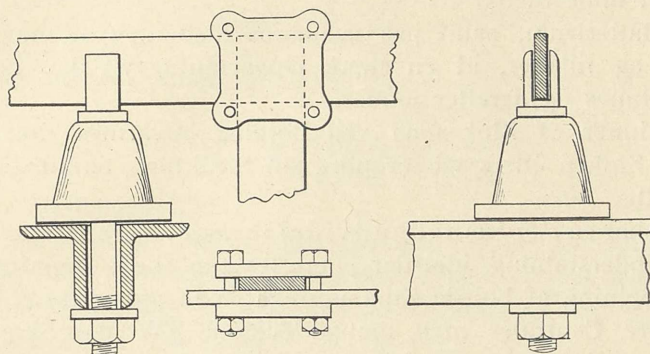


Fig. 68.

lukket magnetisk Kredsløb (Boltene kan laves af Messing), da Samlingen ellers vil varme utilladeligt stærkt og eventuelt kan blive glødende.

Lukkede Systemer af Jern umiddelbart udenom en enkelt Skinne, der fører en stærk Vekselstrøm, bør i det hele taget undgaas.

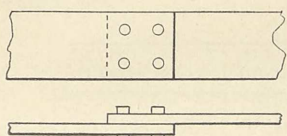


Fig. 69 a.

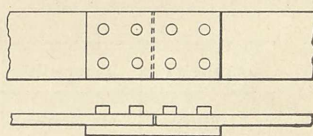
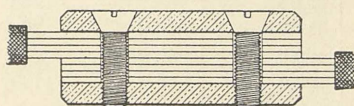


Fig. 69 b.

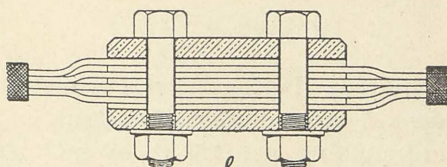
Samlingen vil endvidere kunne udføres med gennemgaaende Bolte (Fig. 69 a).

En Samling med Lasker (Fig. 69 b) ligesom ved Brodragere giver forøget Overgangsmodstand og er unødigt dyr.

Skal flere parallele Skinner samles, bør det ikke ske som paa Fig. 70 a, men saaledes som vist paa Fig. 70 b, idet den første Forbindelse vil varme stærkt. Naar Skinneenderne er plane og godt ren-



a



b

Fig. 70.



sede umiddelbart før Sammenspændingen, behøves en Fortinning eller et Mellemlag af Stanniolblade ikke, idet Skinnerne ved almindelige Tavleanlæg sjældent bliver mere end haandvarme, saaledes at en Iltning ikke vil finde Sted.

Kun i Batterirum, samt paa saadanne Steder, hvor man paa Forhaand véd og tillader, at en stærk Opvarmning vil ske, bør Skinnerne enderne fortinnes og derefter loddes.

Samleskinner af Zink maa ved Bøjning opvarmes, dog ikke over 100° C., da Zinken ellers vil forandre sin Struktur. Samlinger kan ske med Jernbolte.

Da Zink har en stor Længdeudvidelseskoefficient, maa der sørges for rigelig Understøtning, idet der ellers let kan ske Udbøjninger.

Tilbagebøjning af bøjede Zinkledninger maa aldrig finde Sted.

Paa store Centraler med mange Tusinde KW maa Skinnerne oplægges med særlig Omhyggelighed, da der ved Kortslutninger vil kunne opstaa mægtige Kræfter imellem dem, (se I Del, Side 27—28). Hvor saadanne svære Skinner skal oplægges, kan anbefales den paa Fig. 68 viste Befæstelsesmaade for Isolatorerne paa to  Jern eller  Jern.

Jernbolte, hvor der ikke regnes med kendelig Varmeafledning ved Enderne, kan belastes efter følgende Tabel, hvorved Temperaturen ikke vil overstige 30° C.

Diameter	Tværsnit	Jævnstrøm	Vekselstrøm
1 mm	0,79 mm ²	4,4 Amp.	4,3 Amp.
2 —	3,14 —	10,5 —	10,0 —
3 —	7,07 —	18,0 —	15,5 —
4 —	12,57 —	25,5 —	20,5 —
5 —	19,64 —	34,5 —	25,0 —
6 —	28,27 —	44,0 —	29,0 —
7 —	38,48 —	55,0 —	34,0 —
8 —	50,26 —	66,0 —	38,0 —
10 —	78,54 —	98,0 —	46,0 —
12 —	113,1 —	110,0 —	54,0 —
14 —	153,9 —	135,0 —	61,0 —
16 —	201,1 —	160,0 —	67,0 —
18 —	254,5 —	185,0 —	73,0 —
20 —	314,2 —	210,0 —	80,0 —
25 —	490,9 —	285,0 —	97,0 —
30 —	706,9 —	360,0 —	114,0 —

Den tilladelige Belastning af blanke Skinner, Rør eller runde Stænger kan beregnes af Formlen

$$J = k \sqrt{P \cdot q}$$

hvor P er Lederens Omkreds (Periferi eller Perimeter) i mm og q dens Tværsnit i mm², medens k er en Materialkonstant.

For en Temperaturstigning paa 25° C. over Omgivelserne faas ved Jævnstrøm

$$\begin{aligned}
 \text{for Kobber} & J_{Cu} = 4 \sqrt{P \cdot q} \\
 \text{— Aluminium} & J_{Al} = 3,1 \sqrt{P \cdot q} \\
 \text{— Zink} & J_{Zn} = 2,1 \sqrt{P \cdot q} \\
 \text{— Jærn} & J_{Fe} = 1,4 \sqrt{P \cdot q}.
 \end{aligned}$$

For et hvilket som helst Metal er

$$k_x = k_{Cu} \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_{Cu}}} = 4 \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_{Cu}}},$$

hvor ρ er Modstandsfylden.

Ved Vekselstrøm gælder den samme Formel for alle umagnetiske Materialer. For almindeligt Smedejern, Traad, Gasrør og Profiljern viser det sig ved Beregning, at man ved 50 Perioder og ved en Temperaturstigning paa 25° C kan sætte

$$J_{Fe} = 1,25 \cdot P.$$

Ved 25 Perioder kan Strømmen forøges med 20 pCt. uden at Temperaturen stiger over de 25° C. For Staal gælder Formlen ikke. Det viser sig, at fra ca. 50 Amp. vil det være heldigere at anvende Jernrør end Jerntraade, men at flade Skinner dog giver endnu lidt mere Besparelse end Rør.

Eksempel.

Hvor stor Strøm kan der føres i en 1000 m² Skinne af Tykkelse 0,1 · Bredden (10 × 100).

Man har

$$P = 2 (10 + 100) = 220, q = 1000, \sqrt{P \cdot q} = 470.$$

Strømmen bliver da

$$\begin{aligned}
 \text{for Kobber} & J_{Cu} = 4 \cdot 470 \cong 1900 \text{ Amp.} \\
 \text{— Aluminium} & J_{Al} = 3,1 \cdot 470 \cong 1450 \text{ —} \\
 \text{— Zink} & J_{Zn} = 2,1 \cdot 470 \cong 1000 \text{ —} \\
 \text{— Jern (=)} & J_{Fe} = 1,4 \cdot 470 \cong 660 \text{ —} \\
 \text{— — (50 } \sim \text{)} & J_{Fe} = 1,25 \cdot 220 \cong 275 \text{ —}
 \end{aligned}$$

I Tilfælde af, at man kunde ønske at belaste en blank, rektangulær Skinne endnu stærkere, for Ekspl. med Strømtætheden $\sigma = \frac{J}{q}$, kan Overtemperaturen beregnes af

$$T = \frac{\sigma^2}{0,0121 \cdot \frac{P}{\rho \cdot q} \div \alpha \cdot \sigma^2},$$

hvor ρ er Modstandsfylden, og α er Temperaturkoefficienten.

For de Metaller, der her kan komme i Betragtning, gælder følgende Værdier.

	Modstands- fylde ρ	Temperatur koeff. α	Varmeudvidel- seskoeff. β	Smeltepunkt
Kobber. Cu	0,0175	0,004	$17 \cdot 10^{-6}$	1100°
Aluminim. Al	0,0294	0,004	$23 \cdot 10^{-6}$	660°
Jern. Fe	0,1430	0,0057	$12 \cdot 10^{-6}$	1400°

Zink kan ikke anvendes ved høje Temperaturer, da det for let ilter sig og har et temmelig lavt Smeltepunkt (420°).

For Kobber faas da

$$T = \frac{\sigma^2}{0,7 \cdot \frac{P}{q} \div 0,004 \cdot \sigma^2} = \frac{J^2}{0,7 \cdot P \cdot q \div 0,004 \cdot J^2}$$

Ved Samleskinneanlæg i Byer, hvor den højeste Strømbelastning kun optræder nogle faa Timer pr. Aften i et Par Maaneder af Aaret, vil Hensynet til Varmetabet i Skinnen ikke spille nogen Rolle i Sammenligning med Hensynet til billige Anlægsomkostninger. Man vil derfor saadanne Steder have Interesse i at anvende høj Strømtæthed i Maksimalbelastningsperioderne, saaledes at Overtemperaturen bliver for Ekspl. 50°, altsaa med en Lokaletemperatur paa 30° C, ialt ca. 80°.

Den samme 1000 mm² Kobberskinne som før vil da kunne taale en Strømtæthed σ , som findes af

$$50^\circ = \frac{\sigma^2}{0,7 \cdot \frac{220}{1000} \div 0,004 \cdot \sigma^2},$$

hvoraf $\sigma = 2,5$, og $J = 2500$ Amp.

Ved den dobbelte Overtemperatur er Strømstyrken altsaa $< \sqrt{2} \cdot 1900 = 2700$ Amp.

Ved Anlæg, hvor Temperaturen saaledes til Tider kan blive temmelig høj, maa der ved Oplægningen af Skinnerne tages alt fornødent Hensyn til Længdeudvidelsen af Skinnerne.

Er saaledes den betragtede Kobberskinne $L = 25$ m lang, faas ved $T = 50^\circ$ Overtemperatur en Længdeudvidelse paa

$$l = L \cdot 10^3 \cdot T \cdot \beta \text{ mm,}$$

$$l = 25 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 17 \cdot 10^{-6} = 21 \text{ mm.}$$

Skinnerne bør derfor ikke oplægges paa den sædvanlige Maade fastspændt paa Isolatorer, saaledes som vist gaa Fig. 71 a, men for Ekspl. saaledes som vist paa Fig. 71 b, idet den første Anordning i Tidens Løb uvægerligt vil give Anledning til en Mængde Isolatorbrud, medens den sidste Anordning tillader Skinnerne frit at glide paa de i kraftige, fernisserede Bøgetræsklodser indlagte glatte Marmorstykker. Den bærende Jernkonstruktion holdes endvidere isoleret fra Jord, saaledes at der ikke let ved senere Arbejde paa Skinnerne kan laves Kortslutninger med Skruenøgler eller lignende. Endelig frembyder den sidste Konstruktion

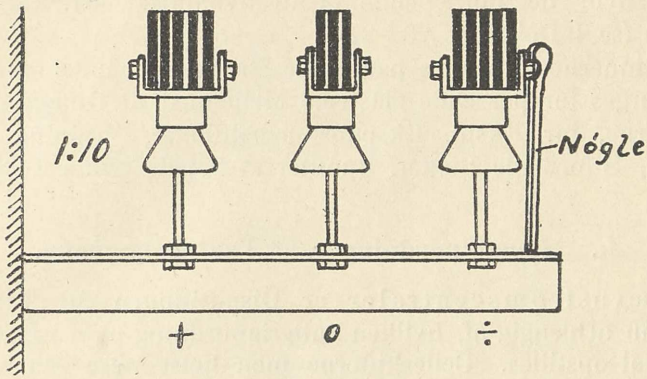


Fig. 71 a.

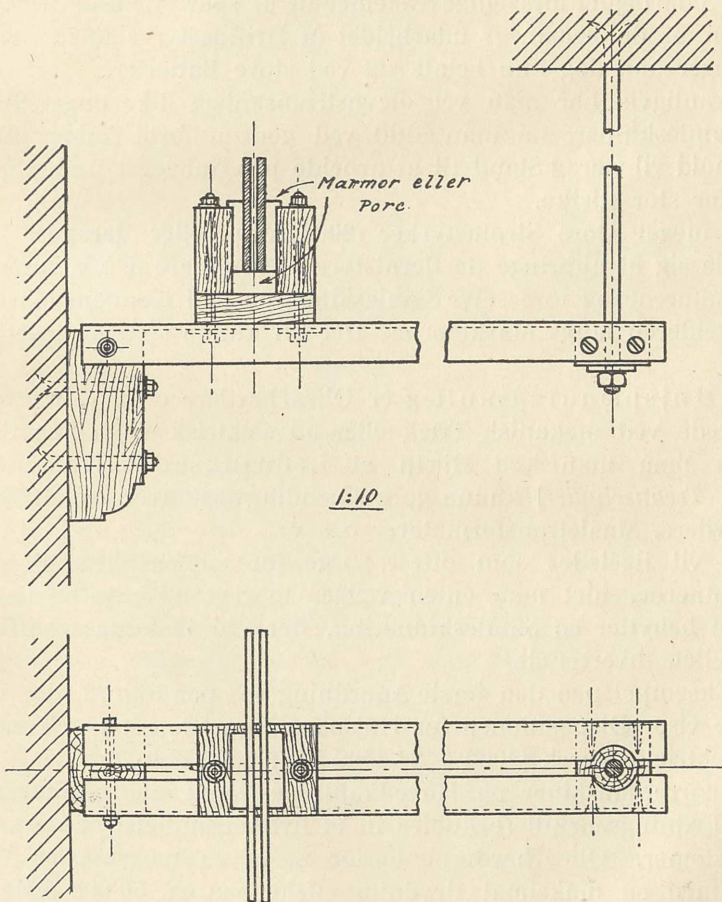


Fig. 71 b.

en meget stor Sikkerhed mod Ødelæggelser i Tilfælde af stærke Kortslutninger, hvor de optrædende elektrodynamiske Kræfter kan blive meget store (se I Del, Side 26—27).

Skal Skinnerne fortsættes paa lange Strækninger indenfor en Central, maa der sørges for passende elastiske Mellemlid til Optagelse af Længdeudvidelserne, for Eksp. Ekspansionsbøjninger, Vridning af Skinne paa Fladen, S-formede Bugter, Bundter af bøjede tynde Kobberlameller eller lign.

k. Hovedanordninger af Tavleanlæggene.

Ved Jævnstrømscentraler er Dispositionen for Tavleanlægget nærmest kun afhængig af, hvilken Batterianordning man vælger, og hvor Batteriet skal opstilles. Celleskifterne maa helst være saa nær Batterirummet som muligt, men udenfor dette. Eventuelt bliver det nødvendigt at anvende Fjernstyring af Celleskifterne, hvis man ellers vilde faa alt for lange og kostbare Kobberledninger. Det skal bemærkes, at der forøvrigt er udarbejdet forskellige Systemer til at spare Celleskifterledninger, hvoraf en af de bedste er udarbejdet af Driftbestyrer *Kjær*. Saadanne Anordninger kan dog kun betale sig ved store Batterier.

Sædvanligvis har man ved Jævnstrømsanlæg ikke noget System af Reservesamleskinner, da man altid ved godt udførte Anlæg med gode Pladsforhold vil være i Stand til at arbejde paa Anlægget under Spænding uden altfor stor Risiko.

Ved meget store Strømstyrker (2000 Amp. eller derover) kan det ofte betale sig at anbringe de fjerntstyrede Afbrydere o. s. v. umiddelbart ved Dynamoerne og føre selve Samleskinnerne ned igennem Maskinsalen eller i Kælderen langs Maskinerne. Der vil kunne spares meget Kobber derved.

Ved Højspændingsanlæg er Olieafbrydere o. s. v. næsten altid fjerntstyrede ved mekanisk Træk eller ad elektrisk Vej. Paa Grund af Livsfaren maa man ved Hjælp af Ledningsadskillere [*isolating switch — Trennschalter*] kunne gøre spændingsløst hver enkelt Felt med Olieafbrydere, Maaletransformatorer o. s. v.

Man vil ligeledes som oftest sørge for en passende Reserve for Samleskinnerne, idet man enten vælger to Sæt adskilte Samleskinner, eller man benytter en Samleskinnering, der ved Ledningsadskillere kan deles imellem hvert Felt.

Et Eksempel paa den første Anordning ses paa Fig. 72, der i 1-polet Udførelse viser Dispositionen for Højspændingssystemet paa Københavns Østre Elektricitetsværk ($4000 + 2 \cdot 2500$ KW, 6000 Volt).

De større Maskiner og Hovedkablerne, samt de to Hovedgrupper kan ved Ledningsadskillere kobles til et hvilket som helst af de to Samleskinnesystemer. Olieafbryderne herfor er af en meget svær Type (se Fig. 56) med en maksimal Brydningseffekt paa ca. 50 000 KVA. Olieafbryderne for de mindre Kabler udgaaende fra de to Grupper har kun en maksimal Brydningseffekt paa ca. 10 000 KVA. Samtlige Olieafbrydere er forsynede med automatiske Relais.

Et Eksempel paa Ringsamleskinner er vist paa Fig. 73, der viser Højspændingsanlægget paa Finsenværket paa Frederiksberg (6000 Volt).

Naar Ringen aabnes i begge Sider, kan den samlede fra Værket udsendte Energi maales i den midterste Broforbindelse (Totalisatorfeltet).

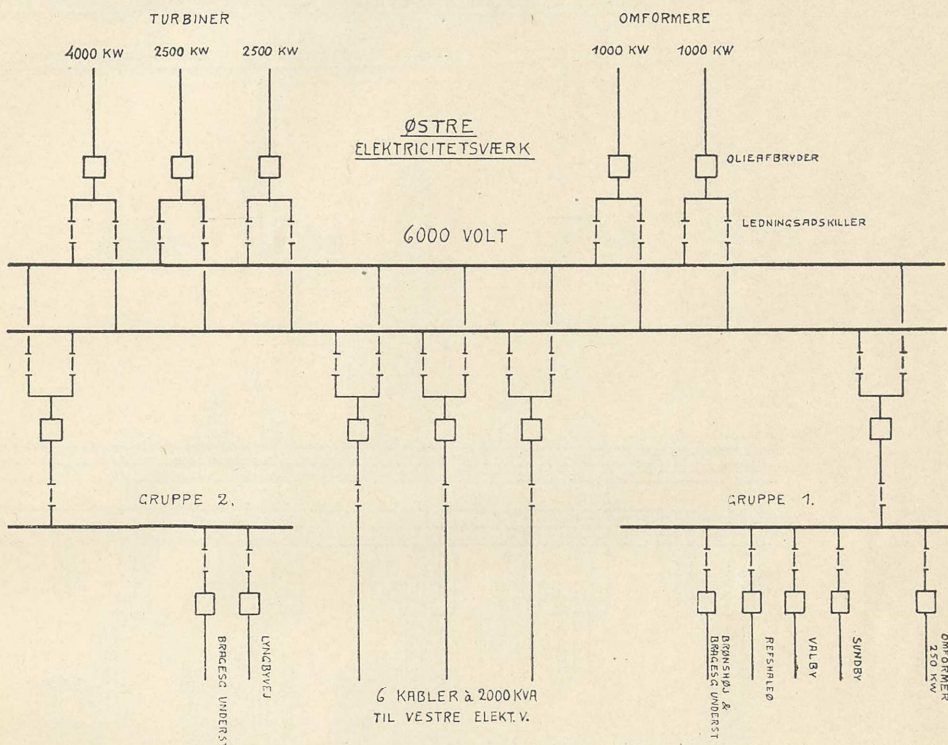


Fig. 72.

Der findes 2 Damp turbine-Generatorer à 1800 KW og 2 Transformatorer til Værkets eget Forbrug. Samtlige Olieafbrydere er forsynede med Tidsrelais (TR). I Totalisatorfeltet er Jordviseren anbragt.

Paa Fig. 74 a (Side 104—105) er vist Strømskemaet for en moderne Oplandscentral (Svinninge, 10 000 Volt).

Der er 3 Generatorer, som arbejder ved 380 Volt gennem Smelte-sikringer direkte paa hver sin trefasede Transformator 10 000/400 Volt. Transformatorens Nulpunkt er forsynet med Gennemslagssikringer til Jord.

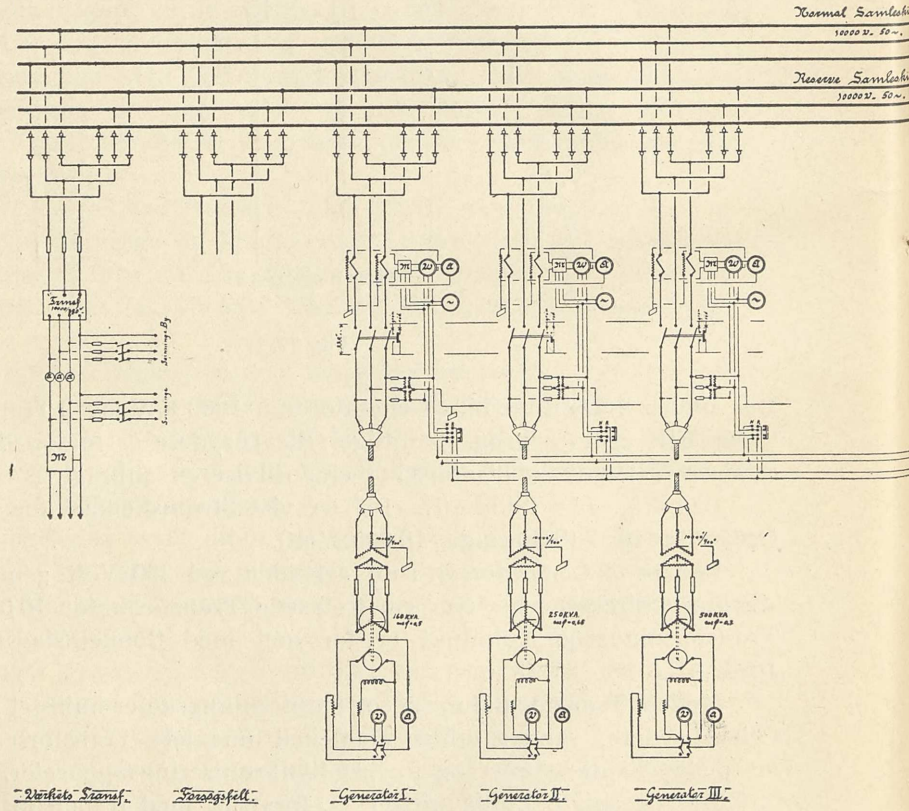
Mellem Transformatorerne og Samleskinnerne er anbragt automatiske Olieafbrydere, samt samtlige Maaleinstrumenters Transformatorer. Der er to Sæt Samleskinner og to Sæt Synkroniseringsapparater.

De afgaaende Luftledninger er forsynet med trepoledede automatiske Olieafbrydere, Instrumenttransformatorer, Induktionsspoler og Kondensatorbeskyttelse.

I Tilfælde af Isolationsfejl eller Eftersyn paa et Ledningsfelt kan den paagældende Ledning gennem Ledningsadskillere forbindes til et

Nordvestsjällands Höjspannings Elektricitetsverk.

Centralens Ledningskema.



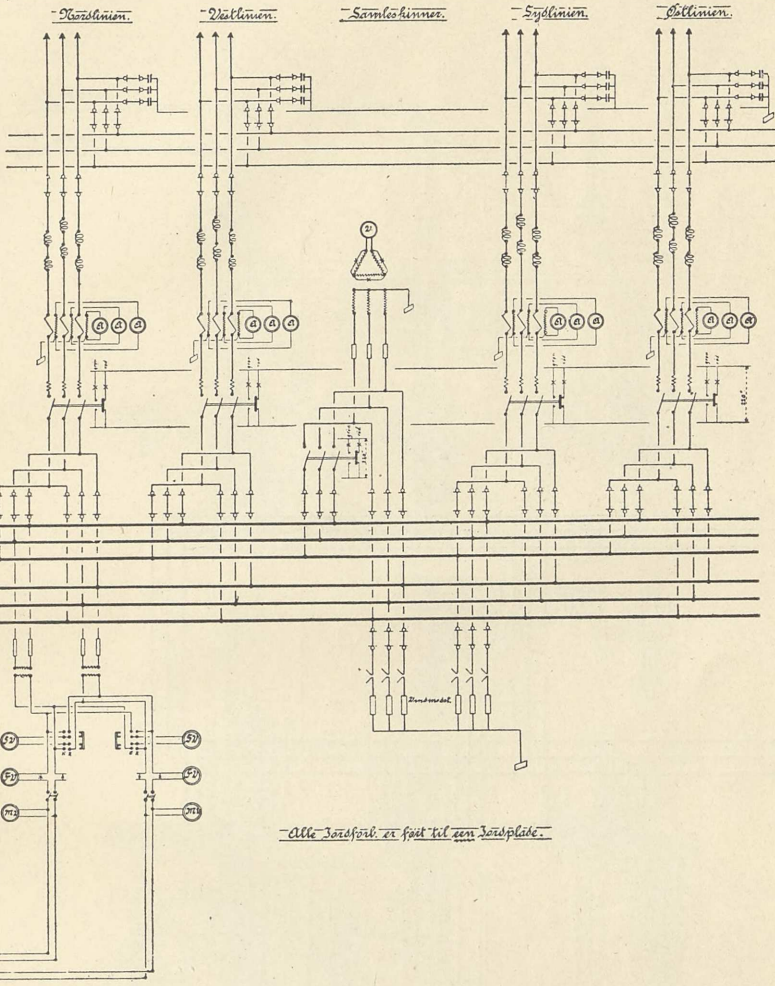
Stikkets Skemat.

Foringsfelt.

Generator I.

Generator II.

Generator III.



Alle Jordför. är fört till jordplåte.

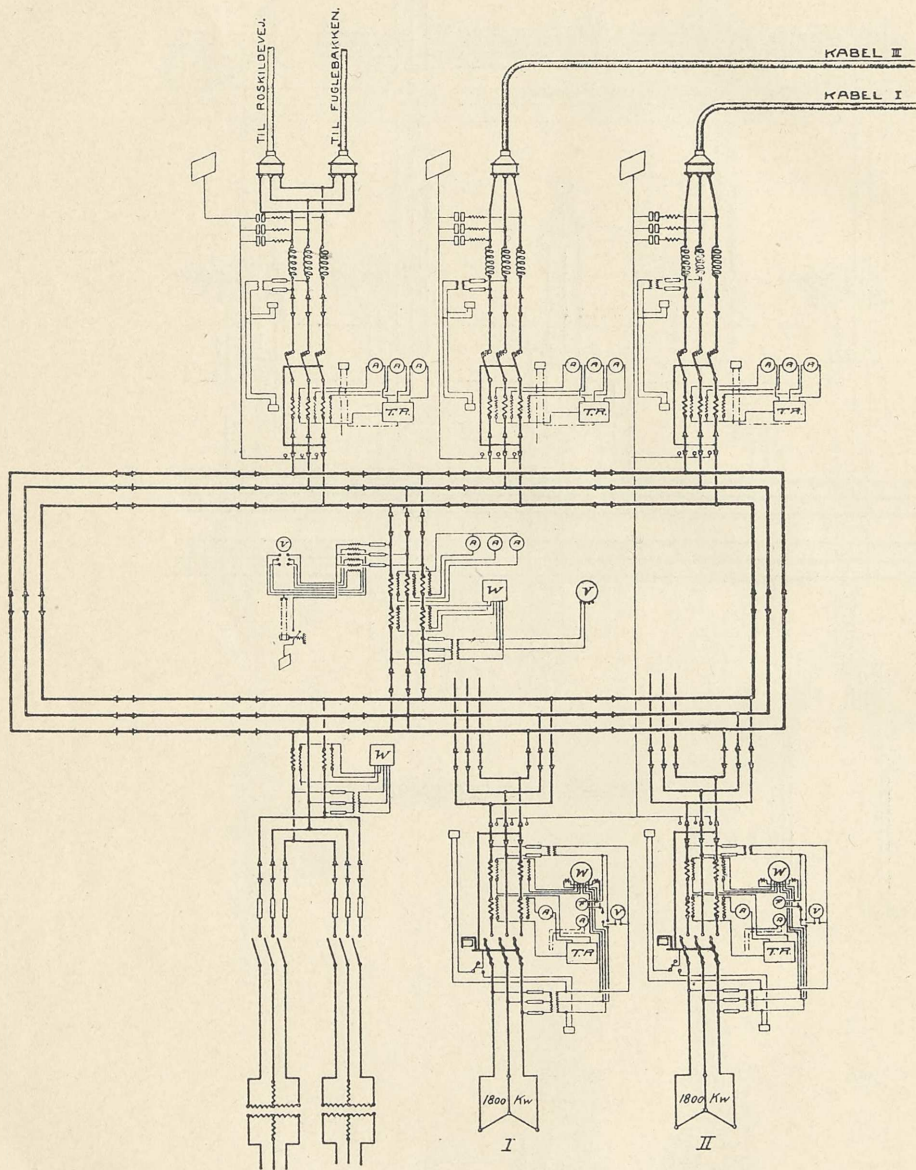
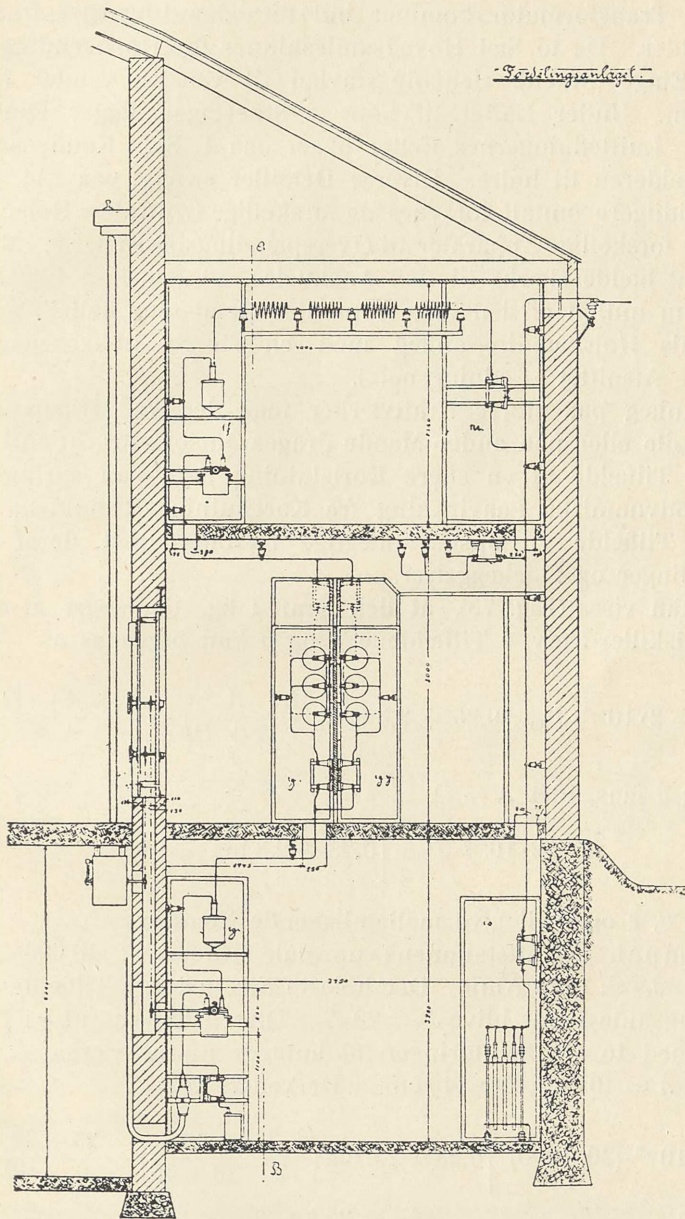


Fig. 73.



Snit i Højspændingsanlæg (Svinninge).

Fig. 74 b.

Sæt Reservesamleskinner og derigennem til et hvilket som helst af de andre Felter. Et Snit i Anlægget ses paa Fig. 74 b. Højspændingskablet fra Maskinens Transformator kommer ind forneden til venstre fra Maskinsalens Kælder. De to Sæt Hovedsamleskinner for Højspænding findes i midterste Etage (Stuen), Betjeningstavlen til venstre vender ind imod Maskinsalen. Under Loftet til højre i Stueetagen ligger Omkoblingskinnerne. Luftledningernes Felter ligger paa 1. Sal, Kondensatorbatterierne i Kælderen til højre. Diverse Detailler er vist paa Fig. 64.

Som tidligere omtalt forsynes de forskellige Centralers Højspændingsanlæg med forskellige Apparater til Overspændingsbeskyttelse. Man synes nutildags at hælde stærkt til den Anskuelse, at der kun bør anvendes saa lidt som muligt af den Slags Apparater og at man hellere maa bygge sin Central Højspændingsanlæg med en større Sikkerhedsgrad end Nettet. (Se Afsnittet »Ledningsnet«).

Ved Anlæg paa større Kraftværker maa der ved Hjælp af en Af-laasningsbøjle eller paa anden Maade drages Omsorg for, at en Ledningsadskiller i Tilfælde af en stærk Kortslutning ikke kan springe op ved den elektrodynamiske Paavirkning fra Kortslutningsstrømmen, idet der i saadant Tilfælde vil opstaa mægtige Lysbuer med deraf følgende Overspændinger og Ødelæggelser.

[Det kan vises (Fig. 75), at den Kraft i kg, der søger at aabne en Ledningsadskiller-Kniv, i Tilfældene a og b kan beregnes af

$$K = 2 \cdot 10^{-8} \cdot J_{\max}^2 \left[0,25 + 2,3 \log \left(\frac{4L}{d} \frac{A}{A+D} \right) - \frac{L+A-D}{A} \right].$$

I Tilfældet c faas, idet $A = D$,

$$K = 2 \cdot 10^{-8} \cdot J_{\max}^2 \left[0,25 + 2,3 \log \frac{2L}{d} \right] \text{ kg.}$$

Tilfældene d , e og f vil give mellemliggende Værdier.

Eksempel. Kraftstationens normale Effekt er 10 000 KW ved 6000 Volt. $J_{\text{eff}} = 1000$ Amp. Det højeste Strømstød i Tilfælde af stærk Kortslutning antages at blive $J_K = 20 J_{\text{eff}}$. Dimensionerne af en Ledningsadskiller med to Gennemføringer (a) antages nu at være: $L = 25$ cm, $d = 2$ cm, $A = 40$ cm, $D = 45$ cm. Derved bliver

$$K_a = 2 \cdot 10^{-8} \cdot (20 \cdot 1000)^2 \left[0,25 + 2,3 \log \left(\frac{4 \cdot 25}{2} \cdot \frac{40}{40+45} \right) - \frac{25+40-45}{40} \right]$$

$$K_a = 24 \text{ kg.}$$

Et Forsøg har vist, at en Kraft paa 15 kg paa Midten af Kniven vil udløse denne. Kniven vil altsaa springe op ved Kortslutning.

For en tilsvarende Ledningsadskiller uden Gennemføringer (b) faas, naar

$$L = 25, \quad d = 2, \quad A = 5, \quad D = 26,$$

$$K_b = 6,7 \text{ kg.}$$

For en Ledningsadskiller af Typen *c* findes $K_c = 28$ kg.

Paa et Kraftværk med 3 Stk. parallelt arbejdende Turbiner à 10 000 KW vil de fundne Kræfter blive 9 Gange større, altsaa $K_a = 216$ kg, $K_b = 60$ kg, $K_c = 250$ kg.

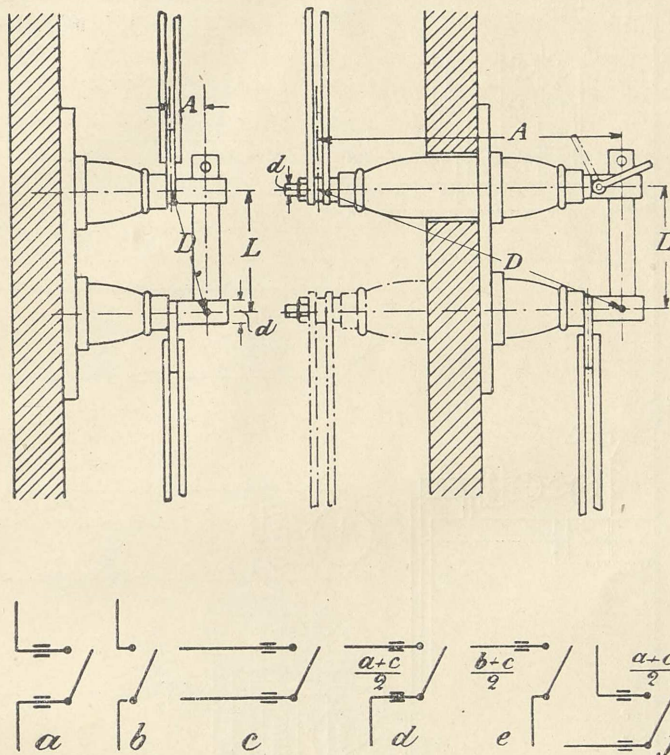


Fig. 75.

Ved Olieafbrydere vil Traversen for den enkelte Fase blive paa-
virket nedad med en Kraft, der kan beregnes af Formlen for Tilfældet *a*.

Ved Kortslutning mellem to Faser vil højeste Grænseværdi for
Kraften paa den fælles Bevægemeکانisme for de tre Traverser blive $2 \cdot K$.

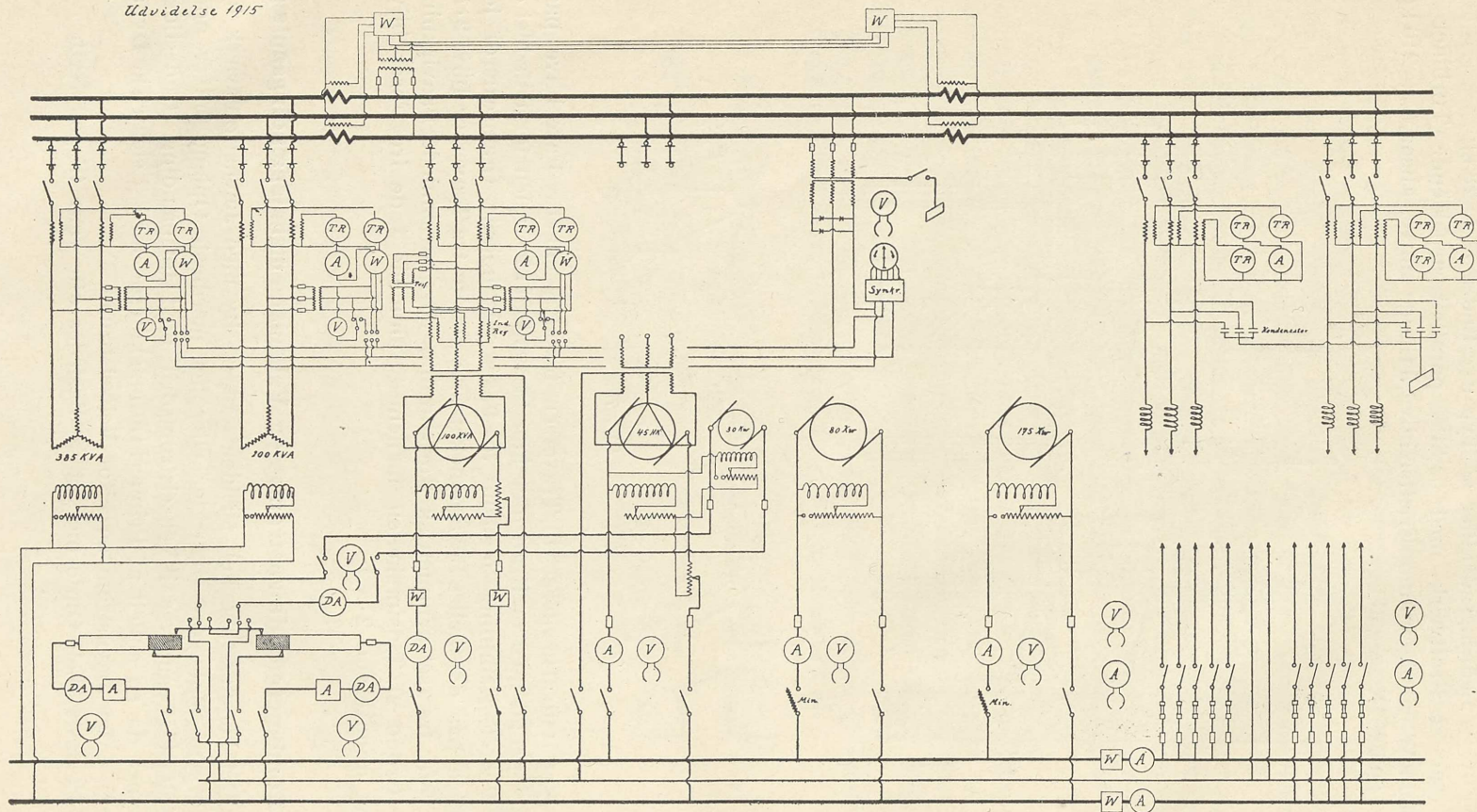
Ved trefaset symmetrisk Kortslutning vil den samlede Paavirkning
paa Grund af Tidsforskellen mellem Strømmene i de tre Faser blive
noget mindre end $2 \cdot K$.]

1. Kombinerede Jævnstrøms- og Vekselstrømshøjspændingsanlæg.

Det hænder ikke helt sjældent, at en By med Jævnstrømsværk for
at forsyne sine ydre Distrikter eller det nærmeste Opland bliver nødt
til delvist at gaa over til Vekselstrømsdrift med Højspænding. Undertiden
forsynes da en enkelt af Primærkraftmaskinerne med 2 elektriske Dyna-
moer: 1 for Jævnstrøm og 1 for Vekselstrøm.

Et reversibelt Omformersæt vil ligeledes ofte være til god Nytte.

Faaborg Elektricitetsværk
Udvidelse 1915



Strømskema for Faaborg Elektricitetsværk.
Fig. 76.

Det vil endvidere ikke sjældent være Tilfældet, at en By med Jævnstrømsværk i Stedet for selv at udvide sit Primærkraftanlæg kan staa sig ved at købe Kraft fra et større Højspændingsværk og opstille en Etankeromformer.

Et typisk Eksempel paa en kombineret Jævnstrøms-Bycentral og Højspændings-Oplandscentral er for Ekspl. Faaborg Elektricitetsværk, hvis Strømskema er vist paa Fig. 76. Den ældste Jævnstrømsdynamo drives ved Sugegas, de andre 3 Maskiner ved Dieselmotorer.

Batteriet har Dobbeltcelleskiftere i Nul.

Som reversibel Forbindelse mellem Højspændingssystemet (4000 Volt) og Jævnstrømssystemet (2×110 Volt) er opstillet en Etankeromformer

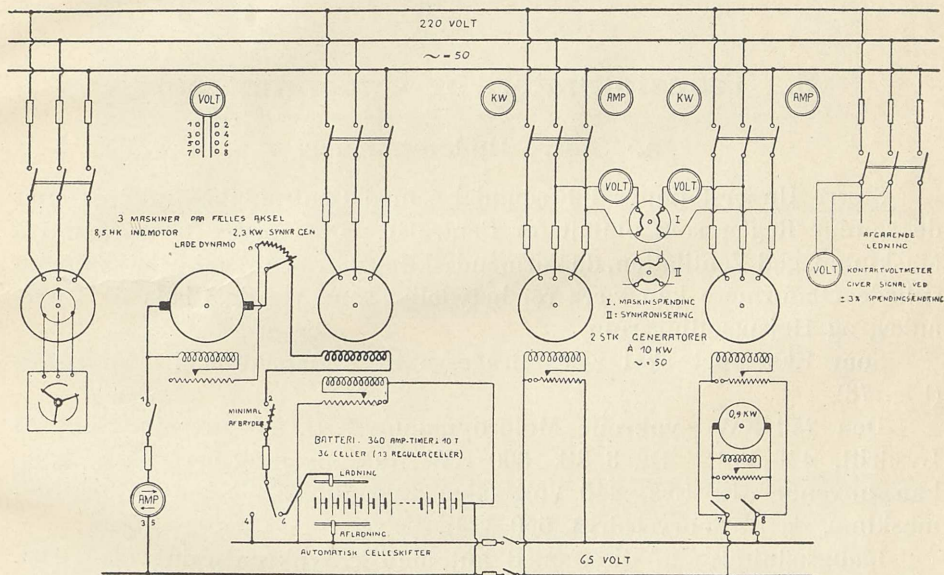


Fig. 77.

med Induktionsregulator, hvis Rotor fødes gennem en Spændingstransformator. For at Omformerer ikke skal løbe løbsk, naar den drives alene fra Jævnstrømssiden ved varierende induktiv Belastning (om Natten er $\cos \varphi = 0,20$ à $0,25$), er der paa Akslen anbragt en lille Magnetiseringsdynamo, hvis Spænding varierer stærkt ved en ringe Hastighedsændring, og som gennem en Thury-Regulator holder Omformerer paa konstant Hastighed, saaledes at Maskinen for Ekspl. kan løbe uden Tilsyn hele Natten og fra Batteriet holde Spændingen oppe paa Vekselstrømsnettet.

Der er endvidere opstillet en 45 HK Etankeromformer, der driver en 30 KW Lademaskine, idet den dog ogsaa kan benyttes som Spændingsdeler (Udligningsmaskine) for Jævnstrøms 3-Leder-Systemet. Den vil eventuelt senere ogsaa kunne forbindes til Højspændingssystemet.

Skemaets yderligere Detailler vil let forstaaes uden nærmere Forklaring.

I visse Tilfælde, hvor Beboerne i en eller anden lille Landsby er blevne grebne af Elektricitetsfeber og ikke kan vente et Par Aar, indtil et større Højspændingssystem i Nærheden faar sine Ledninger ført frem, vil det sikkert være rigtigt at anlægge et mindre Vekselstrømsanlæg i Forbindelse med et Batteri, der om Natten skal drive et Omformersæt for at holde Spænding paa Vekselstrømsnettet. Senere hen kan Værket faa Tilslutning til det store Højspændingssystem blot ved Opstillingen af en Transformator, og uden at Ledningsnettet eller Motorerne skal forandres. Skemaet for en saadan meget lille Central ses paa Fig. 77, og vil sikkert forstaas uden nærmere Forklaring.

6. Transformator- og Understationer.

a. Større Understationer.

Større Understationer i Forbindelse med Centralanlæg udføres efter de samme Regler som omtalt for Centraler. Der sørges for en god lys Maskinhal, god Ventilation, da Varmeudviklingen fra en Række tæt sammenstillede Omformere kan være ret betydelig, samt rigelig Plads til Tavle-anlæg og Højspændingsrum.

Som Eksempel skal vises Bragesgades Understation i København (Fig. 78).

Den 250 KW synkron Motordynamo (A. E. G.) anvendes kun til Lysdrift, 440 Volt. De 3 Stk. 300 KW Kaskadeomformere (A/S Titan) kan anvendes til Lys, 440 Volt (som Spændingsleder og Udligningsmaskine), og til Sporvejsdrift, 550 Volt.

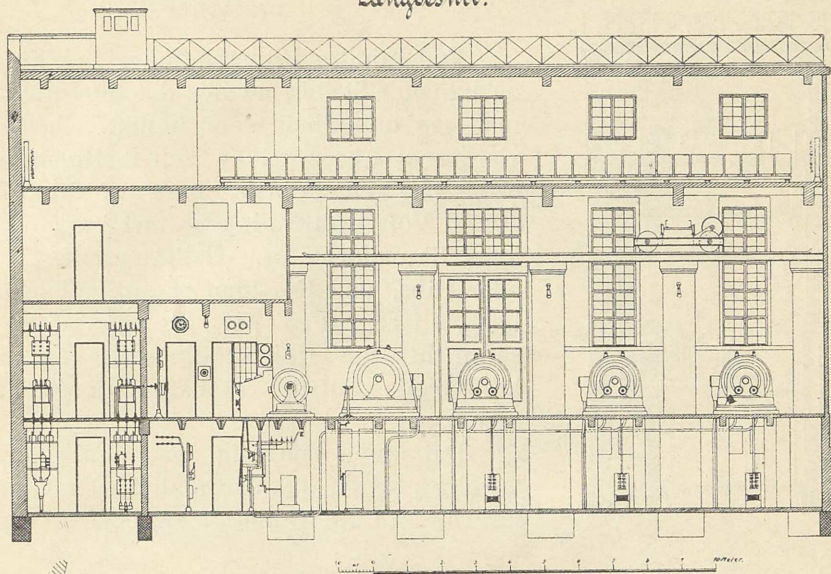
Igangsætningen af disse med automatisk Synkronisering (se I Del, Side 343) sker henne ved Omformerne. Alle Instrumenter er anbragt paa en Pult i Maskinsalen, hvorfra de automatiske Jævnstrømsafbrydere og Omskifttere betjenes ved mekaniske Træk, idet de er anbragt paa en Tavle i Kælderen umiddelbart under Pulten. Fra Pulten styres ad elektrisk Vej Olieafbryderne for Højspændingen (6000 Volt) til Maskinerne. Olieafbryderne for Højspændingskablerne fra Østre Elektricitetsværk betjenes mekanisk fra lodrette Tavler i Maskinsalen.

Ovenover Maskinsalen er anbragt et Pufferbatteri for Sporvejsdriften. Lademaskinen er bygget som Puffermaskine af Lancashire-typen (Strømskemaet for denne er vist tidligere paa Fig. 27).

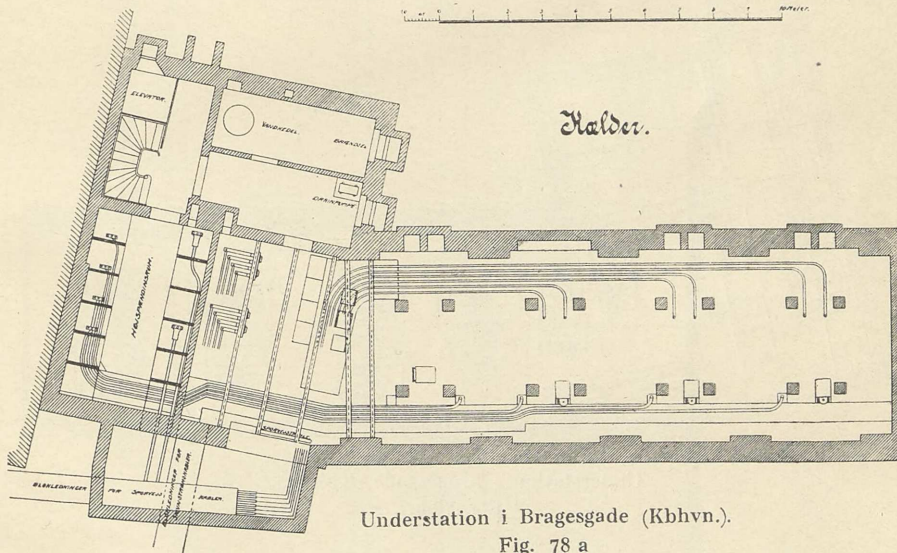
Ventilationen tilvejebringes derved, at Kaskadeomformerne, der er delvist kapslede, suger frisk Luft op fra Kælderen, der atter faar Luft udefra gennem Slidser i Muren under Vinduerne.

Som et andet Eksempel paa en moderne Understation skal anføres Sct. Knuds Værk paa Frederiksberg (Fig. 79), hvor der findes opstillet synkron Motordynamoer.

Langdenit.

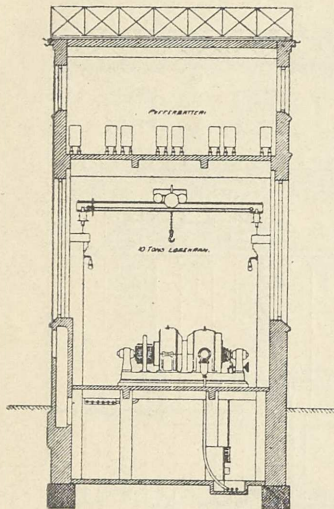


Halder.



Understation i Bragesgade (Kbhvn.).
Fig. 78 a

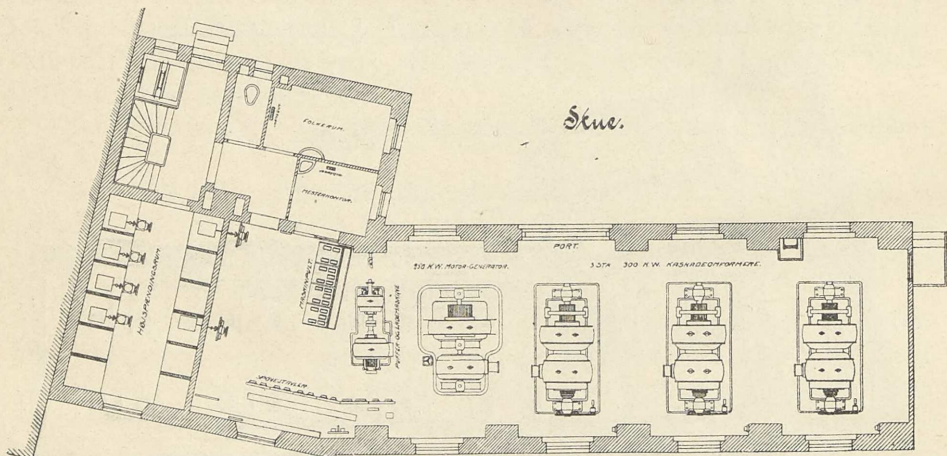
Svarsnit.



b. Smaa Understationer og Transformatorstationer.

Ved mindre Understationer paa Fabrikker og lignende Steder, gælder det ofte om at nøjes med saa lille Plads som muligt. Paa Fig. 80 vises som Eksempel en enkelt Højspændingscelle paa en Fabrik, hvor et Stik fra en 10 000 Volt Luftledning er ført ind til Fabrikens Transformator. Cellevæggene er Beton eller Gibs, paa Forsiden er anbragt let aftagelige Gittere. Paa Fig. 81 er vist en mere sammentrængt Højspændingscelle for et indkommende Kabel. Transformatoren er ikke tegnet.

Det maa navnlig paa Fabrikker vel erindres, at en Transformator eller Omformer kræver fri Luftcirkulation og derfor i Alminde-



Skue.

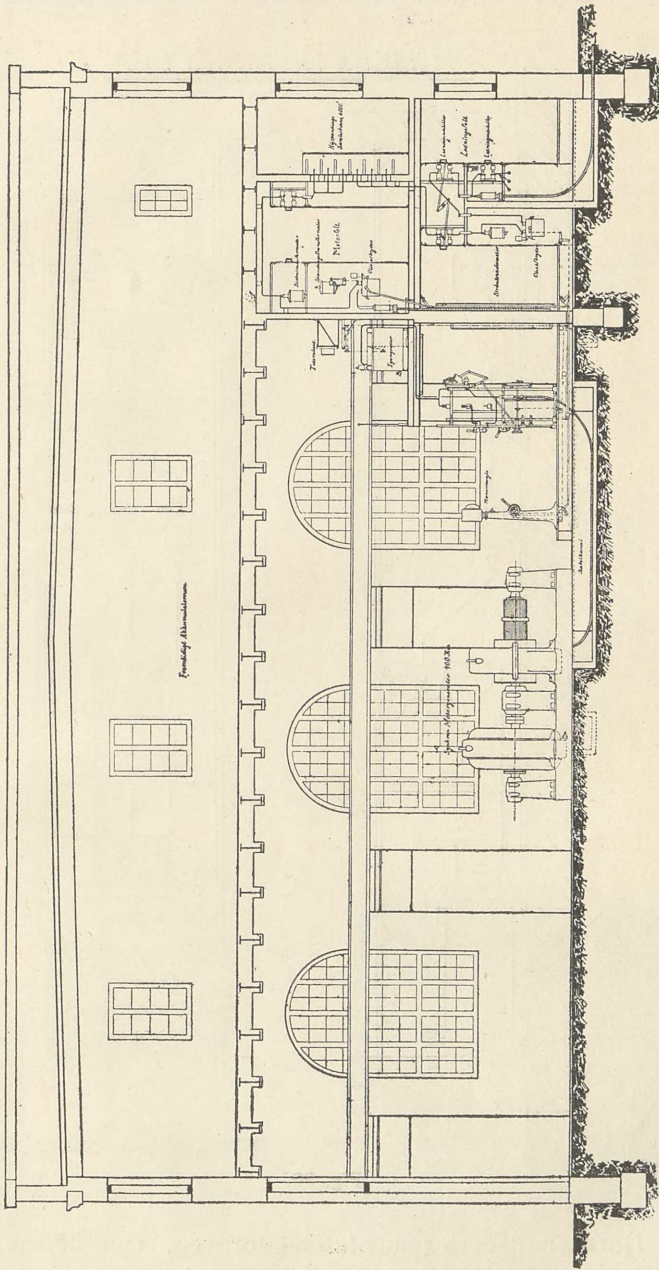
Understation i Bragesgade (Kbhvn.).

Fig. 78 b.

lighed ikke kan anbringes i et lukket Kælderrum, medmindre der paa særlig Maade sørges for god Ventilation. Det er ikke altid, at der tages det fornødne Hensyn hertil ved Projekteringen, og det vil da før eller senere hævne sig, ved at Maskinen eller Transformatoren ødelægges af Varmen.

Ved smaa Net-Transformatorstationer opført af Murværk, Jernplader eller i Sterilkonstruktion, er Pladsen efterhaanden bleven indskrænket til et rent Minimum. Da man ikke uden altfor stor Risiko kan opholde sig i dette snævre Rum, naar Apparaterne staar under Højspænding, indrettes Adgangsdøren ofte saaledes, at den ikke kan aabnes, før Spændingen er borte, idet der anbringes en mekanisk Blokering mellem Dø-

ren og en Ledningsadskiller, som betjenes udefra (aflaaset med Hænge-
laas). Lavspændingstavlen maa da helst være tilgængelig udefra gennem



Set. Knudsvejens Understation (Frederiksberg).
Fig. 79.

en Lem eller mindre Dør. Dette er for Ekspl. Tilfældet ved Sydøst-
sjællands Højspændingsværks (Haslev) Transformatorstationer (Fig. 82),
der kan benyttes indtil ca. 70 KVA Transformatorer (10.000 Volt). Under
Transformatoren er en Grav med Afløb for eventuel brændende Olie.

Der er forneden Spjæld for kold Luft, medens der foroven er anbragt Aabninger for Afstrømning af den opvarmede Luft.

Fig. 83 viser et Fotografi af et saadant Transformatorhus, blot for-

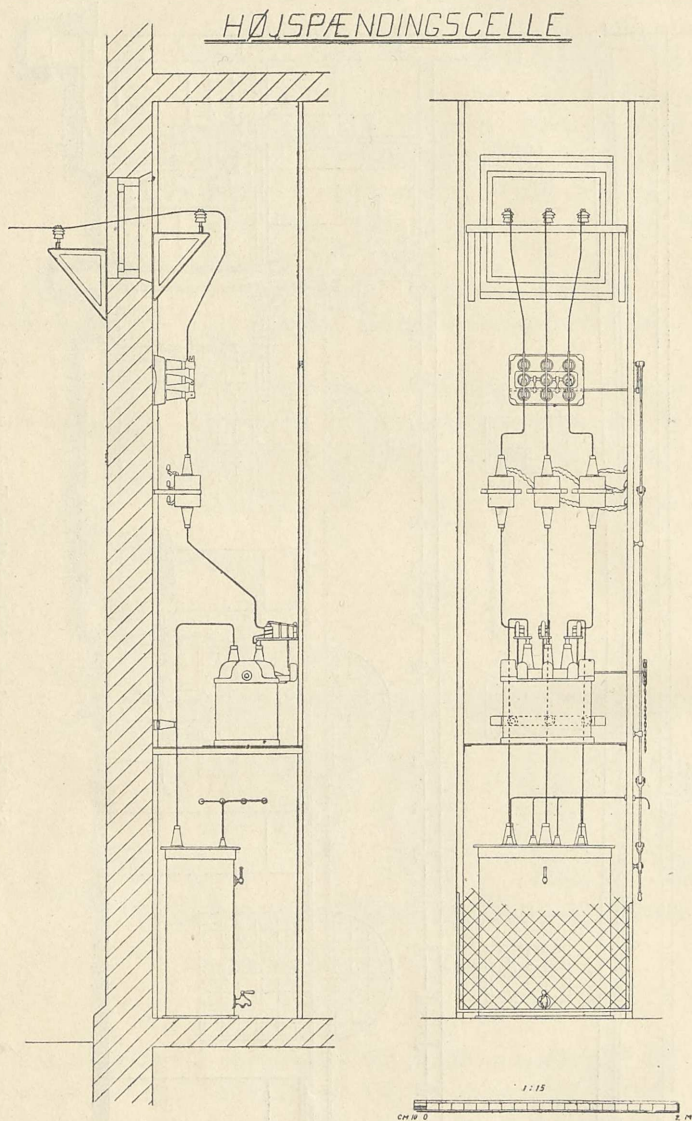


Fig. 80.

synet med Hornlynafledere paa Stativet foroven. Overfladen er hvid ru Puds, Taget er røde Teglsten, og hele Bygningen falder overordentlig godt sammen med det danske Bondelands Karakter.

Fig. 84 vises et Transformatorhus i Kolding, hvor de 10 000 Volt tilføres gennem Kabel. Der er Plads til Tilslutning af ialt 4 Kabler (Sløjfning). Lavspændingen føres som Luftledning ud gennem Taget.

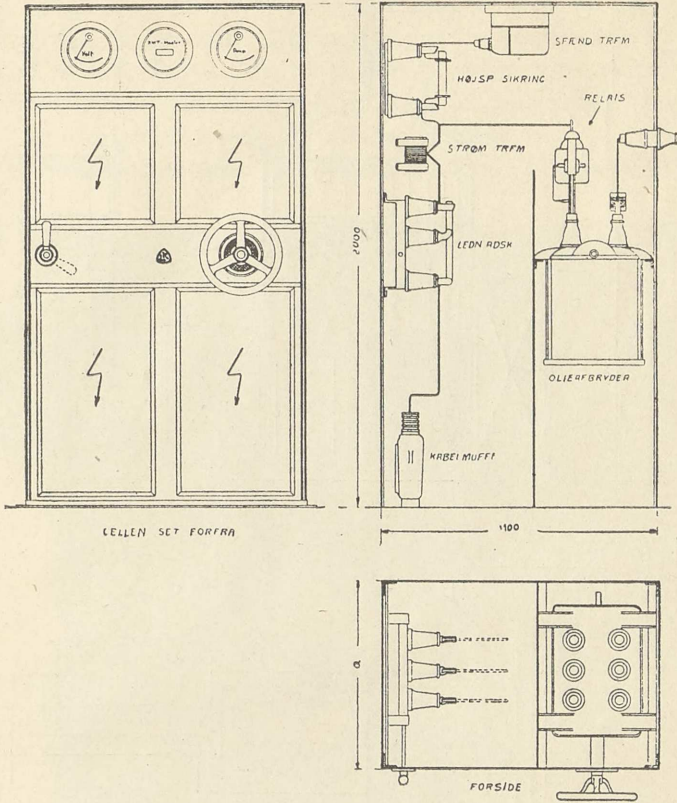
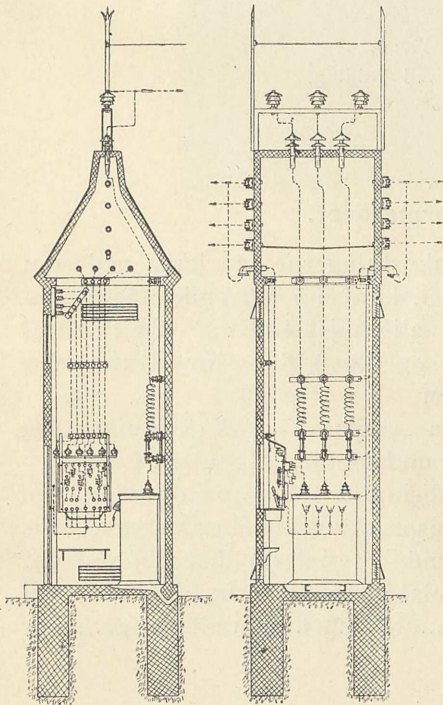
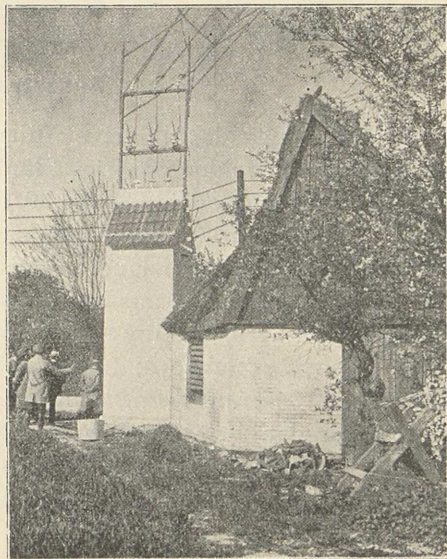


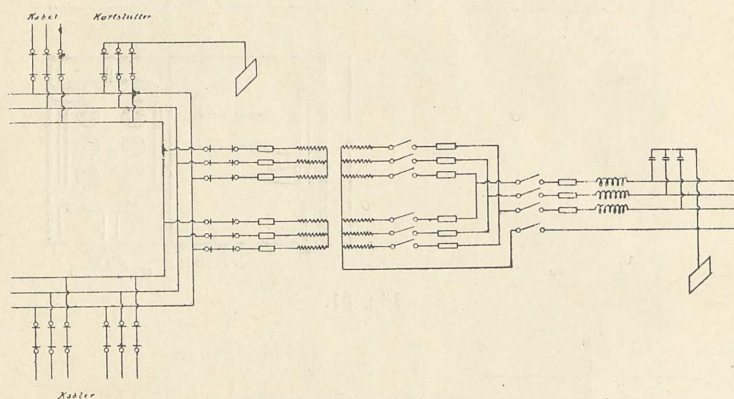
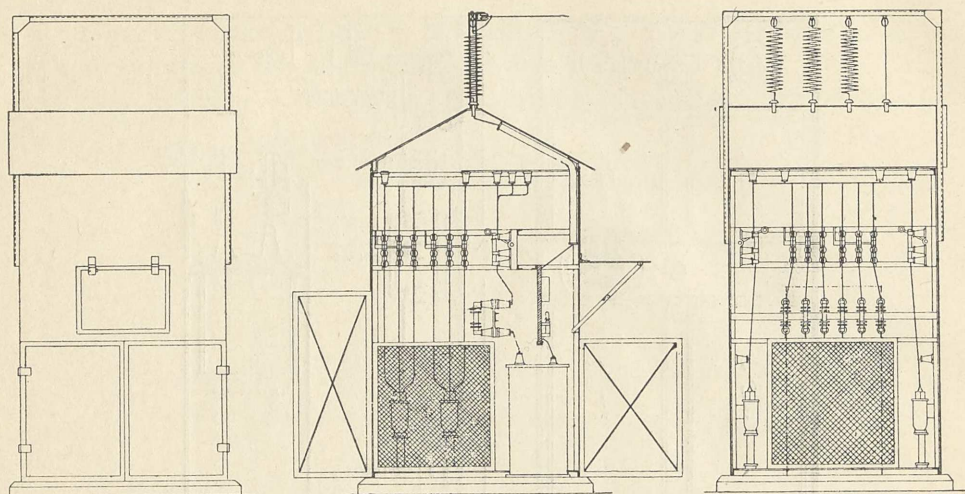
Fig. 81.



Transformatorstation ved Haslev.
Fig. 82.



Transformatorhus ved Haslev.
Fig. 83.



Transformatorstation ved Kolding.

Fig. 84.

c. Masttransformatorer.

Naar det gælder at drive Anlægsomkostningerne saa langt ned som muligt, og Forholdene iøvrigt tillader det, kan man anvende Masttransformatorstationer op indtil ca. 30 KVA, allerhøjest 40 KVA. De fleste af vore Oplandscentraler (undtagen Haslev og tildels Skovshoved) anvender Masttransformatorer i landlige Distrikter.

En typisk Masttransformatorstation ses paa Fig. 85 (Svinninge) og paa Fig. 86. Højspændingen føres gennem Induktionsspoler og Ledningsadskillere til Transformatoren, der anbringes 6 à 7 m over Jorden. Umiddelbart foran Trfm. anbringes Højspændings-Smeltesikringer, hvis Traade mindst bør være 5 Amp. Sølvtraade. Imidlertid har det vist sig, at Sikringer anbragt i Gennemføringsisolatorerne til Trfm. har været til store Ulemper, hvorfor denne Koblingsanordning kun undtagelsesvis bør

benyttes. Paa Fig. 86 føres Lavspændingen ned til et i tilgængelig Højde anbragt Skab med Sikringer og Afbrydere, hvorfra der atter i lukket Rør er ført Traade op til Luftledningerne for Lavspænding. Oppe ved Transformatoren er anbragt en Betjeningsplatform, tilgængelig ved Hjælp af en sammenskydelig og aflaaelig Stige.

Disse Transformatorer bør have en god Overbelastningsevne og

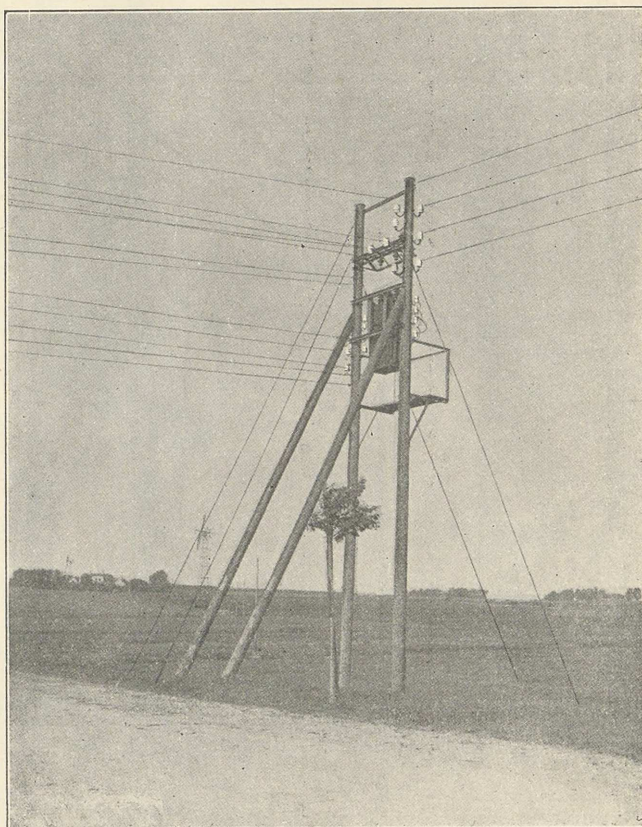


Fig. 85.

små Tomgangstab. De bør ikke vælges større end højest nødvendigt, gerne ca. $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ af tilsluttede KVA eller HK for Motorerne.

For at de ikke skal indsuge for megen Solvarme, bør de males hvide. Da selvregistrerende Ampèremetre er for dyre at anvende, bør man forsyne hver Transformator med et i Oliebeholderen anbragt men udefra aflæseligt Maksimumstermometer med Stift, der af og til efterses i de Maaneder, hvor Maksimalbelastningen plejer at optræde. Naar Temperaturen stadig viser sig at naa op over ca. 80° C, bør Transformatoren udveksles med en større.

En Unladelse af en saadan Kontrol vil let kunne føre til Ødelæggelse af Transformatoren.

Masterne bør af Hensyn til den længere Levetid være tjæreolie-impregnerede, selvom andre Slags Imprægnering iøvrigt anvendes. Deres Højde kan passende være 12 m med 18 mm Top.

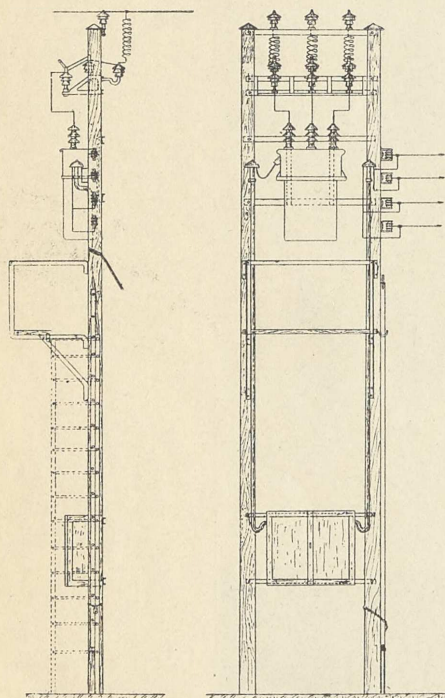


Fig. 86.

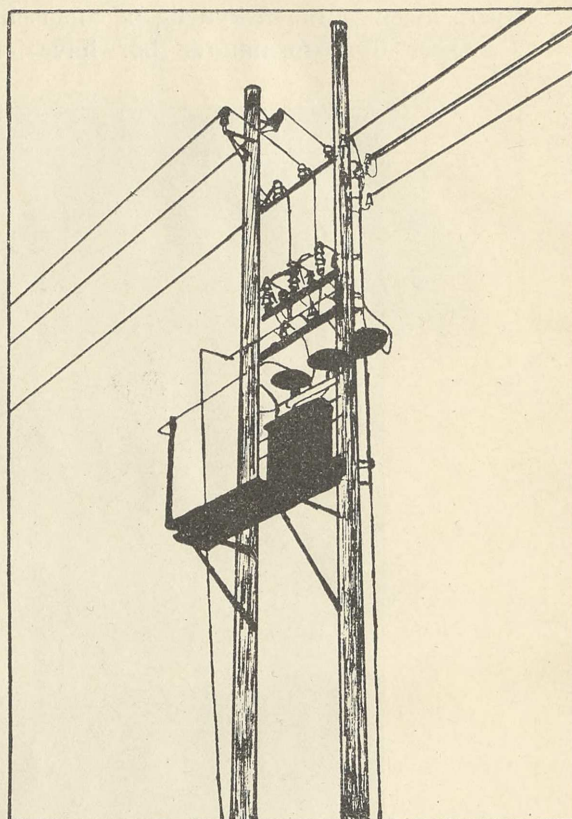


Fig. 87.




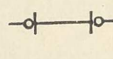
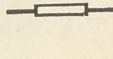
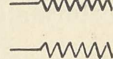
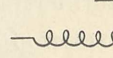
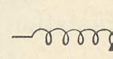



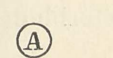

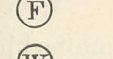
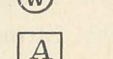
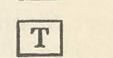
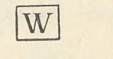
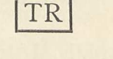
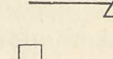
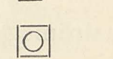

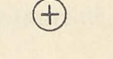
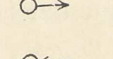
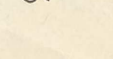

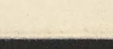
Lavspændingens Nulpunkt sættes ikke i direkte Forbindelse med Jordpladen for Højspændingens Nultraad, men bør særligt jordforbindes paa den første Mast af Lavspændingsnettet.

Der bør kun anvendes olieafkølede Transformatorer, da luftkølede eller compoundfyldte Transformatorer har vist sig uheldige i Brugen.

Transformatorstationen bør helst ligge ved Enden af en Stikledning (af Jerntraad), da eventuelle Overspændingsbølger i saa Fald lettere forbi-gaar Trfm. og ikke ledes hen til den. Naar de to Master staar i Led-ningens Retning vil de samtidigt danne Forankring for denne. Plat-formen skal give let Adgang til Transformatoren uden Risiko for Be-røring af Højspændingsledning eller Apparater (se Fig. 87).

7. Betegnelser til Brug ved Udfærdigelsen af de i Elektricitetskommissionens Reglement omhandlede Planer og Skemaer.

Elektricitetsværk 1000 KW., 600 Volt for Jævnstrøm . . .	
Elektricitetsværk 5000 KW., 10 000 Volt for Vekselsstrøm	
Transformatorstation 400 KVA., ⁶⁰⁰⁰ / ₁₀₀ Volt	
Omformerstation 200 KW., 6000 Volt Vekselsstrøm 100 Volt Jævnstrøm	
Motorstation 100 H. K., 700 Volt Jævnstrøm	
Motorstation 200 H. K., 6000 Volt Vekselsstrøm	
Vekselsstrøm 25 Perioder	
Jævnstrøm	
Parallelforbindelse	
Serieforbindelse	
Stjerneforbindelse	
do. med neutral Leder	
Trekantforbindelse	
Tofaset Strøm, sammensat	
Tofaset Strøm, usammensat	
Tofaset Strøm, Firkantforbindelse	
Trefaset Generator, Stjerneforbindelse, 200 KW., 3000 Volt	
Trefaset Motor, Trekantforbindelse, 50 H. K., 1000 Volt ..	
Etankeromformer, 100 KW., 500 Volt Jævnstrøm	
Jævnstrømsgenerator, 100 KW., 500 Volt	
Jævnstrømsmotor, 20 H. K., 100 Volt	
Transformator, 50 KVA., ¹⁰⁰⁰⁰ / ₅₀₀ Volt	
Akkumulator med enkelt Celleskifter	
Afbryder, n-polet (for Ledningsnet)	

Afbryder, trepolet (ved Ledningsskemaer)	
Minimalafbryder	
Maksimalafbryder	
Ledningsadskiller	
Smeltesikring	
Modstand, induktionsfri	
do. , do. , regulerbar	
do. , induktiv	
do. , do. , regulerbar	
Glødelampe	
Buelampe 10 Amp.	
Lynafleder	
Spændingssikring	
Ampèremeter	
Voltmeter	
Fasevoltmeter	
Wattmeter	
Ampèretimemaaler	
Timemaaler	
Wattimemaaler	
Tidsrelais	
Jordforbindelse	
Betonmast	
Træmast i Fundament	
Ledningsmast af Træ	
do. af Jern	
do. af Træ med Forankring	
do. do. med Støtte	

Ledningsmast af Træ med Fangramme	⊖
do. do. med Sikkerhedsnet	⊗
Murkonsol	└
Bærekonstruktion paa et Tag	+

LITERATURFORTEGNELSE TIL AFSNIT V.

- Barth*: Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen. II Udg. Berlin 1919.
- H. Behrend*: Ladeströme und Schutzerdungen in Ueberlandzentralen. ETZ. 1917.
- H. W. Brown*: Meter and Relay Connections. Electric Journal 1908.
- Elektriciteten i Landbrugets Tjeneste. Tidsskr. for Vindelektricitet 1914.
- L. Ernst*: Vejledning til Brug ved Projektering, Konstruktion og Undersøgelse af Lynafledere paa Bygninger og for elektriske Ledninger. Kbhvn. 1912.
- L. Ernst*: Lyn og Lynafledere. Kbhvn. 1906.
- S. A. Fletcher & Chas. R. Riker*: Relation of Flywheel and Motor Capacity, Electr. Journal 1912.
- E. v. Holstein-Rathlou*: Kobbermangelen. Elektroteknikerens 1919.
- F. Hoppe*: Wie stellt man Projekte, Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für elektr. Licht und Kraftanlagen auf. Leipzig 1910.
- C. Juul*: Symbolske Belastningskurver for et Elektricitetsværk. Elektroteknikerens 1918.
- M. Kammerhoff*: Der Edisonakkumulator. Berlin 1910.
- C. Kjær*: Celleskifttere med Hjælpeceller. Elektroteknikerens 1912.
- G. Klingenberg*: Bau grosser Elektricitätswerke Berlin 1914.
- F. E. Kretschmar*: Die Krankheiten des stationären Bleiakкумуляtors. Berlin 1912.
- Otto Meyer*: Nordvestsjælland's Højspændingselektricitetsværk. Elektroteknikerens 1915.
- Fr. Natatis*: Die selbsttätige Regulierung der elektr. Generatoren. Braunschweig 1908.
- S. Norberg*: Tillåten Belastning av blanka Ledningar för Ställverk och dylikt. Aseas egen Tidning 1918.
- J. S. Peck*: Grounded and ungrounded transmission circuits. Electr. Journal 1919.
- A. M. Rasmussen*: Maksimalrelaisets Kurveform og dennes Indflydelse paa Driftsikkerheden i Højspændingsanlæg. Elektroteknikerens 1919.
- W. Reisser*: Elektr. Energieversorgung ländlicher Bezirke. Berlin 1912.
- W. Rung*: Planer og Tegninger til Forelæsninger over elektr. Centraler. Kbhvn. 1915.

- M. C. Rypinsky*: Protective Relays. Electric Journal 1908.
- C. H. Sanderson*: Switchboards for A. C. Power Stations. Electric Journal 1913.
- Carl Schmidt*: Stromverteilung, Zählerkontrolle. 1910.
- Skyddsåtgärder vid elektriska anläggningar för lågspänd växelström. Meddelande från Elektriska Inspektionen. Stockholm 1915.
- Nic. Stahl*: Powerfactor correction with synchronous motors. Electr. J. 1911
- P. Schuster*: Ein Beitrag zur Frage: Gemauerte oder Maststation. Mitt. der E. W. 1917.
- W. Strauss*: Die deutschen Ueberlandzentralen. Berlin 1913.
- E. Styff*: Der Phasenvergleich bei der Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen ETZ. 1917.
- J. Søeborg*: Om Masttransformatorstationer. Elektroteknikerens 1917.
- A. Vietze*: Ratgeber für die Gründung elektr. Ueberlandzentralen. Berlin 1911.
- Povl Vinding*: Landbrugets Forsyning med Elektricitet. Kbhvn. 1919.
- F. Weiland*: Eine neue Schaltungsart von Drehstrom Kleinzentralen. ETZ. 1914.
- C. R. Wegener*: Dimensionering af Samleskinner og blanke Kobberledninger. Elektroteknikerens. 1920.
- H. Zipp*: Ueber die Berechnung von Erdungswiderständen und die Berührungsgefahr stormdurchflossener Leitungen. Mitt. der E. W. 1917.

TIL LÆSERNE.

Grundet paa den uophørlige Stigning af Omkostningerne ved Bogens Fremstilling modtages der nu ikke flere Subskriptioner paa de hidtil gældende Betingelser.

De tidligere indtegnede Subskribenter vil dog stadig faa de endnu resterende Hefter af Bogen til gammel Pris, 4 Kr. pr. Hefte.

For nye Subskribenter gælder: De fire første Hefter (Bogens I Del) kan fra Midten af September faas indbundet samlede i 1 Bind for 30 Kr.

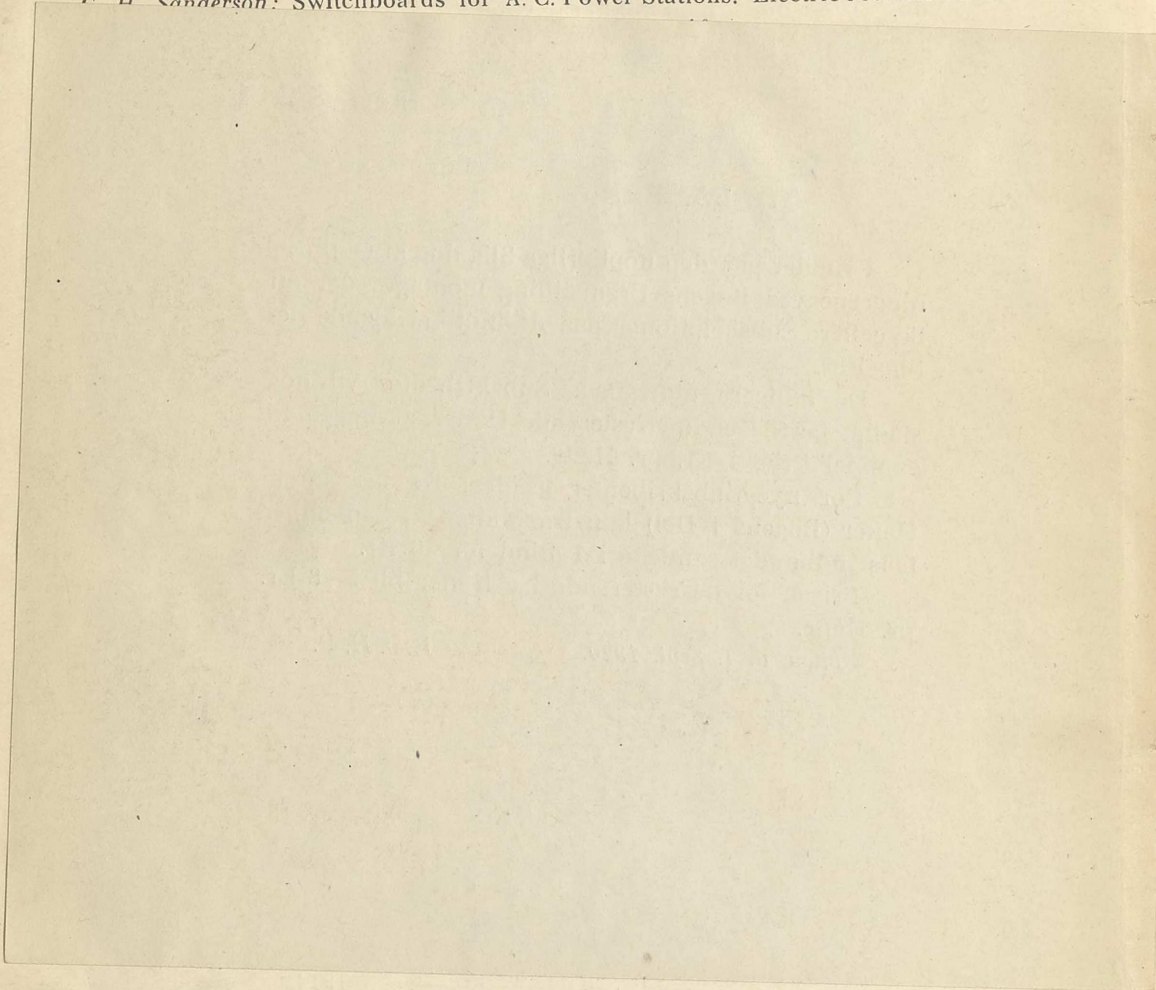
Prisen for de resterende tre Hefter bliver 8 Kr. pr. Hefte.

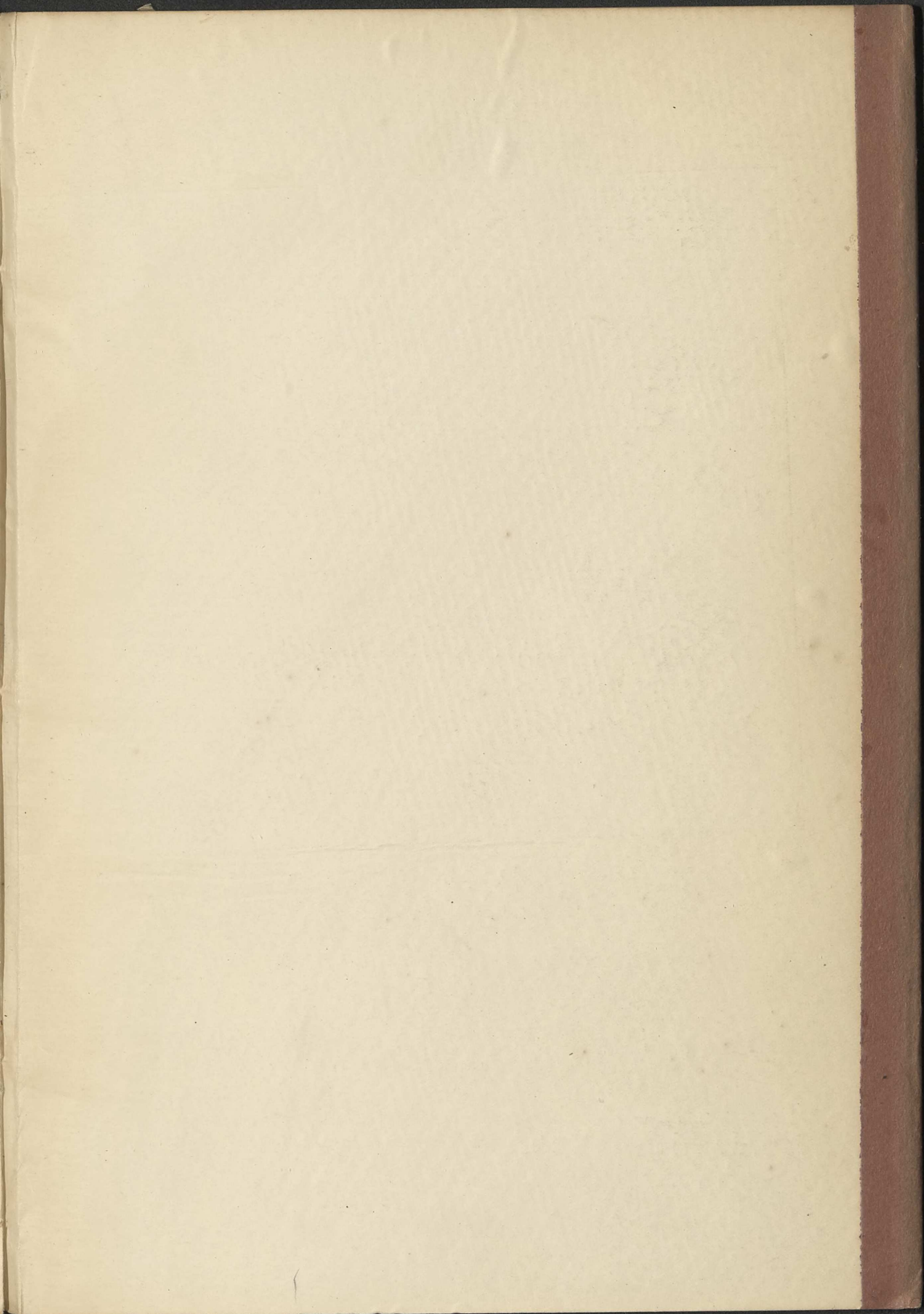
Kbhvn. d. 1. Sept. 1920.

E. v. H. R.

M. C. Rypinsky: Protective Relays. *Electric Journal* 1908.

C. H. Sanderson: Switchboards for A. C. Power Stations. *Electric Journal* 1913.



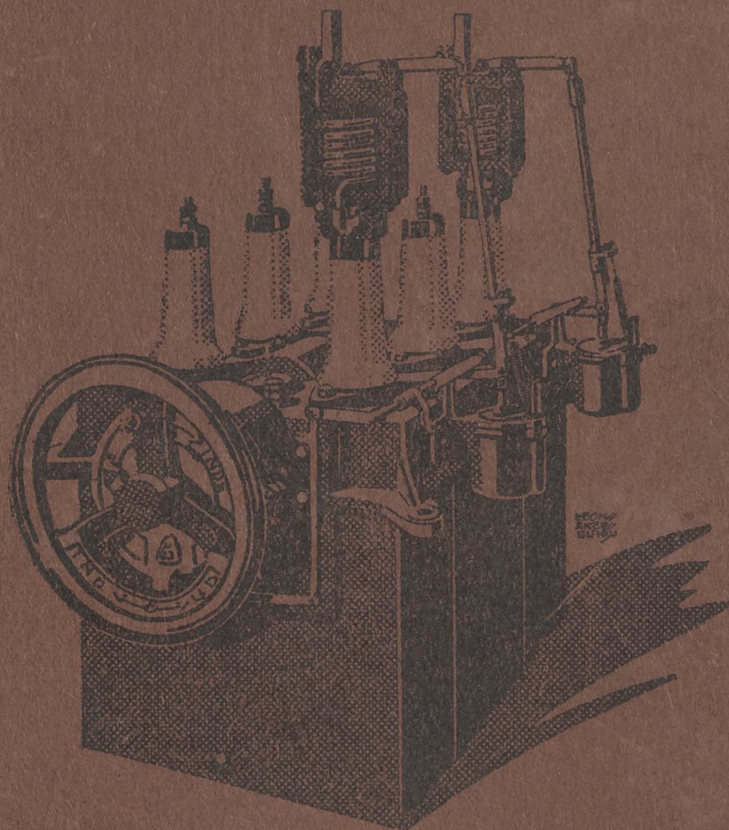


Laur Knudsen.

Mekanisk Etablissement, $\frac{5}{8}$.

Fabrik for elektriske Apparater.

Gl. Kongevej 3—5.



Olieafbryder.

Tlf. Central 1002.
Omstilling
til samtl. Afdelinger.

Vare-



Mærke

Telegr.-Adr.:
„Laurknudsen“
København.